

Année 2005

**APPRECIATION PAR LE GRNC
DE L'ESTIMATION DES DOSES
PRESENTEE DANS LE RAPPORT ANNUEL
DE SURVEILLANCE DE L'ENVIRONNEMENT
D'AREVA-NC LA HAGUE**

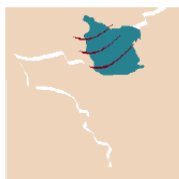
TROISIEME AVIS DU GRNC

RAPPORT DE SYNTHESE

SOMMAIRE

A/ AVIS TRANSMIS PAR LA PRESIDENTE DU GRNC A L'ASN ET A LA DPPR	3
APPRECIATION PAR LE GRNC DE L'ESTIMATION FAITE PAR AREVA-NC DES DOSES A LA POPULATION DUES AUX REJETS DE L'USINE DE LA HAGUE POUR 2005	7
POINT DE VUE DE L'ACRO ET DU GSIEN	11
POINT DE VUE DES EXPERTS ETRANGERS	12
B/ RAPPORT DE SYNTHESE	13
I RAPPEL DE LA MISSION	14
II TERME SOURCE	16
II.1 Analyse critique des rejets des usines de La Hague de 2005	16
II.1.1 La méthode utilisée	16
II.1.2 Les effluents liquides	16
II.1.3 Les effluents gazeux	18
II.2 Termes sources	19
III MESURES ET CONFRONTATION MODELE/MESURES	23
III.1 Collecte et analyse des mesures réalisées en 2005	23
III.2 Comparaison modèle/mesure	24
III.2.1 Le milieu marin	26
III.2.1.1 Eau de mer	26
III.2.1.2 Algues	26
III.2.1.3 Mollusques	26
III.2.1.4 Crustacés	27
III.2.1.5 Poissons	27
III.2.1.6 Sédiments	28
III.2.2 Le milieu terrestre	28
III.2.2.1 Lait	28
III.2.2.2 Légumes	28
III.2.2.3 Viandes	29
III.2.2.4 Sols	29
III.2.2.5 Végétaux et herbes	29
III.2.2.6 Air	29
III.2.3 Conclusion	30
III.3 Synthèse de l'analyse critique de l'ACRO	34
IV CALCULS DE DOSES EFFICACES	35
IV.1 Calculs de doses réalisés par AREVA-NC	35
IV.2 Calculs de doses réalisés par le GRNC	35
IV.2.1 L'outil de calcul : le logiciel ACADIE	35
IV.2.2 La méthode de calcul	35
IV.2.3 Calculs de doses à partir des activités rejetées en 2005	36
IV.2.4 Calculs de doses à partir des mesures 2005	39
IV.2.5 Calculs de doses à partir des limites de rejets	40
IV.2.6 Conclusion	41
V CONCLUSION GENERALE	42
BIBLIOGRAPHIE	44
LISTE DES TABLEAUX ET DES FIGURES	46
ANNEXES	47
Annexe 1 : Lettre de mission	48
Annexe 2 : Composition du GRNC, groupe plénier et groupe de travail	49
Annexe 3 : Point de vue technique de l'ACRO	53

**A/ AVIS TRANSMIS PAR LA PRESIDENTE
DU GRNC A L'ASN ET A LA DPPR**



Groupe Radioécologie
Nord-Cotentin

Fontenay-aux-Roses, le 23 janvier 2007

Monsieur André-Claude LACOSTE
Président de l'Autorité de Sûreté Nucléaire
6 place du colonel Bourgoin
75572 PARIS Cedex 12

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

Objet : Groupe Radioécologie Nord-Cotentin
Votre Réf. Lettre de mission du 24 juin 2004
Notre Réf. GRNC/2007-10

Monsieur le Président,
Monsieur le Directeur,

Je vous adresse ci-joint le 3ème avis du GRNC portant sur le rapport 2005 de surveillance de l'environnement établi par Areva NC en application de l'arrêté rejets du 10 janvier 2003. Les rapports détaillés vous seront envoyés courant février.

Comme pour les précédents avis, le groupe a analysé de façon critique les éléments du rapport Areva NC portant sur la quantification des activités rejetées, la modélisation des transferts dans l'environnement et les groupes de population retenus pour estimer les doses au public.

Le GRNC a considéré que les approches et les résultats publiés sont bien conformes à la méthodologie qu'il recommande d'utiliser et que les ordres de grandeur obtenus sont corrects. Cependant, pour certains radionucléides (tritium, carbone 14 et plutonium 238) le GRNC met en évidence des écarts entre les activités calculées à partir des caractéristiques des combustibles retraités et les activités rejetées mesurées par Areva NC. Bien que ces écarts ne jouent pas sur l'impact dosimétrique, leur origine sera recherchée en liaison avec un groupe de travail spécialisé mis en place par l'exploitant. Les résultats seront présentés en 2007.

Le GRNC a noté avec satisfaction que cette année, Areva NC a réalisé une analyse de sensibilité sur l'évaluation des doses au public conduisant à une valeur haute de l'estimation (15 μ Sv), supérieure d'un facteur 1,5 à celle du groupe de référence retenu habituellement par Areva NC (agriculteurs de Digulleville) et cohérente avec celle du groupe de référence le plus pénalisant du GRNC (adulte d'Herqueville - 16 μ Sv). Des différences d'appréciation demeurent cependant lorsqu'il s'agit de

Courrier
BP 17
92262 Fontenay-aux-Roses
Cedex France

tél. (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



considérer certains scénarios particuliers correspondant à des habitudes de vie plus pénalisantes en terme de doses et qui ne donnent pas lieu à un consensus au sein du GRNC.

Pour terminer, je tiens à attirer votre attention sur les considérations plus générales suivantes qui touchent à la mission et au devenir du GRNC:

- Les experts étrangers ainsi que les experts associatifs ont formulé des observations qui sont jointes à l'avis du GRNC, rappelant les obligations de réduction des rejets auxquelles est soumis l'industriel. Les experts associatifs soulignent en particulier l'absence d'informations données au GRNC et à la CSPI concernant les études menées par l'exploitant sur ce sujet et adressées à l'autorité.
- Au cours de l'année 2007 sera produit le dernier avis donné par le GRNC dans le cadre de l'arrêté rejets du 10 janvier 2003 qui prévoyait un avis du groupe tous les ans. Le nouvel arrêté rejets du 8 janvier 2007 prévoit désormais une appréciation du document Areva NC par "le GRNC ou un groupe d'expertise pluraliste qui aurait repris ses missions". Ce document sera produit trois ans après la publication de l'arrêté puis tous les quatre ans.
- L'année 2007 verra également la finalisation de la mission du GRNC relative aux rejets chimiques et à l'impact des exercices de sécurité que menait la Marine Nationale sur le Lucifer.

C'est en ayant à l'esprit ces considérations que je vous ai adressé le 1^{er} septembre 2006 une lettre sur l'opportunité de créer un groupe pluraliste national pouvant traiter différents sujets, de préférence à des groupes pluralistes ad hoc, qui sont mis en place selon les besoins de l'actualité (GRNC radiologique, GRNC chimique, GEP Mines du Limousin...); cela éviterait d'avoir à remobiliser le GRNC tous les trois ou quatre ans et permettrait de maintenir l'opérationnalité du groupe.

Dans ce cadre, il conviendra d'apprécier l'intérêt de confier à un tel groupe une mission touchant à la stratégie de réduction des rejets et non pas seulement à l'évaluation des conséquences des modifications techniques envisageables pour réduire ces rejets dans le cadre de la convention OSPAR.

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

Annie SUGIER

PJ : 1

- Avis du GRNC 2005



Copies externes :

CSPI	Le Président de la CSPI et député de la Manche
CSPI	A. COLLIGNON
ASN	J-L. LACHAUME
DPPR	D. BERGOT
IRSN	Le Directeur Général
INERIS	Le Directeur Général

Les membres du GRNC

APPRECIATION PAR LE GRNC DE L'ESTIMATION FAITE PAR AREVA-NC DES DOSES A LA POPULATION DUES AUX REJETS DE L'USINE DE LA HAGUE POUR 2005

Mode d'approche

Le GRNC a examiné les résultats présentés par AREVA-NC dans son rapport 2005 de surveillance de l'environnement de La Hague, établi en application de l'arrêté de rejets du 10 janvier 2003. Les doses reçues par les groupes de référence (pêcheurs de Goury et Habitants de Digulleville) retenus par AREVA-NC varient d'environ 6 à 11 $\mu\text{Sv}/\text{an}$. AREVA-NC a tenu compte de la recommandation formulée par le GRNC et a pour l'année 2005 mené une étude de sensibilité en calculant l'impact des effluents gazeux dans les cinq villages avoisinants l'usine de La Hague. Les doses annuelles maximales calculées varient de 5 à 15 μSv .

Le GRNC s'est appuyé sur l'analyse des rapports AREVA-NC et sur les travaux réalisés pour élaborer ses deux précédents avis en s'attachant à :

- identifier les rejets de *radionucléides* considérés comme *majeurs* en termes d'impact dosimétrique et vérifier la cohérence des activités rejetées déclarées par l'exploitant avec d'une part les rejets calculés à partir des quantités de radionucléides contenues dans les combustibles usés et d'autre part les résultats de mesures réalisées par l'IRSN ;
- vérifier que les modélisations des transferts des radionucléides dans l'environnement, validées précédemment, continuent à représenter correctement les conditions locales en comparant 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 rendent bien compte d'une certaine variété des types de situations envisageables.

Avis du GRNC

Pour formuler son avis, le GRNC a répondu aux questions suivantes :

1- La quantification des activités rejetées est-elle correcte?

Pour trois radionucléides rejetés en mer (tritium, carbone 14 et plutonium 238), le GRNC met en évidence des écarts entre les activités calculées à partir de fonctions de transfert (rapport de l'activité d'un radionucléide dans les rejets à l'activité de ce dernier dans les combustibles usés) et les activités mesurées et déclarées par AREVA-NC. Un groupe de travail (GT) interne à AREVA-NC a été créé et les questions soulevées par le GRNC sont à l'ordre du jour des réflexions de ce groupe. Le bilan des travaux en cours a été présenté au GT GRNC chargé d'instruire l'analyse critique des rejets. Bien que les écarts observés ne jouent pas sur l'impact dosimétrique le GRNC s'efforcera, en liaison avec le GT AREVA-NC, de comprendre leur origine. Un second bilan sera fait à l'occasion du prochain avis du GRNC portant sur l'année 2006.

Le GRNC a fait le point sur la comparaison entre l'activité des rejets mesurée par l'IRSN et celle déclarée par AREVA-NC. En ce qui concerne les données d'AREVA-NC, le GRNC a utilisé pour cette comparaison, comme les années précédentes, les moyennes mensuelles figurant dans le rapport

AREVA-NC 2005 et, pour la première fois, les données hebdomadaires issues des registres¹ réglementaires. Ces données ont été transmises par l'ASN à la présidente du GRNC en réponse à sa demande.

Le GRNC estime que la quantification des activités rejetées est correcte.

2- La modélisation des transferts dans l'environnement traduit-elle bien les conditions locales?

Le GRNC a fait le point sur la comparaison entre les niveaux d'activité mesurés dans l'environnement (comme indiqué précédemment plus de 1000 mesures ont été collectées par le GRNC) et ceux issus de la modélisation à partir des activités rejetées. Les rapports modèle/mesure calculés pour l'année 2005 sont semblables à ceux des années 2003 et 2004. Pour le milieu marin, les écarts sont en général inférieurs à un ordre de grandeur. Pour le milieu terrestre, le GRNC attire l'attention sur le carbone 14. En effet, la comparaison des CTA² annuels calculés à partir des mesures effectuées dans l'air pour le krypton 85 et le carbone 14, met en évidence des écarts, non expliqués à ce jour et variant d'un facteur 0,05 à 0,32. Le GT GRNC portera une attention particulière au carbone 14 à l'occasion de son prochain avis.

Concernant le tritium rejeté dans le milieu marin, l'ACRO a émis l'hypothèse d'une bioaccumulation de ce radionucléide, phénomène qui n'est pas pris en compte actuellement par le GRNC. Le GT GRNC fera le bilan des connaissances actuelles sur les phénomènes de bioaccumulation du tritium dans l'environnement et vérifiera la pertinence de les prendre en compte dans les conditions de dispersion de la Hague.

Les doses estimées par le GRNC, à partir des résultats de mesures dans les aliments terrestres et marins, 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 a mis en évidence des écarts significatifs, ne sont pas des contributeurs importants à la dose totale.

En comparaison des modélisations réalisées par le GRNC, les modélisations utilisées par AREVA-NC pour rendre compte des transferts de radionucléides dans l'environnement sont donc bien représentatives des conditions locales.

3- Le choix des groupes de populations, pour estimer les doses au public et l'évaluation du niveau d'exposition, sont-ils corrects ?

Le GRNC a continué à considérer qu'il était important, d'une part, de s'assurer que le choix des groupes dits de référence, définis par la réglementation, comme susceptibles d'être les plus exposés aux rejets et les doses correspondantes, telles qu'estimées par AREVA-NC, étaient bien correctes et, d'autre part, d'identifier, à titre d'analyse de sensibilité, d'autres populations dont les habitudes de vie chroniques ou particulières pourraient être plus pénalisantes en terme de dose reçue.

S'agissant du choix des groupes de référence, AREVA-NC et le GRNC ont deux approches différentes : AREVA-NC évalue les conditions de dispersion atmosphérique sur la base d'une météorologie moyennée sur plusieurs années conformément aux recommandations du Groupe d'experts de l'article 31 du traité Euratom (RP 129³). En outre, comme cela est signalé plus haut,

¹ En application de l'arrêté de rejets du 10 janvier 2003, AREVA tient à jour pour les rejets radioactifs un registre transmis au plus tard le 15 de chaque mois à la DGSNR.

² CTA : Coefficient de Transfert Atmosphérique. Ce paramètre, qui rend compte des phénomènes de dispersion atmosphériques, est nécessaire au calcul de l'activité volumique à partir de l'activité des effluents rejetés dans l'atmosphère.

³ Guidance on the realistic assessment of radiation doses to members of the public due to the operation of nuclear installations under normal conditions. Recommandations du Groupe d'experts établies suivant les termes de l'Article 31 du Traité Euratom. Radiation Protection Report N°129, 2002.

AREVA-NC a mené de son côté une analyse de sensibilité dont les résultats s'échelonnent entre 5 et 15 μSv . De son côté, le GRNC a exploité pour l'année 2005 comme pour l'année 2004, les mesures en continu de krypton 85 afin de déterminer un coefficient de transfert atmosphérique (CTA) moyen spécifique des conditions météorologiques de l'année étudiée. Ainsi, le GRNC conclut pour 2005 comme pour 2004, que le groupe le plus exposé aux effluents gazeux est localisé à Herqueville.

Par ailleurs, le GRNC, au titre de l'analyse de sensibilité, a pris en compte différents scénarios d'exposition. Le choix de certains des groupes identifiés par le GRNC a été approuvé par l'ensemble de ses membres, tandis que d'autres scénarios d'exposition étaient critiqués car considérés comme irréalistes.

Au total, les résultats obtenus par le GRNC sont les suivants :

- deux scénarios définis comme groupes de référence au sens de la réglementation et validés par l'ensemble des membres du GRNC (Goury et Herqueville) conduisent à des doses variant d'environ 4 à 16 μSv ;
- six scénarios chroniques également validés par l'ensemble des membres du GRNC conduisent à des doses variant d'environ 5 à 19 μSv ;
- quatre scénarios, n'ayant pas fait l'unanimité car considérés par certains comme irréalistes (autoconsommation à 100% des produits terrestres ou des produits marins), conduisent à des doses variant d'environ 6 à 27 μSv ;

En résumé, la dose résultant des rejets de l'usine de La Hague estimée par le GRNC pour le groupe de référence le plus pénalisant pour l'année 2005 (adulte d'Herqueville – 16 μSv) est cohérente avec celle estimée par AREVA-NC dans le cadre de son analyse de sensibilité, elle est supérieure d'un facteur 1,5 à celle du groupe de référence d'AREVA-NC (agriculteurs de Digulleville) mais inférieure d'environ un facteur 2 à celle estimée à partir des limites de rejets fixées par l'arrêté du 10 janvier 2003, d'environ un facteur 60 à la limite réglementaire de dose au public, et d'environ un facteur 180 par rapport à l'exposition d'origine naturelle dans le Nord-Cotentin.

Observations et recommandations

Il convient de distinguer les observations de caractère technique qui ont conduit le GRNC à recommander pour l'année 2006 d'approfondir certains points de l'analyse (cf. paragraphes précédents) des observations plus générales faites par les experts de l'ACRO et du GSIEN d'une part et les experts étrangers d'autre part.

- Les experts du GSIEN et de l'ACRO s'interrogent sur le respect des termes de l'article 42 de l'arrêté de rejets du 10 janvier 2003 qui fait référence à "l'objectif ultime de concentration de substances radioactives en mer proches de zéro pour les rejets artificiels" et à l'alinéa 3 de ce même article qui fait référence à une étude portant sur les dispositions techniques permettant de réduire les rejets annuels de carbone 14 et des iodes. Il rappellent les exigences de la convention d'OSPAR et de la déclaration de SINTRA.
- Les experts étrangers rappellent également les exigences de la convention OSPAR. Ils valident la méthode utilisée par le GT GRNC pour apprécier la quantification des activités rejetées, la modélisation des transferts dans l'environnement et le choix des groupes de population réalisés par AREVA-NC et présentés dans son rapport 2005. Concernant la périodicité de l'appréciation du GRNC, ils soulignent qu'au vu des résultats de ses trois avis (2003 à 2005), une analyse détaillée chaque année n'est pas justifiée mais qu'elle reste pertinente avec une périodicité moindre ou à l'occasion d'évolutions particulières de l'activité de l'usine.

La présidente, tout en soulignant que la lettre de mission qui lui a été adressée le 24 juin 2004 par DPPR et DGSNR ne fait pas référence aux prescriptions des articles de l'arrêté rejets qui touchent à la stratégie de réduction des rejets de l'exploitant, se fait l'écho des interrogations d'une partie des membres du GRNC sur les orientations proposées par AREVA-NC pour respecter ces prescriptions et plus généralement la convention d'OSPAR.

POINT DE VUE DE L'ACRO ET DU GSIEN

Dans le procédé de fonctionnement actuel des usines de retraitement de Cogéma la Hague, quatre radionucléides sont rejetés quasi intégralement, soit sous forme liquide, soit sous forme gazeuse : le tritium, le carbone 14, le krypton 85 et l'iode 129.

Pour trois de ces radionucléides le C-14, le krypton 85 et l'iode 129, des procédés de réduction substantielle des rejets par piégeage sélectif et stockage dans une matrice solide sont disponibles et sont développés industriellement :

- C-14, rétention totale des rejets liquides et gazeux à l'usine THORP de Sellafield⁴ (Grande Bretagne)
- Kr-85, séparation cryogénique, usines pilotes de Tokay Mura (Japon) et Idaho Falls (Etats-Unis)
- I-129, Piégeage, sélection et confinement en matrice solide, procédé développé par le CEA et mis en œuvre par ... Cogéma au Japon pour l'usine de retraitement de Rokashomura⁵

L'article 42 de l'arrêté du 10 janvier 2003 autorisant la Cogéma à pratiquer des rejets d'effluents liquides et gazeux stipulait que l'exploitant devait adresser aux ministres de l'industrie, de l'environnement et de la santé, trois ans après la publication du texte (11 janvier 2003), une étude sur la faisabilité de réduction des rejets radioactifs liquides sans augmenter les rejets radioactifs gazeux, et une étude portant sur les dispositions techniques permettant de réduire les rejets gazeux de carbone 14 et d'iodes radioactifs.

Ces études, dont nous ignorons la teneur à ce jour malgré notre demande au représentant de l'autorité de sûreté nucléaire en CSPI du 22 juin 2006, iraient dans le sens des engagements internationaux pris par la France lors de sa signature de la convention OSPAR et dans sa participation à la déclaration de SINTRA dont l'objectif est de :

Prévenir la pollution de la zone maritime par les rayonnements ionisants, ceci par des réductions progressives et substantielles des rejets, émissions et pertes de substances radioactives, l'objectif ultime étant d'atteindre des concentrations dans l'environnement qui soient proches des valeurs de fond, pour les substances naturellement radioactives, et proches de zéro , s'il s'agit de substances radioactives artificielles.

Le calendrier de cette stratégie est que d'ici 2020 :

... les rejets, émissions et pertes de substances radioactives soient ramenés à des niveaux où l'excédent des teneurs, par rapport aux teneurs historiques dans le milieu marin, tels que résultant de tels rejets, les émissions et pertes soient proches de zéro.

Cette stratégie sera mise en œuvre :

... même s'il n'existe pas de preuve concluante d'un rapport de cause à effet entre les apports et les effets.

La latitude laissée jusqu'à présent à l'exploitant de rejeter intégralement le tritium, le carbone 14, le krypton 85 et l'iode 129 sans mise en œuvre de procédé de rétention et de stockage en matrice solide, bien que des procédés industriels existent pour trois de ces radionucléides, et l'absence d'informations sur d'éventuelles études sur les réductions de ces rejets au motif de « secret industriel » , sont en contradiction avec l'arrêté de 2003.

De plus, ce manque de transparence tant sur la réduction des rejets (Tritium, carbone 14 et iode 129) que sur le point des procédés de rétention qu'aurait dû étudier AREVA-NC, augure mal du respect de nos engagements internationaux, à un mois du renouvellement pour quatre ans des autorisations de rejets de Cogéma la Hague.

⁴Options de rejet des effluents des installations nucléaires, Contexte technique et aspects réglementaires, Agence pour l'Energie Nucléaire Organisation de Coopération et de Développement Economique (AEN OCDE) 2003

⁵CPDP déchets, Débat public sur les options générales en matière de gestion des déchets radioactifs de haute activité et de moyenne activité à vie longue, Comptes-rendus des débats, 2006

POINT DE VUE DES EXPERTS ETRANGERS

Le Groupe Radioécologie Nord Cotentin (GRNC) compte dans son Groupe Plénier trois experts étrangers, Gunnar Bengtsson, Christophe Murith et Jane Simmonds. La note suivante résume leur avis suite à l'examen critique du GRNC concernant les résultats présentés par AREVA-NC dans son rapport 2005 de surveillance de l'environnement de La Hague, établi en application de l'arrêté de rejets de janvier 2003.

Le groupe de travail a examiné dans le détail les résultats présentés par AREVA-NC du point de vue des méthodes utilisées et des données obtenues. Le degré d'investigation préconisé dans l'approche du GRNC et la méthodologie mise en œuvre pour contrôler la pertinence des données et autres indications relatives aux rejets nous ont impressionnés aussi bien en ce qui concerne la caractérisation du terme source du combustible traité que pour la détermination des facteurs de transfert dans l'environnement. Le bon accord entre la dose estimée par AREVA et par le GRNC est un point qu'il convient de souligner. Le logiciel ACADIE pour l'estimation des doses efficaces dues aux rejets nous semble un outil très approprié et nous saluons son utilisation directe par les membres du GRNC qui permet à ces derniers d'étudier les variations en regard des différents paramètres entrant dans le code de calcul.

En général, nous adhérons aux conclusions du GRNC, car la quantification des activités rejetées, la modélisation des transferts dans l'environnement et le choix des groupes de population se basent sur les meilleures méthodes disponibles et sont conformes aux recommandations internationales. Le GRNC a attiré l'attention aux écarts entre les niveaux d'activité mesurés dans l'environnement et ceux issus de la modélisation à partir des activités rejetées. Nous proposons que l'exploitant réfléchisse aux possibilités de réduire l'écart entre la modélisation et les résultats de mesures, en particulier pour le 129I, le 14C et le 90Sr. Cette réflexion devrait intégrer une analyse des biais systématiques en particulier dus à la qualité des mesures provenant des différents laboratoires.

Dans son appréciation pour 2004, le GRNC a en particulier mis en évidence l'influence des approches météorologiques liées à la dispersion des effluents gazeux sur le choix des groupes de populations susceptibles d'être les plus exposés:

- l'évaluation sur la base de l'année actuelle (GRNC) ou
- l'évaluation conformément à une recommandation européenne sur la base d'une météorologie moyennée sur plusieurs années (AREVA).

Pour 2005 les résultats ont confirmé l'obtention de groupes de populations de référence différents selon l'une ou l'autre approche en raison des facteurs de transferts atmosphériques distincts qui en résultent. Cependant, il y a une variation entre les années suivant la méthode adoptée de presque un facteur de 10 lorsqu'on se réfère au rapport maximum/minimum 2005/2004. Cette variation indique que l'étude et l'appréciation des variations et des incertitudes sont plus importantes que le choix d'une approche ou de l'autre.

Nous réitérons notre commentaire quant à la périodicité de l'appréciation du GRNC: une évaluation aussi détaillée n'est pas justifiée chaque année, mais reste pertinente dans un intervalle de plusieurs années ou, le cas échéant, lorsqu'une situation exceptionnelle l'exige.

A long terme, il serait judicieux de prévoir une discussion entre l'autorité et l'exploitant sur une possible évolution de l'arrêté sur la limitation des activités rejetées à la lumière des recommandations faites par OSPAR. Dans les stratégies 2003 de la Commission OSPAR pour la Protection du Milieu Marin de l'Atlantique du Nord-Est, le but est en dernier ressort de parvenir à des concentrations, dans l'environnement, qui soient proches des valeurs ambiantes dans le cas des substances radioactives présentes à l'état naturel et proches de zéro dans celui des substances radioactives de synthèse.

B/ RAPPORT DE SYNTHESE

I RAPPEL DE LA MISSION

La publication de l'arrêté de rejets de COGEMA⁶ du 10 janvier 2003, est à l'origine de la troisième mission du Groupe Radioécologie Nord-Cotentin (GRNC)⁷. 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, dont la liste des membres figure en annexe 2, a mené les actions suivantes :

- la création d'un groupe de travail (GT GRNC) en charge de l'analyse des rapports d'AREVA-NC dont la liste des membres figure en annexe 2 du présent avis,
- et le développement d'un outil informatique (ACADIE - Application pour le Calcul de la Dose efficace Interne et Externe) mis à la disposition de tous les membres du GRNC [Ringard 2005-15].

Deux avis portant respectivement sur les rapports AREVA-NC 2003 et 2004 ont été publiés [GRNC 2005] [GRNC 2006] et présentés à la Commission Spéciale Permanente d'Information près de l'établissement COGEMA de La Hague (CSPI). Le présent avis rend compte de l'analyse du rapport 2005 et tient compte des recommandations formulées dans les avis précédents. La figure ci-après résume les grandes étapes de l'analyse du GRNC.

Une quatrième expertise sera menée par le GRNC pour l'année 2006 puis, conformément à la révision de l'arrêté de rejet de l'usine de La Hague (arrêté du 8 janvier 2007), la périodicité de ces expertises ne sera plus de 1 an mais de 4 ans (prochain analyse en 2010).

⁶ Dans la suite du texte nous utiliserons l'appellation AREVA-NC, maintenant en vigueur.

⁷ 1999 : 1^{ère} mission du GRNC (dénommé GRNC 1 dans le présent rapport)

2000 : 2^{ème} mission du GRNC (dénommé GRNC 2 dans le présent rapport)

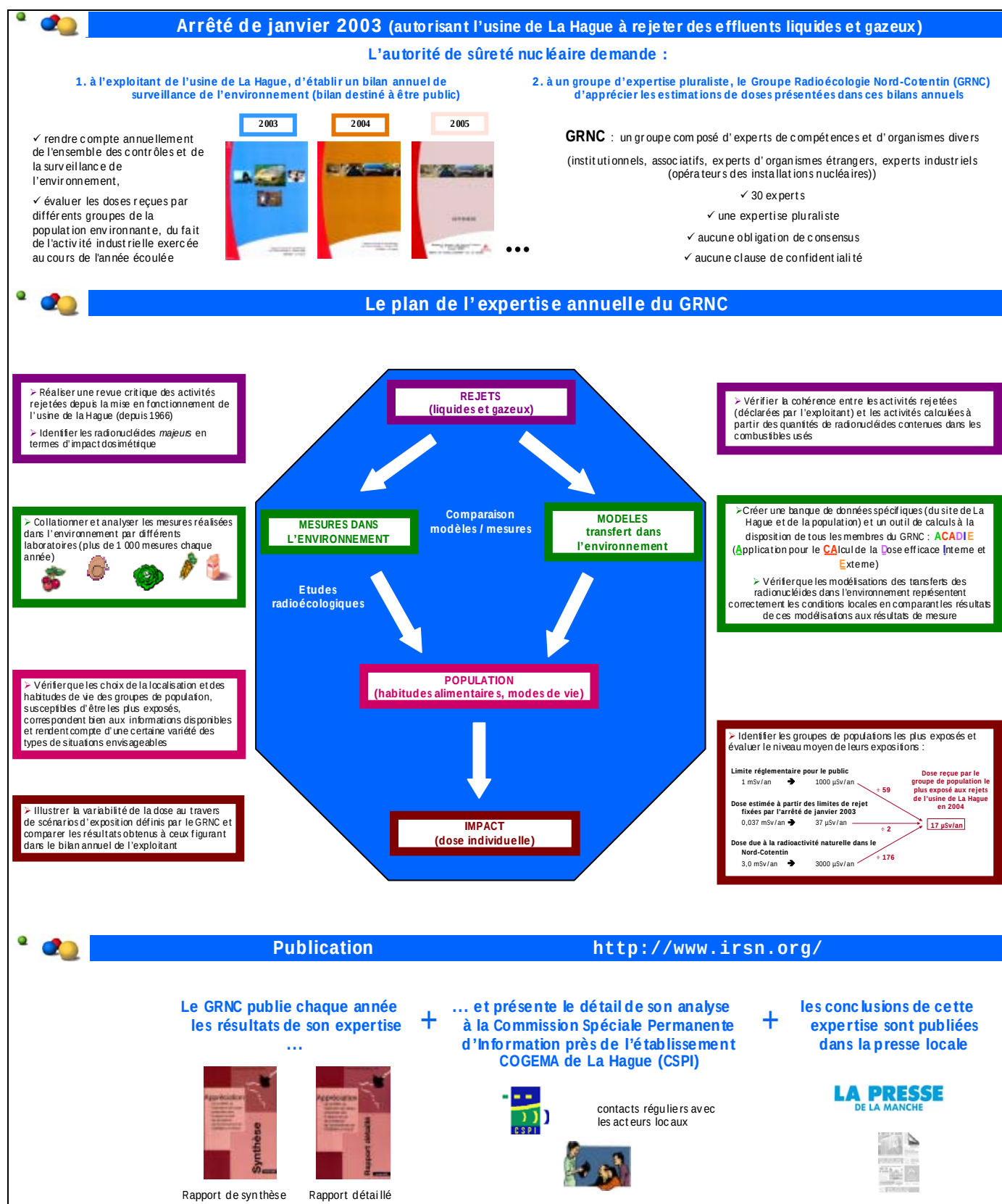


Figure 1 : Etapes de l'analyse menée par le GRNC

II TERME SOURCE

Le GRNC a tenu compte du retour d'expérience de ses deux avis précédents pour son analyse critique du terme source 2005 de l'usine de La Hague.

Un groupe de travail interne à AREVA-NC étudie notamment depuis plusieurs années les questions soulevées par le GRNC dans ses précédents avis. Le bilan des travaux en cours a été présenté au GT GRNC chargé d'instruire l'analyse critique des rejets (cf. rapport détaillé 2005). Un second bilan sera fait à l'occasion du prochain avis du GRNC portant sur l'année 2006.

II.1 Analyse critique des rejets des usines de La Hague de 2005

Les paragraphes suivants sont une synthèse de l'avis du GRNC qui s'appuie sur l'analyse détaillée menée par trois experts du GRNC et présentée dans le volume 1 des rapports détaillés.

II.1.1 La méthode utilisée

La méthode du GRNC [GRNC 1999 vol 1] 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.

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 4.33 à partir de 2000) et en appliquant ce code à chaque élément combustible cisailé. Les données ainsi obtenues constituent, avec les résultats de mesure de l'activité des rejets liquides et gazeux, les éléments de base mis en œuvre dans l'approche méthodologique qui 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 usés, traités lors des différentes années,
- pour les radionucléides non mesurés (ou mesures inférieures à la limite de détection) une ou plusieurs années (par exemple le ⁶⁵Zn), d'obtenir par interpolation une valeur d'activité dans les rejets,
- et pour les années où les caractéristiques des combustibles traités sont sensiblement différentes, de pouvoir cependant comparer les performances des usines à l'aide des fonctions de transfert.

Il est à noter que cette méthode n'a de sens que si l'activité mesurée est significative. Or, en application de l'arrêté de rejet de 2003 AREVA-NC déclare pour les mesures non significatives la valeur de la limite de détection. Pour les radionucléides concernés, la méthode du GRNC n'est donc pas applicable.

De plus, il existe des flux autres que les combustibles entrants (traitements de solvants anciens par exemple) qui peuvent modifier les spectres en sortie et/ou les quantités rejetées.

II.1.2 Les effluents liquides

Deux familles de radionucléides sont distinguées par le GRNC :

- La première famille est constituée des radionucléides pour lesquels la stratégie de gestion par dilution consiste en un rejet préférentiel en mer (tritium, carbone 14 et iode 129). Les activités des rejets de 2005 sont du même ordre de grandeur que celles de 2004.

- La seconde famille est constituée des autres radionucléides, dont la gestion des effluents permet, par une concentration suivie d'une vitrification, une baisse très significative d'activité avant leur rejet en mer. Les activités des rejets de 2005 sont du même ordre de grandeur que celles de 2004.

Le cas du cobalt 60 se distingue des autres radionucléides, car il provient presque exclusivement de l'eau des piscines d'entreposage de combustibles irradiés (produits de corrosion du circuit secondaire des réacteurs à eau légère), "source" inexistante dans le cas des combustibles UNGG.

Pour trois radionucléides, le GRNC observe des écarts entre l'activité calculée à partir de la FT et l'activité mesurée. Le détail de ces écarts est donné ci-après ainsi que les éléments de réponse fournis par AREVA-NC.

1 - De 2000 à 2005, la fonction de transfert du tritium a continûment augmenté, en passant d'une FT voisine de 2/3 en 1996-99 à environ 4/5 depuis l'an 2000 (81,6% en moyenne pour 2000-05) avec un maximum atteint en 2004 avec un rejet en mer égal à 89,6%.

Réponse de l'exploitant : AREVA-NC confirme cette évolution observée depuis plusieurs années. Des études sont en cours au CEA portant notamment sur l'estimation de la répartition du tritium entre le combustible et la structure.

2 - La fonction de transfert du carbone 14 augmente régulièrement et passe de 0,32 en 1996-99 à 0,396 en 2003-04 (+24%). Pour les 6 années étudiées (2000-05), l'activité totale des rejets liquides et gazeux est supérieure à l'activité calculée dans le combustible. En 2005, il est évacué, en mer et par les émissaires, 7,5% de carbone 14 en plus de l'activité théorique produite dans le combustible.

Réponse de l'exploitant : Ce point est également à l'étude depuis plusieurs années et il a été mis en évidence une sous estimation par le code de calcul utilisé (CESAR) de l'activité du carbone 14 dans le combustible. Le calcul de cette activité nécessite la connaissance des sections de capture neutronique et des teneurs en azote 14 dans le combustible (variable suivant le type de fabrication), deux paramètres pour lesquels il existe des incertitudes.

3 - Nous constatons que les valeurs des fonctions de transfert du ^{238}Pu sont systématiquement plus faibles que celles des $^{239}+^{240}\text{Pu}$ de 2000 à 2005 (jusqu'à un facteur 2 pour l'année 2001 et 2002). Cette situation ne concerne pas seulement les 6 années étudiées. Depuis 20 ans que le plutonium 238 a été mesuré dans les rejets en mer (1986), son activité alpha a toujours été inférieure à l'activité attendue.

Réponse de l'exploitant : Ces écarts sont expliqués en partie par le traitement de solvants anciens qui induit une modification des rapports isotopiques du plutonium présent dans les effluents. Le tableau suivant présente le pourcentage d'activité alpha totale entrante provenant du traitement des solvants.

Tableau I : Pourcentage d'activité alpha totale entrante provenant du traitement des solvants

TBq/an	Activité alpha totale entrante	Activité alpha provenant du traitement solvant	Ratio
2001	2,9	0,84	29 %
2002	1,95	0,99	51 %
2003	1,78	1,29	72 %
2004	1,18	0,82	67 %
2005	0,79	0,52	66 %

Il existe également un autre biais qui conduit à une modification du rapport isotopique : lorsque le plutonium n'est pas mis en évidence dans un prélèvement, la prise en compte d'une même limite de détection pour le ^{238}Pu et les $^{239}+^{240}\text{Pu}$ (alors que leurs activités sont dans un rapport voisin de 4) contribue à une modification du rapport isotopique.

Ces trois points seront rediscutés à l'occasion du prochain avis du GRNC.

II.1.3 Les effluents gazeux

Les radionucléides pour lesquels la stratégie de gestion consiste en un rejet gazeux sans traitement particulier (tritium, carbone 14 et krypton 85), ont eu en 2005 une activité proche de celle en 2004.

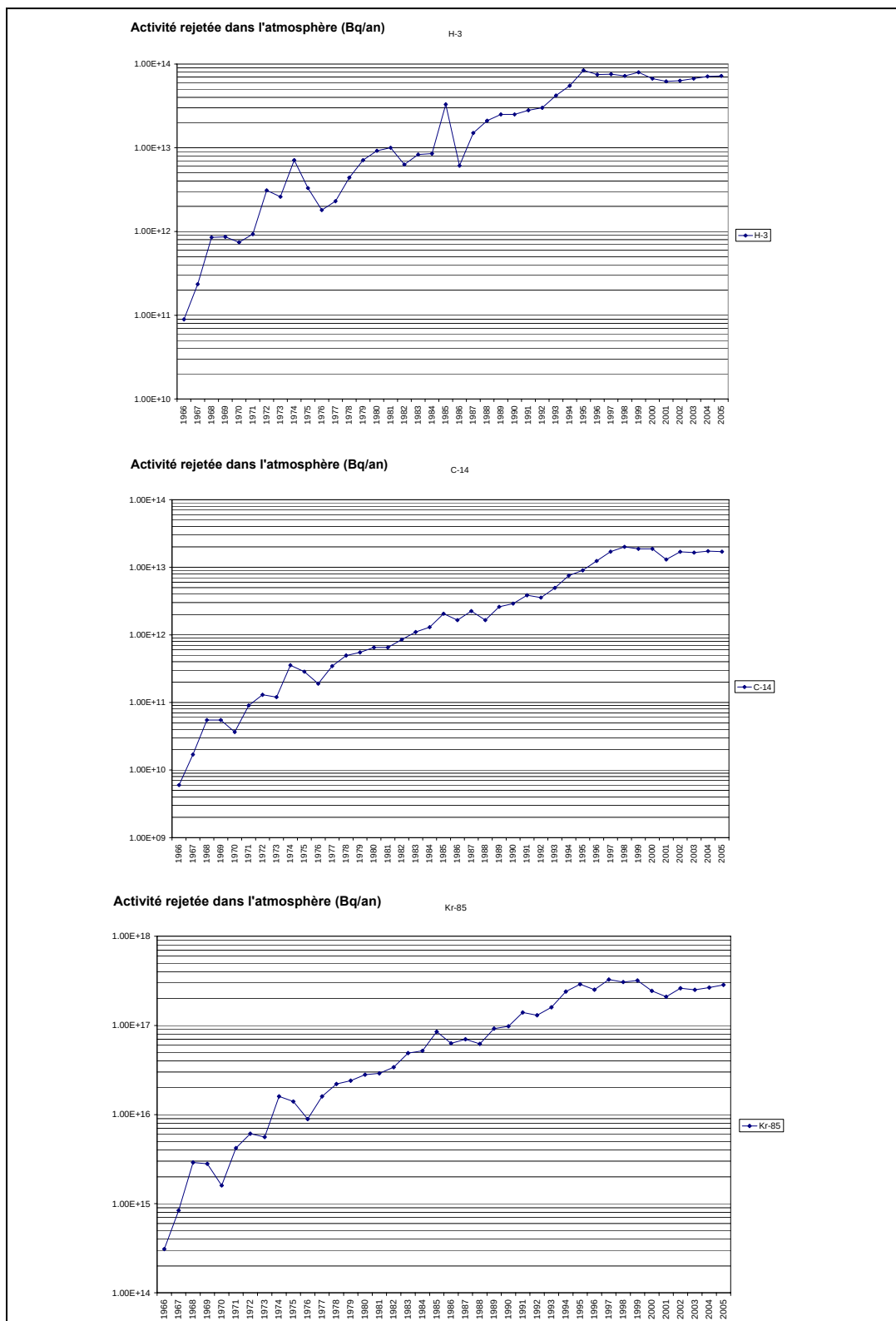


Figure 2 : Evolution des rejets de tritium, carbone 14 et krypton dans les effluents gazeux (1966 à 2005) – Bq/an

S'agissant du césium 137, qui n'est plus détectable depuis 1999 (niveau voisin de quelques 10^4 Bq par an), la valeur de l'activité retenue pour l'année 2005 n'a pas de sens physique. Elle résulte d'un calcul enveloppe qui répond à une exigence de déclaration réglementaire.

De 1980 à 1998 les rejets gazeux en ^{129}I se sont exprimés en quelques 10^{-2} TBq. Après avoir atteint un niveau maximal en 1996, l'activité des rejets gazeux en ^{129}I a été réduite en installant progressivement plusieurs pièges à iode du type AC 6120 sur plusieurs circuits d'effluents gazeux. La fonction de transfert a ainsi été ramenée à 1,8 % à partir de 1992, puis à 0,88 % en moyenne en 1997-98 et enfin à 0,37% en 2000-2005.

Au total, l'activité des rejets d'iode 129 a été réduite d'un facteur 7,6 entre 1996 et 2005.

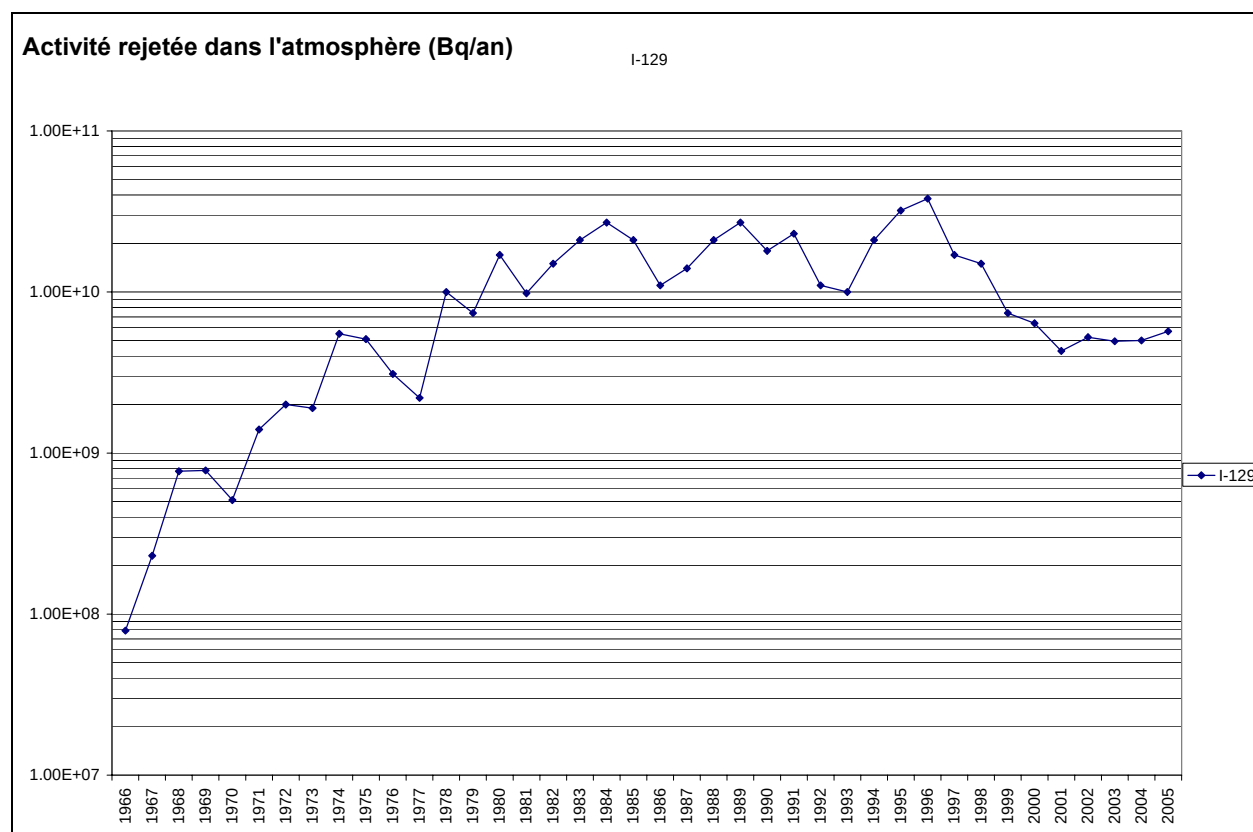


Figure 3 : Evolution des rejets d'iode 129 dans les effluents gazeux (1966 à 2005) – Bq/an

II.2 Termes sources

Le tableau ci-après présente le bilan des rejets d'AREVA-NC en 2005, comparé aux rejets de 2004 et aux limites réglementaires.

Tableau II : Bilan des rejets d'AREVA-NC et des limites autorisées (TBq/an)

	TBq/an	2004	2005	Limites (1)
Rejets gazeux	Tritium	71,3	72,0	150
	Iodes radioactifs	0,00521	0,00658	0,02
	Gaz rares radioactifs dont krypton 85	263 000	301 000	470 000
	Carbone 14	17,3	17,0	28
	Autres émetteurs bêta et gamma artificiels	0,000143	0,000185	0,074 (2)
	Emetteurs alpha artificiels	0,0000018	0,0000018	0,00001
Rejets liquides	Tritium	13 900	13 500	18 500
	Iodes radioactifs	1,40	1,42	2,6
	Carbone 14	8,90	8,27	42
	Strontium 90	0,14	0,50	2
	Césium 137	0,79	0,71	2
	Césium 134	0,064	0,061	2
	Ruthénium 106	6,4	5,84	15
	Cobalt 60	0,26	0,23	1
	Autres émetteurs bêta et gamma	7,02	6,58	30
	Emetteurs alpha	0,017	0,021	0,1

(1) Arrêté du 10 janvier 2003

(2) 0,001 TBq à partir de 2005

Les tableaux ci-après présentent la liste des radionucléides sélectionnés par le GRNC ainsi que leurs activités comparées au terme source d'AREVA-NC (activités mesurées).

Tableau III : Terme source du GRNC et d'AREVA-NC pour 2005 – Effluents liquides

Effluents liquides	GRNC	AREVA-NC
Radionucléides	2005	
³ H	1,35.10 ¹⁶	
¹⁴ C	8,27.10 ¹²	
⁵⁴ Mn	6,55.10 ⁹	
⁵⁷ Co	2,16.10 ⁸	
⁵⁸ Co	4,04.10 ⁸	
⁶⁰ Co	2,27.10 ¹¹	
⁶³ Ni	2,66.10 ¹⁰	
⁶⁵ Zn	3,20.10 ⁸	
⁹⁰ (Sr+Y)	9,93.10 ¹¹	
⁹⁹ Tc	6,01.10 ¹⁰	
¹⁰⁶ (Ru+Rh)	1,17.10 ¹³	
¹²⁵ Sb	1,73.10 ¹¹	
¹²⁹ I	1,40.10 ¹²	
¹³¹ I	1,86.10 ¹⁰	
¹³³ I	8,15.10 ⁹	
¹³⁴ Cs	1,63.10 ¹¹	6,11.10 ¹⁰
¹³⁷ Cs+ ^{137m} Ba	1,42.10 ¹²	
¹⁴⁴ (Ce+Pr)	1,54.10 ⁹	
¹⁵⁴ Eu	7,96.10 ⁸	
¹⁵⁵ Eu	2,75.10 ⁸	
²³⁸ Pu	5,47.10 ⁹	4,19.10 ⁹
²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	1,08.10 ⁹	
²⁴¹ Pu	1,09.10 ¹¹	
²⁴¹ Am	1,93.10 ⁹	2,48.10 ⁹
²⁴² Cm	5,94.10 ⁷	1,71.10 ⁷
²⁴⁴ Cm	5,43.10 ⁹	1,69.10 ⁹

Tableau IV : Terme source du GRNC et d'AREVA-NC pour 2005 – Effluents gazeux

Effluents gazeux	GRNC	AREVA-NC
Radionucléides	2005	
³ H	7,20.10 ¹³	
¹⁴ C	1,70.10 ¹³	
⁸⁵ Kr	2,85.10 ¹⁷	3,01.10 ¹⁷
⁶⁰ Co	6,45.10 ⁶	
¹⁰⁶ (Ru+Rh)	6,70.10 ⁷	
¹²⁵ Sb	3,50.10 ⁷	
¹²⁹ I	5,70.10 ⁹	
¹³¹ I	2,80.10 ⁸	
¹³³ I	5,80.10 ⁷	
¹³⁴ Cs	4,70.10 ⁶	
¹³⁷ Cs+ ^{137m} Ba	8,40.10 ⁶	
²³⁸ Pu	2,72.10 ⁴	
²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	9,60.10 ³	
²⁴¹ Pu	1,17.10 ⁶	

Les activités calculées par le GRNC à partir des « fonctions des transfert » sont globalement du même ordre de grandeur que celles déclarées par AREVA-NC avec un écart maximal de l'ordre d'un facteur 3 pour le Cm-242 rejeté dans les effluents liquides ; ce radionucléide ne contribue que faiblement à la dose totale (<0.001 %). Les valeurs GRNC sont celles retenues pour les calculs présentés dans ce rapport.

III MESURES ET CONFRONTATION MODELE/MESURES

Cette deuxième étape de l'analyse consiste à recueillir toutes les informations disponibles sur les techniques de mesures, les points de prélèvement, la nature des échantillons, les résultats de mesures, des différents laboratoires opérant dans le Nord Cotentin. L'analyse de ces mesures a pour principal objectif la comparaison modèle/mesures. Le détail de cette comparaison est donné dans 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 2005

Le GRNC a recensé l'ensemble des mesures réalisées en 2005 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 ;
- AREVA-NC ;
- IRSN/DEI/SESURE ;
- IRSN/DEI/SECRE/LRC ;
- Marine Nationale.

(Pour l'ANDRA, les mesures ont été réalisées sur des produits frais, et les résultats inférieurs aux limites de détection n'ont pas été intégrés dans les tableaux de ce rapport ; le LDA 50 n'a pas fourni de résultats).

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 2005 des laboratoires sous un format identique à celui de 2003 et 2004.

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

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 :
 - o le nombre total de mesures,
 - o le nombre de résultats supérieurs et inférieurs à la LD,
 - o la moyenne arithmétique et l'écart type des activités supérieures à la LD,
 - o 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 :
 - o 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] ;
 - o les moyennes des activités mesurées par matrice (lait, légumes, viande, sol, herbe, végétaux, air) dans le canton de Beaumont-Hague pour le domaine terrestre.

III.2 Comparaison modèle/mesure

Comme pour les années précédentes, les résultats de mesure collectés par le GRNC sont comparés aux valeurs d'activité obtenues par la modélisation (ACADIE cf. paragraphe IV.2.1).

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 AREVA-NC 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 1 ; 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).

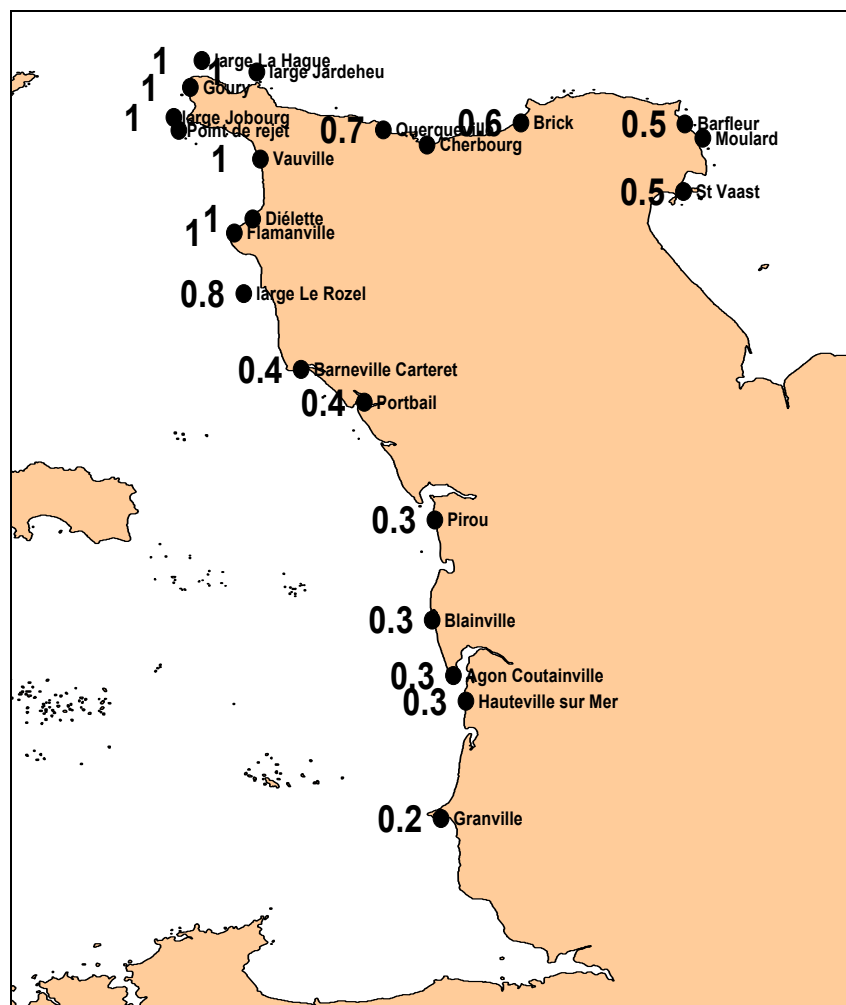


Figure 4 : Facteurs de dilution

Les quelques mesures réalisées dans le domaine marin pour déterminer l'activité du ^{238}Pu et du $^{239+240}\text{Pu}$ montrent, comme pour les années précédentes, 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 3,8. 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 mesurées 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 sept radionucléides présentent des valeurs supérieures à la LD : ^3H , ^{90}Sr , ^{137}Cs , $^{106}\text{Ru-Rh}$, ^{60}Co , ^{125}Sb , ^{129}I .

Pour l'ensemble de ces radionucléides, 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 rapport de 0,7 ;
- ^{137}Cs de 0,48 à 0,34 ;
- $^{106}\text{Ru-Rh}$ de 1,24 à 1,60 ;
- ^{60}Co de 0,58 à 0,36 ;
- ^{90}Sr rapport de 0,16 ;
- ^{125}Sb rapport de 0,22 ;
- ^{129}I rapport de 0,34.

III.2.1.2 Algues

Les radionucléides suivants, le ^{14}C , le ^{60}Co , le $^{106}\text{Ru+Rh}$, l' ^{129}I , le ^{137}Cs , le ^{54}Mn , le ^{90}Sr , 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 0,8 et 1,38).

Le ^{137}Cs ayant plusieurs origines, l'activité calculée est toujours inférieure à l'activité mesurée (rapport modèle/mesure compris entre 0,1 et 0,51).

L'activité calculée pour le ^{60}Co est supérieure à l'activité mesurée (facteur compris entre 1,1 et 3,5) ; il en est de même pour l' ^{129}I (facteur 1,16 à 2,1).

Pour le $^{106}\text{Ru+Rh}$ les rapports sont compris entre 0,5 et 1,9.

La seule mesure supérieure à la LD pour le ^{54}Mn correspond à l'activité calculée (rapport de 1,05).

Pour le ^{90}Sr , la seule mesure supérieure à la LD diffère de plus d'un ordre de grandeur par rapport à l'activité calculée (facteur 0,02).

Pour le ^{241}Pu et le ^{238}Pu les rapports modèle/mesure sont inférieurs à 1 (moins d'un ordre de grandeur).

Pour les $^{239-240}\text{Pu}$, les rapports varient de plus d'un ordre de grandeur, ces rapports modèle/mesure sont compris entre 0,02 et 0,08. Pour l' ^{241}Am , les écarts entre les activités calculées et mesurées sont supérieurs à un ordre de grandeur (rapports compris entre 0,01 et 0,03) ; ce radionucléide n'est pas aisé à doser par spectrométrie gamma.

III.2.1.3 Mollusques

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.

Dans les mollusques l'activité du ^{14}C calculée est dans le même ordre de grandeur que l'activité mesurée (rapport compris entre 0,46 et 0,8).

Pour le ^{60}Co , le $^{106}\text{Ru+Rh}$, les activités calculées sont supérieures aux activités mesurées (rapport évoluant de 1,3 à 4,5 selon les dilutions).

Le rapport d'activité modèle/mesure de l' ^{129}I est compris entre 0,25 et 0,5, 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 pour les zones de concentration les plus élevées).

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

- le ^{238}Pu de 0,25 à 1,39 ;
- le $^{239+240}\text{Pu}$ de 0,03 à 0,12 ;
- le ^{241}Pu de 0,16 à 1,7 ;
- l' ^{241}Am de 0,01 à 0,05.

III.2.1.4 Crustacés

Pour les crustacés, pour une même 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 ^{54}Mn , le ^{60}Co , le $^{106}\text{Ru}+\text{Rh}$, 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 activités calculées sont supérieures aux activités mesurées (rapport compris entre 1,1 et 1,36).

Le ^{60}Co est surestimé par le modèle (rapport 1,16 à 3,27).

Pour le $^{106}\text{Ru}+\text{Rh}$ le rapport varie de 0,28 à 0,9.

Comme pour les mollusques, l' ^{129}I est en général sous-estimé par le modèle, le rapport varie de 0,02 à 0,03.

Pour les raisons déjà évoquées, le ^{137}Cs est sous-estimé par le modèle (rapport compris entre 0,09 et 0,60).

Les activités mesurées pour deux isotopes du plutonium sont supérieures aux activités calculées :

- le ^{238}Pu rapport compris entre 0,13 et 0,19;
- le $^{239+240}\text{Pu}$ rapport compris entre 0,03 et 0,05.

L'activité de l' ^{241}Am mesurée est supérieure à l'activité calculée (rapport compris entre 0,01 et 0,08).

III.2.1.5 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 , $^{106}\text{Ru}+\text{Rh}$ et le ^{137}Cs , l' ^{241}Am , le ^{238}Pu et le $^{239+240}\text{Pu}$ présentent des activités supérieures à la limite de détection.

L'activité du ^{14}C calculée est supérieure à l'activité mesurée (rapport compris entre 1,60 et 2,23) sauf pour la zone de dilution 0,7 (rapport 0,77).

Pour les autres radionucléides :

- le ^{60}Co le rapport des activités varie de 0,16 à 0,31 ;
- l' ^{129}I est sous-estimé d'un ordre de grandeur (rapport compris entre 0,03 et 0,08) ;
- le $^{106}\text{Ru}+\text{Rh}$, les activités mesurées sont supérieures de plus d'un ordre de grandeur aux activités calculées (rapport 0,03);
- le ^{137}Cs est sous-estimé par le modèle pour la raison évoquée précédemment (rapport compris entre 0,24 et 0,49).

Les activités mesurées pour les transuraniens sont supérieures à un ordre de grandeur par rapport aux activités calculées (rapport compris entre 0,001 et 0,02).

III.2.1.6 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 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 $^{106}\text{Ru}+\text{Rh}$ et l' ^{129}I . Ces différences du rapport 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 (GRNC, 1999).

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

- le $^{106}\text{Ru}+\text{Rh}$, de 0,75 à 4,74 ;
- le ^{60}Co , de 0,02 à 1,40 ;
- l' ^{129}I , de 0,11 à 0,22 ;
- le ^{137}Cs , de 0,04 à 0,43, (origines différentes) ;
- le ^{238}Pu , de 0,04 à 0,13 ;
- le $^{239+240}\text{Pu}$, de 0,003 à 0,01 ;
- le ^{241}Pu , de 0,01 à 0,07 ;
- l' ^{241}Am , de 0,01 à 0,06 ;
- pour le ^{54}Mn , le rapport est de 0,01, ce radionucléide peut être confondu lors de la mesure avec l' ^{228}Ac .

III.2.2 Le milieu terrestre

III.2.2.1 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 mesure sur 94 est supérieure à la limite de détection (rapport 0,7).

L'activité mesurée en ^{14}C est proche de l'activité calculée (rapport 0,9).

La moyenne des activités en ^{90}Sr seul, mesurées par la AREVA-NC dans le canton de Beaumont Hague sur 86 échantillons de lait ($0,096 \pm 0,051$ Bq/l) 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]. Cette activité moyenne est aussi très proche de l'activité moyenne mesurée par l'IRSN SESURE en 2005 ($0,085 \pm 0,10$ Bq/l) à Bellenaves (zone de référence sans industrie nucléaire). Pour cet isotope du strontium l'activité est due principalement aux retombées des essais nucléaires et l'incendie du silo.

Pour l' ^{129}I , la comparaison modèle/mesure correspond à un facteur de 0,3.

L'activité du ^{137}Cs est toujours inférieure à la LD.

III.2.2.2 Légumes

Les radionucléides suivants : le ^3H , le ^{14}C , l' ^{129}I 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 5,3);
- l'activité du ^{14}C mesurée est supérieure à l'activité calculée (rapport 0,19) ;
- l'activité de l' ^{129}I mesurée sur 2 échantillons est supérieure à l'activité calculée (rapport 0,03).

Les faibles activités mesurées pour le ^{137}Cs (0,19 Bq.kg⁻¹frais) proviennent principalement des retombées atmosphériques (rapport 0,002).

III.2.2.3 Viandes

Les activités du ^3H et du ^{14}C mesurées sont inférieures aux activités calculées. Les rapports des activités modèle/mesures sont respectivement 2,8 et 2,0 traduisant 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 il n'est donc pas pertinent de réaliser une comparaison modèle/mesure pour ce seul radionucléide dont le résultat de mesure est supérieur à la LD.

III.2.2.5 Végétaux et herbes

Les radionucléides suivants, le ^3H , le ^{14}C , le ^{137}Cs 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 de l' ^{129}I mesurée est supérieure à l'activité calculée par le modèle (rapport 0,1). Un apport par les embruns n'est pas à exclure.

Le ^{137}Cs ayant plusieurs origines, les activités calculées par le modèle seront toujours inférieures aux activités mesurées (rapport 0,03).

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

III.2.2.6 Air

L'activité du ^{85}Kr a été mesurée dans 5 stations (Gréville, Digulleville, Beaumont-Hague, 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.

La comparaison modèle/mesure montre une surestimation du modèle pour Gréville (rapport 1,4), Digulleville (rapport 1,4), Beaumont-Hague (rapport 1,2).

Pour Jobourg le modèle ACADIE sous-estime d'un facteur 1,4 (rapport 0,7).

Pour Herqueville, comme pour l'année 2004 le modèle ACADIE sous-estime d'un facteur 3,7 (rapport 0,3).

Pour l'ensemble des stations, les écarts entre les résultats modèle / résultats mesures sont inférieurs à un ordre de grandeur (tableau VII).

L'activité du ^{14}C comme celle du ^{85}Kr a été mesurée dans les 5 stations. Un CTA a été calculé à partir de l'activité rejetée et l'activité mesurée du ^{14}C en excès dans les 5 stations. Une activité de 0,05 Bq/m³ en ^{14}C d'origine naturelle a été retenue pour calculer l'activité du ^{14}C en excès.

La comparaison modèle/mesure (tableau VIII) montre une sous estimation du modèle pour toutes les stations : Digulleville (rapport 0,31) ; Beaumont (rapport 0,23) ; Jobourg (rapport 0,18) ; Herqueville (rapport 0,10) ; Gréville (rapport 0,07). Seule la station de Gréville présente en 2005 rapport modèle/mesure supérieur à un ordre de grandeur.

Remarques sur les CTA :

La comparaison des CTA annuels calculés à partir des mesures effectuées dans l'air dans les cinq stations pour le ^{85}Kr et le ^{14}C (tableau IX) montre un rapport CTA ^{85}Kr / CTA ^{14}C variant de 0,05 à 0,32. Dans l'état actuel des connaissances cette différence n'est pas expliquée. Cependant, le ^{14}C fait l'objet d'échanges avec la matière organique, végétaux vivants, matière organique en décomposition et bactéries. Ce n'est pas le cas du ^{85}Kr . Ces phénomènes existent indépendamment des caractéristiques de la dispersion du rejet, et pourraient expliquer, tout au moins en partie, les écarts enregistrés.

III.2.3 Conclusion

Pour le domaine marin, les radionucléides présentant des activités supérieures à la LD sont :

^3H , ^{14}C , ^{60}Co , ^{90}Sr , $^{106}\text{Ru-Rh}$, $^{110\text{m}}\text{Ag}$, ^{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.

Les rapports modèle/mesure calculés pour l'année 2005 sont semblables à ceux calculés pour les années 2003 et 2004. Le tableau V présente les rapports modèle/mesure de différentes matrices pour la zone concernant le groupe de référence (dilution 1) pour les trois années. Les radionucléides pour lesquels le rapport est supérieur à un ordre de grandeur sont les transuraniens chez les sédiments), ^{241}Am chez les algues, ^{129}I chez les crustacés et les poissons (cf remarques précédentes).

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.

Pour le domaine terrestre, les radionucléides présentant des activités supérieures à la LD sont : ^3H , ^{14}C , ^{90}Sr , ^{137}Cs , ^{129}I , ^{241}Am , $^{239+240}\text{Pu}$.

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 notablement inférieures aux activités mesurées, à l'exception du ^3H dans les légumes et du ^{14}C dans le lait et les viandes.

Le tableau VI 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 Bq.kg^{-1} frais (à l'exception du ^{14}C en excès et du ^3H , activités inférieures à 35 Bq.kg^{-1} frais). Le nombre de mesures inférieures à la LD 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 de la période 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, en général, qu'il y a une bonne adéquation entre les activités calculées par le modèle et celles mesurées (inférieures à un ordre de grandeur). Certes des écarts supérieurs à un facteur 10 sont enregistrés, en particulier pour certains transuraniens. 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 d'AREVA-NC, le modèle est satisfaisant.

Comme pour l'année 2004 le groupe de référence terrestre est situé à Herqueville (cf. localisation figure suivante). L'impact sur ce groupe doit être calculé en utilisant le CTA du ^{85}Kr calculé à partir des mesures effectuées dans la station.

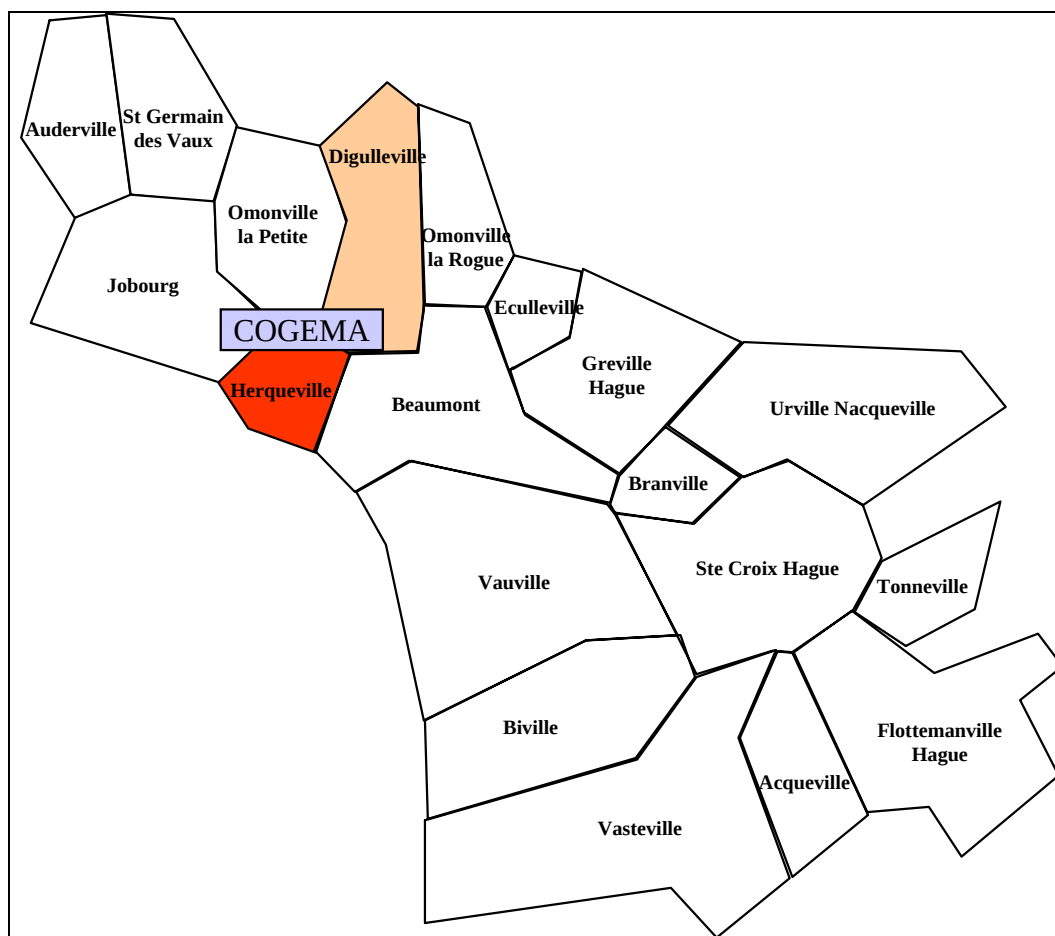


Figure 5 : Carte du canton de Beaumont Hague

Tableau V : Milieu marin - synthèse des rapports modèle/mesure de différentes matrices pour la zone concernant le groupe de référence en 2003, 2004 et 2005 (dilution 1)

	Rapport modèle/mesures																	
	Eau de mer			Algues			Mollusques			Crustacés			Poissons			Sédiments		
	2003	2004	2005	2003	2004	2005	2003	2004	2005	2003	2004	2005	2003	2004	2005	2003	2004	2005
3H	0,73	0,72	0,73															
14C*																		
14C**				1,88	1,37	1,22	1,34	1,72	0,80		1,62	1,36	2,19	3,10	2,23			
54Mn						1,05						0,66						
90Sr		0,05	0,16			0,02												
60Co	0,92	0,51	0,36	2,36	2,52	2,30	5,38	5,11	4,19	1,46	1,24	1,16	0,56	0,50	0,16	0,37	0,28	0,35
106Ru+Rh	0,80	1,34	1,60	1,22	0,76	0,71	4,53	3,10	2,29	0,54	0,56	0,28		0,05	0,03	5,26	3,80	4,74
110mAg																		
125Sb	0,19		0,22					0,004									0,05	
129I			0,34	1,01	1,08	1,16	0,28	0,27	0,27	0,08	0,12	0,25	0,03	0,03	0,04		0,73	
137Cs	0,59	0,30	0,48	0,51	0,24	0,51	0,61	0,15	0,42	0,55	0,39	0,58	0,45	0,41	0,47	0,23	0,16	0,38
238Pu		0,88		0,65	0,75	0,73	1,61	1,65	0,94		0,58	0,19				0,08	0,09	0,12
239+240Pu		0,11		0,17	0,10	0,06	0,36	0,24	0,15		0,06	0,05			0,01	0,02	0,01	0,01
241Pu				0,64	0,50	0,65	1,24	1,37	1,68							0,07	0,06	0,07
241Am				0,05	0,04	0,01	0,13	0,02	0,05		0,02					0,10	0,04	0,05
244Cm																0,04	0,09	

14C* total

14C** en excès

Tableau VI : Milieu terrestre - synthèse des rapports modèle/mesure de différentes matrices pour la zone concernant le canton de Beaumont Hague

	Rapport modèle/mesures											
	Lait			Légumes			Viandes			Herbes		
	2003	2004	2005	2003	2004	2005	2003	2004	2005	2003	2004	2005
3H	0,42		0,7	6,09	3,87	5,30	1,72		2,8			
14C*												
14C**	0,50	1,03	0,9	0,59	0,64	0,19	9,47	7,16	2,0			
54Mn												
90Sr	0,003	0,003	0,004							0,004	0,002	
60Co												
106Ru+Rh												
110mAg												
125Sb												
129I	0,11	0,30	0,30			0,03				0,018	0,03	0,10
137Cs		0,02		0,01	0,009	0,002						0,03
238Pu												
239+240Pu												
241Pu												
241Am												
244Cm												

14C* total

14C** en excès

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

	Rapport modèle/mesures														
	Gréville			Digulleville			Beaumont			Herqueville			Jobourg		
	2003	2004	2005	2003	2004	2005	2003	2004	2005	2003	2004	2005	2003	2004	2005
85Kr	2,9	1,9	1,4	1,7	1,3	1,4	1,3	1,3	1,2	0,4	0,3	0,3	1,0	1,7	0,7

Tableau VIII : Milieu terrestre - synthèse des rapports modèle/mesure pour le ¹⁴C dans l'air pour le canton de Beaumont-Hague

	Rapport modèle/mesures									
	Gréville		Digulleville		Beaumont		Herqueville		Jobourg	
	2004	2005	2004	2005	2004	2005	2004	2005	2004	2005
14C	0,28	0,07	0,44	0,31	0,37	0,23	0,04	0,10	0,34	0,18

**Tableau IX : Milieu terrestre - synthèse des coefficients de transfert atmosphérique
pour le ⁸⁵Kr pour le ¹⁴C dans l'air pour le canton de Beaumont-Hague en 2005**

	Coefficient de transfert atmosphérique (s.m ⁻³)									
	Gréville		Digulleville		Beaumont		Herqueville		Jobourg	
	2004	2005	2004	2005	2004	2005	2004	2005	2004	2005
85Kr	3,48.10 ⁻⁸	4,64.10 ⁻⁸	6,56.10 ⁻⁸	5,87.10 ⁻⁸	4,28.10 ⁻⁸	4,54.10 ⁻⁸	1,51.10 ⁻⁷	1,37.10 ⁻⁷	2,83.10 ⁻⁸	6,73.10 ⁻⁸
14C	2,39.10 ⁻⁷	8,96.10 ⁻⁷	1,92.10 ⁻⁷	2,71.10 ⁻⁷	1,52.10 ⁻⁷	2,45.10 ⁻⁷	9,95.10 ⁻⁷	4,32.10 ⁻⁷	1,44.10 ⁻⁷	2,68.10 ⁻⁷
Rapport 85Kr/14C	0,15	0,05	0,34	0,22	0,28	0,19	0,15	0,32	0,20	0,25

III.3 Synthèse de l'analyse critique de l'ACRO

Comme les années précédentes, l'ACRO a transmis au GRNC un avis relatif aux mesures réalisées dans l'environnement (cf. annexe 3 du présent rapport). Les paragraphes suivants constituent la synthèse de cet avis qui porte sur trois radionucléides :

- **Tritium** : l'ACRO souligne l'absence de quantification du tritium libre et du tritium organiquement lié dans le biotope marin, alors que le retour d'expérience de Sellafield, pour des rejets liquides en tritium 6 fois inférieurs à ceux de l'usine de La Hague depuis une dizaine d'années, met en évidence une bioaccumulation de ce radionucléide dans la faune marine. Une extrapolation des facteurs de bioaccumulation constatés à Sellafield amène à considérer que l'impact des rejets liquides de tritium de Cogéma la Hague pourrait tendre vers un impact du même ordre de grandeur que celui des contributeurs majeurs calculés pour l'impact marin, le carbone 14 et l'iode 129.
- **Carbone 14** :
 - Rejets en mer : l'ACRO estime que le regroupement des activités mesurées par zone de dilution ne permet pas de considérer les fluctuations de C-14 artificiel d'un point de prélèvement à un autre alors que les analyses AREVA-NC sur les patelles et les algues montrent que les teneurs en carbone 14 total varient de 400 à 800 Bq/g de C de Barneville à Goury, soit des fluctuations de supérieures à un facteur 3. Comme le montre le retour d'expérience de Sellafield, le choix du lieu de prélèvement des échantillons marins conditionne le résultat du calcul d'impact.
 - Rejets gazeux : l'ACRO estime que la nette progression du taux de C-14 dans les échantillons d'herbe des zones sous les vents dominants suggère une sous-évaluation de ces rejets. Les résultats de surveillance 2006 sont attendus pour infirmer ou confirmer cette hypothèse.
- **Strontium 90** : l'ACRO souligne la non prise en compte par le GRNC d'un scénario relatif à la zone du ruisseau des Landes où est observé un marquage au Sr-90 (entre 1 et 2 Bq/l depuis le début des années 1980).

Ces points sont à l'ordre du jour de la prochaine analyse du GRNC.

IV CALCULS DE DOSES EFFICACES

IV.1 Calculs de doses réalisés par AREVA-NC

Dans son rapport 2005, AREVA-NC présente ses calculs de doses pour ces deux groupes de référence :

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

Les doses reçues par les groupes de référence retenus par AREVA-NC varient d'environ 6 $\mu\text{Sv/an}$ (Goury) à 11 $\mu\text{Sv/an}$ (Digulleville).

AREVA-NC a tenu compte de la recommandation formulée par le GRNC dans son précédent avis et a pour l'année 2005 réalisé une étude de sensibilité en calculant l'impact des rejets gazeux dans les cinq villages avoisinants l'usine à partir des résultats de mesure du krypton 85 dans ces villages en 2005. Les résultats obtenus varient de 3 à 15 μSv .

IV.2 Calculs de doses réalisés par le GRNC

IV.2.1 L'outil de calcul : le logiciel ACADIE

Le logiciel ACADIE est utilisé par le GRNC pour l'estimation des doses efficaces dues aux rejets de l'usine d'AREVA-NC La Hague en 2005 [Ringard 2005]. Ce logiciel développé dans le cadre d'une convention IRSN/COGEMA/DGSNR est issu des travaux du GRNC 1 et a été adapté aux besoins liés à l'application de l'arrêté de rejets du 10 janvier 2003.

IV.2.2 La méthode de calcul

Deux catégories de calculs ont été effectués par le GRNC :

- des calculs de doses à partir des activités rejetées dans l'environnement en 2005,
- des calculs de doses à partir des mesures réalisées dans l'environnement en 2005 (supérieures aux LD).

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.

S'agissant du choix des groupes de référence, AREVA-NC et le GRNC ont deux approches différentes : AREVA-NC évalue les conditions de dispersion atmosphérique sur la base d'une météorologie moyennée sur plusieurs années conformément aux recommandations du Groupe d'experts de l'article 31 du traité Euratom (RP 129). De son côté, le GRNC a exploité pour l'année 2005 comme pour l'année 2004, les mesures en continu de krypton 85 afin de déterminer un coefficient de transfert atmosphérique (CTA) moyen spécifique des conditions météorologiques de l'année étudiée (cf. tableau IX).

Le GRNC, au titre de l'analyse de sensibilité, a pris en compte différents scénarios d'exposition. Le choix de certains des groupes identifiés par le GRNC a été approuvé par l'ensemble de ses membres, tandis que d'autres scénarios d'exposition étaient critiqués car considérés comme irréalistes.

IV.2.3 Calculs de doses à partir des activités rejetées en 2005

Le tableau suivant rappelle les scénarios pris en compte par le GRNC pour l'analyse du rapport AREVA-NC et les compare à ceux de 2004. Deux calculs supplémentaires ont été effectués par le GRNC. Le premier consiste à prendre en compte pour Digulleville le CTA calculé à partir des mesures Kr-85 (pour Digulleville le CTA utilisé jusqu'alors est une valeur basée sur une météorologie moyennée sur plusieurs années). Le second concerne le groupe des pêcheurs des Huquets qui est supposé consommer des aliments terrestres ayant une activité calculée à partir de paramètres de dispersion basés sur une météorologie moyenne sur le canton. A titre d'analyse de sensibilité, l'hypothèse est faite que ces aliments terrestres sont cultivés dans la zone d'Herqueville (sous les vents dominants en 2005).

Tableau X : Liste des scénarios du GRNC en 2005 en comparaison de ceux de 2004

	Scénarios d'exposition		2004	2005
Groupes de référence d'AREVA-NC	Pêcheurs vivant à Goury		X	X
	Adultes résidant à Digulleville	CTA GRNC1	X	X
		CTA mesures ⁸⁵ Kr 2005		X
Scénarios chroniques	Adultes résidant dans le canton de Beaumont-Hague		X	X
	Pêcheurs dans la zone des Huquets	Aliments terrestres cultivés dans le canton	X	X
		Aliments terrestres cultivés dans la zone sous les vents dominants		X
	Adultes résidant à Herqueville (groupe référence du GRNC)		X	X
	Agriculteurs résidant à moins de 1 500 m du point de rejet		X	X
Scénarios particuliers	<i>Pêcheurs vivant à Goury 100 % d'autoconsommation pour les aliments marins</i>		X	X
	<i>Adultes résidant à Digulleville 100 % d'autoconsommation pour les aliments terrestres</i>		X	X
	<i>Adultes résidant dans le canton de Beaumont-Hague (coefficients de dispersion X 4)</i>		X	X
	<i>Adultes résidant à Herqueville 100 % d'autoconsommation pour les aliments terrestres</i>		X	X

En italique sont indiqués les scénarios non validés par tous les membres du GRNC

Au total douze scénarios sont retenus par le GRNC pour le calcul de l'impact dosimétrique des rejets de l'année 2005, avec pour chacun, les voies d'exposition présentées dans le tableau XI.

Tableau XI : Voies d'exposition retenues par le GRNC pour chaque scénario

Voies d'exposition	Scénarios d'exposition 2005		
	Goury	Digulleville/Herqueville	Les autres scénarios
Exposition associée aux rejets liquides en mer			
Ingestion de produits marins	X	X	X
Exposition externe aux sédiments	X	X	X
Ingestion de sable			X
Ingestion d'eau de mer			X
Exposition aux embruns	X	X	X
Epandage d'algues		X	X
Exposition associée aux rejets atmosphériques			
Ingestion de produits terrestres	X	X	X
Ingestion de sol			X
Inhalation du panache	X	X	X
Remise en suspension	X	X	X
Exposition externe panache	X	X	X
Exposition externe dépôt	X	X	X

Le tableau suivant présente les résultats obtenus en terme de doses efficaces individuelles à partir de l'activité des rejets 2005. Les doses varient de 4 à 19 µSv pour les scénarios chroniques et de 6 à 27 µSv pour les scénarios particuliers (non validés par tous les membres du GRNC).

	2005 (Doses efficaces individuelles exprimées en Sv)											
	GROUPES DE REFERENCE D'AREVA-NC			SCENARIOS CHRONIQUES					SCENARIOS PARTICULIERS			
	Pêcheur vivant à Goury	Adulte résidant à Digulleville		Adulte résidant dans le canton de Beaumont Hague	Pêcheur dans la zone des Huquets		Adulte résidant à Herqueville	Agriculteur résidant à moins de 1500 m du point de rejet	Pêcheur vivant à Goury (100% d'autoconsom mation produits marins)	Adulte résidant à Digulleville (100% d'autoconsom mation produits terrestres)	Adulte du canton (CTA*4)	Adulte résidant à Herqueville (100% d'autoconsom mation produits terrestres)
CTA GRNC 1		CTA mesure 2005	CTA GRNC 1		CTA mesure 2005							
EFFLUENTS GAZEUX												
Ingestion de produits terrestres	2,75.10 ⁻⁷	2,75.10 ⁻⁷	2,75.10 ⁻⁷	2,75.10 ⁻⁷	2,75.10 ⁻⁷	2,75.10 ⁻⁷	2,75.10 ⁻⁷	2,75.10 ⁻⁷	2,75.10 ⁻⁷	2,75.10 ⁻⁷	2,75.10 ⁻⁷	2,75.10 ⁻⁷
Ingestion de sol par inadvertance	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Exposition externe	1,19.10 ⁻⁶	1,19.10 ⁻⁶	1,19.10 ⁻⁶	1,19.10 ⁻⁶	1,19.10 ⁻⁶	1,19.10 ⁻⁶	1,19.10 ⁻⁶	1,19.10 ⁻⁶	1,19.10 ⁻⁶	1,19.10 ⁻⁶	1,19.10 ⁻⁶	1,19.10 ⁻⁶
Inhalation												3,37.10 ⁻⁹
EFFLUENTS LIQUIDES												
Ingestion de produits terrestres (liq)	1,03.10 ⁻⁷	1,03.10 ⁻⁷	1,03.10 ⁻⁷	1,03.10 ⁻⁷	1,03.10 ⁻⁷	1,03.10 ⁻⁷	1,03.10 ⁻⁷	1,03.10 ⁻⁷	1,03.10 ⁻⁷	1,03.10 ⁻⁷	1,03.10 ⁻⁷	1,03.10 ⁻⁷
Ingestion de produits marins (Rejets liquides)	2,78.10 ⁻⁶	2,78.10 ⁻⁶	2,78.10 ⁻⁶	2,78.10 ⁻⁶	2,78.10 ⁻⁶	2,78.10 ⁻⁶	2,78.10 ⁻⁶	2,78.10 ⁻⁶	2,78.10 ⁻⁶	2,78.10 ⁻⁶	2,78.10 ⁻⁶	2,78.10 ⁻⁶
Ingestion par inadvertance (Rejets liquides)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Exposition externe (Rejets liquides)	1,65.10 ⁻⁸	1,65.10 ⁻⁸	1,65.10 ⁻⁸	1,65.10 ⁻⁸	1,65.10 ⁻⁸	1,65.10 ⁻⁸	1,65.10 ⁻⁸	1,65.10 ⁻⁸	1,65.10 ⁻⁸	1,65.10 ⁻⁸	1,65.10 ⁻⁸	1,65.10 ⁻⁸
Inhalation (Rejets liquides)	3,55.10 ⁻⁹	3,55.10 ⁻⁹	3,55.10 ⁻⁹	3,55.10 ⁻⁹	3,55.10 ⁻⁹	3,55.10 ⁻⁹	3,55.10 ⁻⁹	3,55.10 ⁻⁹	3,55.10 ⁻⁹	3,55.10 ⁻⁹	3,55.10 ⁻⁹	3,55.10 ⁻⁹
SOMME	4,3.10 ⁻⁶	9,6.10 ⁻⁶	7,1.10 ⁻⁶	5,1.10 ⁻⁶	13,6.10 ⁻⁶	17,3.10 ⁻⁶	15,2.10 ⁻⁶	18,3.10 ⁻⁶	6,3.10 ⁻⁶	16,8.10 ⁻⁶	19,0.10 ⁻⁶	26,4.10 ⁻⁶

IV.2.4 Calculs de doses à partir des mesures 2005

Les doses estimées à partir de résultats de mesures (doses « mesures ») sont comparées aux doses calculées à partir du terme source de 2005 (doses « modélisation »).

Le principe de cette comparaison est de remplacer les activités dans l'environnement calculées par modélisation à partir du terme source de 2005, par les moyennes annuelles estimées par le GRNC à partir des résultats de mesure supérieurs à la limite de détection. Cet exercice n'est possible que pour quelques radionucléides et compartiments de l'environnement.

Deux comparaisons ont été menées :

- la première concerne la dose due aux rejets liquides et reçue par les pêcheurs de Goury,
- la seconde concerne la dose due aux effluents gazeux reçue par les adultes résidant dans le canton de Beaumont Hague.

• *Goury*

Les compartiments de l'environnement concernés sont : les poissons, les mollusques et les crustacés. Les radionucléides mesurés sont : le ^{14}C , le ^{60}Co , le ^{106}Ru , l' ^{129}I , le ^{137}Cs , le ^{238}Pu , les $^{239+240}\text{Pu}$, le ^{241}Pu et l' ^{241}Am . Le nombre de mesures réalisées pour l'ensemble de ces compartiments et de ces radionucléides est de l'ordre de 750 et environ 400 résultats sont supérieures aux LD.

Le tableau ci-après présente la comparaison des doses « modélisation » et « mesures ».

Tableau XII : Goury : comparaison des doses « modélisation » et « mesure »

Radionucléides (effluents liquides)	Dose « modélisation » 2005 (μSv)	Dose « mesures » 2005 (μSv)	Rapport dose 2005 « mesures » / dose 2005 « modélisation »
C-14	1.28	0.94	0.7
Co-60	0.18	0.16	0.9
Ru+Rh-106	0.39	0.90	2.3
I-129	0.85	4.35	5.1
Cs-137	0.02	0.05	2.0
Pu-238	0.04	0.12	2.7
Pu-239+240	0.01	0.18	14.7
Pu-241	0.18	0.16	0.9
Am-241	0.02	0.10	6.2
Dose due à l'ingestion de produits marins	2.62	6.62	2.5
Dose totale due aux rejets d'effluents liquides et gazeux	4,3	8,3	1,9

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 2005, est de l'ordre de 8,3 μSv .

• *Le canton de Beaumont-Hague*

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

Les radionucléides mesurés sont : le ^3H , le ^{14}C , le ^{90}Sr , l' ^{129}I et le ^{137}Cs . Le nombre de mesures réalisées pour l'ensemble de ces compartiments et de ces radionucléides est de l'ordre de 860 et moins de 300 résultats sont supérieures aux LD.

Le tableau ci-après présente la comparaison des doses « modélisation » et « mesures ».

Tableau XIII : Canton : comparaison des doses « modélisation » et « mesure »

Radionucléides (effluents gazeux)	Dose « modélisation » 2005 (μSv)	Dose « mesures » 2005 (μSv)	Rapport dose 2005 « mesures » / dose 2005 « modélisation »
H-3	0.19	0.02	0.1
C-14	4.20	1.35	0.3
Sr-90	0.01	0.06	10.4
I-129	0.59	3.95	6.7
Cs-137	0.001	0.04	30.8
Dose due à l'ingestion de produits terrestres	1.6	2.0	1.3
Dose totale due aux rejets d'effluents liquides et gazeux	5,1	5,5	# 1

La prise en compte dans l'estimation des doses, des moyennes de résultats de mesure supérieurs à la limite de détection est sans impact sur la dose totale. La dose « mesure » en 2005, est de l'ordre de 5,5 μSv . Cependant cette conclusion est à considérer avec prudence étant données les limites de cet exercice. En effet, ne sont pris en compte que les radionucléides et aliments pour lesquels il existe au moins une mesure significative et le nombre de ces mesures est faible. De plus, l'incertitude liée à la mesure n'est pas quantifiée.

Enfin, le rapport « mesures/modélisation » varie d'un facteur 0,1 (activité calculée 10 fois supérieure à celle mesurée) à un facteur 31 (activité calculée 31 fois inférieure à celle mesurée).

IV.2.5 Calculs de doses à partir des limites de rejets

Le GRNC a calculé une dose à partir des limites de rejets de l'usine de COGEMA La Hague [Arrêté du 10 janvier 2003] et pour le scénario chronique des habitants d'Herqueville. Les résultats présentés ci-après (tableau XIV) tiennent compte de la valeur de CTA issue des mesures en continu de Kr-85 en 2005.

Tableau XIV : Calcul de dose à partir des limites de rejets de l'usine de La Hague

HERQUEVILLE	Dose (Sv)
Ingestion de produits terrestres (Rejets gazeux)	$8,23 \cdot 10^{-6}$
Ingestion de sol par inadvertance (Rejets gazeux)	-
Exposition externe (Rejets gazeux)	$1,66 \cdot 10^{-5}$
Inhalation (Rejets gazeux)	$8,86 \cdot 10^{-8}$
Ingestion de produits terrestres (Rejets liquides)	$6,87 \cdot 10^{-6}$
Ingestion de produits marins (Rejets liquides)	$2,15 \cdot 10^{-6}$
Ingestion par inadvertance (Rejets liquides)	-
Exposition externe (Rejets liquides)	$1,89 \cdot 10^{-9}$
Inhalation (Rejets liquides)	$4,86 \cdot 10^{-10}$
Somme	$3,39 \cdot 10^{-5}$

La dose totale due aux rejets autorisés est de l'ordre de 34 μSv , soit environ deux fois supérieure à celle due aux rejets réels de 2005 (15,2 μSv).

IV.2.6 Conclusion

Les doses efficaces individuelles calculées par le GRNC pour l'année 2005 sont comprises entre 4 et 27 μSv . La dose maximale est obtenue pour un adulte résidant à Herqueville et consommant uniquement des produits terrestres cultivés en ce lieu (26,4 μSv) ; scénario enveloppe défini au titre de l'analyse de sensibilité et non validé par tous les membres du GRNC car considéré par certains comme irréaliste.

Ces résultats sont cohérents avec ceux présentés par AREVA-NC dans son rapport 2005.

La prise en compte de résultats de mesures d'activité dans les aliments marins et terrestres ne modifie pas *a priori* l'ordre de grandeur des doses calculées à partir du terme source de 2005. Il est à noter cependant que cette comparaison modèle/mesures repose sur un nombre restreint de mesures significatives (supérieures à la limite de détection).

La dose calculée à partir des limites de rejets pour le scénario des adultes résidant à Herqueville en 2005 est de l'ordre de 34 μSv , soit 29 fois inférieure à la limite réglementaire (1 mSv).

V CONCLUSION GENERALE

Pour apprécier les estimations de doses présentées dans le rapport de surveillance de l'environnement d'AREVA-NC La Hague, le GRNC s'est appuyé sur les travaux qu'il avait réalisés pour élaborer son précédent avis. L'analyse critique du terme source, des mesures et des estimations de doses pour 2005 conduit aux conclusions suivantes :

Concernant la quantification des activités rejetées, pour trois radionucléides rejetés en mer (tritium, carbone 14 et plutonium 238), le GRNC met en évidence des écarts entre les activités calculées à partir de fonctions de transfert (rapport de l'activité d'un radionucléide dans les rejets à l'activité de ce dernier dans les combustibles usés) et les activités déclarées par AREVA-NC. Un groupe de travail (GT) interne à AREVA-NC a été créé et les questions soulevées par le GRNC sont à l'ordre du jour des réflexions de ce groupe. Le bilan des travaux en cours a été présenté au GT GRNC chargé d'instruire l'analyse critique du GRNC plénier (cf. rapport détaillé 2005). Bien que les écarts observés ne jouent pas sur l'impact dosimétrique, le GRNC s'efforcera, en liaison avec le GT AREVA-NC, de comprendre leur origine. Un second bilan sera fait à l'occasion du prochain avis du GRNC portant sur l'année 2006.

Le GRNC a également fait le point sur la comparaison entre l'activité des rejets mesurée par l'IRSN et celle déclarée par AREVA-NC. En ce qui concerne les données d'AREVA-NC, le GRNC a utilisé pour cette comparaison, comme les années précédentes, les moyennes mensuelles figurant dans le rapport AREVA-NC 2005 et, pour la première fois, les données hebdomadaires issues des registres⁸ réglementaires. Ces données ont été transmises par l'ASN à la présidente du GRNC en réponse à sa demande.

En conclusion, le GRNC estime que la quantification des activités rejetées est correcte.

Concernant la modélisation des transferts dans l'environnement, le GRNC a comparé les niveaux d'activité mesurés dans l'environnement (plus de mille données ont été collectées par le GRNC) à ceux issus de la modélisation à partir des activités rejetées. Les rapports modèle/mesure calculés pour l'année 2005 sont semblables à ceux des années 2003 et 2004. Pour le milieu marin, les écarts sont en général inférieurs à un ordre de grandeur. Pour le milieu terrestre, le GRNC attire l'attention sur le carbone 14. En effet, la comparaison des CTA calculés à partir des mesures effectuées dans l'air pour le krypton 85 et le carbone 14, met en évidence des écarts, non expliqués à ce jour et variant d'un facteur 0,05 à 0,32. Le GT GRNC portera une attention particulière au carbone 14 à l'occasion de son prochain avis.

Concernant le tritium rejeté dans le milieu marin, l'ACRO a émis l'hypothèse d'une bioaccumulation de ce radionucléide, phénomène qui n'est pas pris en compte actuellement par le GRNC. Le GT GRNC fera le bilan des connaissances actuelles sur les phénomènes de bioaccumulation du tritium dans l'environnement et vérifiera la pertinence de les prendre en compte dans les conditions de dispersion de la Hague.

Les doses estimées par le GRNC, à partir des résultats de mesures dans les aliments terrestres et marins, 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 a mis en évidence des écarts significatifs, ne sont pas des contributeurs importants à la dose totale.

En comparaison des modélisations réalisées par le GRNC, les modélisations utilisées par AREVA-NC pour rendre compte des transferts de radionucléides dans l'environnement sont donc bien représentatives des conditions locales.

Concernant le choix des groupes de population et l'estimation de leur niveau d'exposition, le GRNC a exploité pour l'année 2005 comme pour l'année 2004, les mesures en continu de krypton 85 afin de

⁸ En application de l'arrêté de rejets du 10 janvier 2003, AREVA tient à jour pour les rejets radioactifs un registre transmis au plus tard le 15 de chaque mois à la DGSNR.

déterminer un coefficient de transfert atmosphérique (CTA) moyen spécifique des conditions météorologiques de l'année étudiée. Ainsi, le GRNC conclut pour 2005 comme pour 2004, que le groupe le plus exposé aux effluents gazeux est localisé à Herqueville.

Le GRNC au titre de l'analyse de sensibilité, a pris en compte différents scénarios d'exposition. Le choix de certains des groupes identifiés par le GRNC a été approuvé par l'ensemble de ses membres, tandis que d'autres scénarios d'exposition étaient critiqués car considérés comme irréalistes.

Au total, les résultats obtenus par le GRNC sont les suivants :

- deux scénarios définis comme groupes de référence au sens de la réglementation et validés par l'ensemble des membres du GRNC (Goury et Herqueville) conduisent à des doses variant d'environ 4 à 16 μSv ;
- six scénarios chroniques également validés par l'ensemble des membres du GRNC conduisent à des doses variant d'environ 5 à 19 μSv ;
- quatre scénarios, n'ayant pas fait l'unanimité car considérés par certains comme irréalistes (autoconsommation à 100% des produits terrestres ou des produits marins), conduisent à des doses variant d'environ 6 à 27 μSv ;

En résumé, la dose résultant des rejets de l'usine de La Hague estimée par le GRNC pour le groupe de référence le plus pénalisant pour l'année 2005 (adulte d'Herqueville – 16 μSv) est cohérente avec celle estimée par AREVA-NC dans le cadre de son analyse de sensibilité, elle est supérieure d'un facteur 1,5 à celle du groupe de référence d'AREVA-NC (agriculteurs de Digulleville) mais inférieure d'environ un facteur 2 à celle estimée à partir des limites de rejets fixées par l'arrêté de janvier 2003, d'environ un facteur 60 à la limite réglementaire de dose au public, et d'environ un facteur 180 par rapport à l'exposition d'origine naturelle dans le Nord-Cotentin.

BIBLIOGRAPHIE

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

AREVA-NC, rapport annuel de surveillance de l'environnement Année 2005.

COGEMA, rapport annuel de surveillance de l'environnement Année 2003.

COGEMA, rapport annuel de surveillance de l'environnement Année 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 Sûreté Nucléaire, Fontenay-aux-Roses, février 2002.

GRNC, 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 Sûreté Nucléaire, Fontenay-aux-Roses, 1999.

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

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

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

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

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

GRNC, Groupe Radioécologie Nord-Cotentin, Rapport de synthèse et rapport détaillé 2003 : Appréciation par le GRNC de l'estimation des doses présentées dans le rapport annuel de surveillance de l'environnement de COGEMA La Hague, Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire, Fontenay-aux-Roses, 2005.

GRNC, Groupe Radioécologie Nord-Cotentin, Rapport de synthèse et rapport détaillé 2004 : Appréciation par le GRNC de l'estimation des doses présentées dans le rapport annuel de surveillance de l'environnement de COGEMA La Hague, Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire, Fontenay-aux-Roses, 2005.

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.

Ringeard C, Calculs de doses réalisés par le GRNC pour l'appréciation de l'estimation de doses présentée dans le rapport annuel de surveillance de l'environnement de COGEMA La Hague pour l'année 2003, Rapport DRPH/SER/N°2005-14, Institut de Radioprotection et de Sécurité Nucléaire, Fontenay-aux-Roses, 2005.

Ringeard 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 Sécurité Nucléaire, Fontenay-aux-Roses, 2005.

LISTE DES TABLEAUX ET DES FIGURES

Tableau I : Pourcentage d'activité alpha totale entrante provenant du traitement des solvants	17
Tableau II : Bilan des rejets d'AREVA-NC et des limites autorisées (TBq/an)	20
Tableau III : Terme source du GRNC et d'AREVA-NC pour 2005 – Effluents liquides	21
Tableau IV : Terme source du GRNC et d'AREVA-NC pour 2005 – Effluents gazeux	21
Tableau V : Milieu marin - synthèse des rapports modèle/mesure de différentes matrices pour la zone concernant le groupe de référence en 2003, 2004 et 2005 (dilution 1)	32
Tableau VI : Milieu terrestre - synthèse des rapports modèle/mesure de différentes matrices pour la zone concernant le canton de Beaumont Hague	33
Tableau VII : Milieu terrestre - synthèse des rapports modèle/mesure pour le ^{85}Kr dans l'air pour le canton de Beaumont-Hague	33
Tableau VIII : Milieu terrestre - synthèse des rapports modèle/mesure pour le ^{14}C dans l'air pour le canton de Beaumont-Hague	33
Tableau IX : Milieu terrestre - synthèse des coefficients de transfert atmosphérique pour le ^{85}Kr pour le ^{14}C dans l'air pour le canton de Beaumont-Hague en 2005	34
Tableau X : Liste des scénarios du GRNC en 2005 en comparaison de ceux de 2004	36
Tableau XI : Voies d'exposition retenues par le GRNC pour chaque scénario	37
Tableau XII : Goury : comparaison des doses « modélisation » et « mesure »	39
Tableau XIII : Canton : comparaison des doses « modélisation » et « mesure »	40
Tableau XIV : Calcul de dose à partir des limites de rejets de l'usine de La Hague	40
Figure 1 : Etapes de l'analyse menée par le GRNC	15
Figure 2 : Evolution des rejets de tritium, carbone 14 et krypton dans les effluents gazeux (1966 à 2005)	18
Figure 3 : Evolution des rejets d'iode 129 dans les effluents gazeux (1966 à 2005)	19
Figure 4 : Facteurs de dilution	25
Figure 5 : Carte du canton de Beaumont Hague	31

ANNEXES

Annexe 1 : Lettre de mission

AUTORITE DE SURETE NUCLEAIRE

COURRIER - ARRIVEE
DPHD / SEGR
30 06 2004 13 18 6

DIRECTION GENERALE DE LA SURETE NUCLEAIRE ET DE LA RADIOPROTECTION

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

Paris, le **24 JUIN 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.

Liberté - Égalité - Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

IRSX DRPH
001228 28 JUN 2004

DIRECTION DE LA PREVENTION DES POLLUTIONS ET DES RISQUES

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

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

D.R.P.H.		
Circ	Visa	Date
76	B	28/6
Classement		
GRNC		
Copie		
SER		
JB JA		

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

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

Gps: JR, JBP, JQ
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 Expert missionné par l'IRSN	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 Expert missionné par l'IRSN	IRSN 77-83, avenue du Général de Gaulle 92140 CLAMART
Mme DECOBERT Véronique AREVA-NC	AREVA-NC Directeur Sûreté Santé Sécurité / Inspection Générale 33 rue La Fayette 75 442 Paris Cedex 09
Mme DELERY Laure INERIS	DRC/ERSA Parc technologique Alata 60550 Verneuil-en-Halatte Tél. : 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 Expert missionné par l'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 Tél. : 03 44 55 68 27 - Fax : 03 44 55 61 75 Philippe.Hubert@ineris.fr
M. LE BAR Serge AREVA-NC	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 Tél. 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 GSIE	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 Expert missionné par l'IRSN 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 AREVA-NC	AREVA-NC Dir. Sûreté Santé Sécurité / Inspection Générale 33 rue La Fayette 75 442 Paris Cedex 09
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 AREVA-NC	AREVA-NC Etablissement de la Hague DQSSE 50444 BEAUMONT-HAGUE
M. PHILIPPE Marc IRSN	IRSN/DSU/SSTC/BER B.P. 17 92262 FONTENAY-AUX ROSES
Mme RENNESSON Malvina AREVA-NC	AREVA-NC BU-Traitement / Dir. Qualité, Sûreté, Sécurité, Environnement 33 rue La Fayette 75 442 Paris Cedex 09
M. RINGEARD Caroline IRSN	IRSN/DRPH/SER/UETP B.P. 17 92262 FONTENAY-AUX ROSES
M. ZERBIB Jean-Claude Expert missionné par l'IRSN CSPI	IRSN 77-83, avenue du Général de Gaulle 92140 CLAMART

Annexe 3 : Point de vue technique de l'ACRO

Point de vue technique de l'ACRO sur le rapport annuel de surveillance de l'environnement, année 2005, présenté par Cogéma-la-Hague

L'examen des résultats détaillés des mesures environnementales publiées dans l'annexe du rapport annuel de surveillance de l'environnement de Cogéma-la-Hague confirme les observations critiques formulées par l'ACRO lors de l'examen par le GRNC3 des rapports environnement 2003 et 2004⁹ sur l'impact environnemental sous-évalué pour 2 radionucléides majeurs : le carbone 14, rejets actuels et futurs autorisés, et le strontium 90, persistance de l'impact d'un incident ancien au nord-ouest du site.

Nous relevons que l'impact des rejets marins de tritium, radionucléide rejeté comme le C-14, le Kr-85 et l'iode 129 sans procédé de confinement ou de rétention, ne fait l'objet d'aucune détermination dans les échantillons biologiques prélevés dans la zone proche de l'émissaire marin.

Cette fiche technique comprend 4 annexes accompagnant les remarques génériques formulées ci-après pour le tritium, le carbone 14 et le strontium 90.

Tritium (annexe 1)

Aucune détermination du tritium dans les échantillons biologiques prélevés en milieu marin n'est effectuée, contrairement à ce qui se pratique dans l'environnement de Sellafield.

Les déterminations effectuées par les autorités de surveillance anglaises (RIFE 11, 2006) font apparaître des teneurs en tritium de 97 à 210 Bq/kg frais dans les poissons plats, 100 à 230 Bq/kg frais dans les moules pour un rejet liquide **1570 TBq** de tritium en 2005.

L'usine de Cogéma la Hague ayant elle rejeté **13500 TBq** de tritium en 2005, on peut donc s'attendre à des teneurs en tritium dans les produits marins proches de l'émissaire de la Hague voisines ou supérieures à celles relevées à Sellafield.

Le rapport RIFE 11, 2006 souligne une bioaccumulation du tritium libre, ainsi que du tritium organique (100 à plus de 200 Bq/kg dans les deux cas) dans les poissons pour des teneurs en tritium de l'eau de mer inférieures à 30 Bq/l¹⁰. Cette contamination H-3 est constatée dans la faune marine proche du point de rejets de Sellafield depuis 1999 (RIFE 5).

NB : le SESURE analyse le tritium dans les patelles et les fucus dans la zone proche de l'émissaire (analyses trimestrielles) avec un seuil de mesure variant entre 300 et 350 Bq/kg frais. Le seuil d'alerte pour le public est à 100 Bq/l pour l'eau de boisson.

Carbone 14 (annexes 2 et 3)

- Milieu marin (annexe 3 § 1.1)

Permanence du marquage environnemental par le carbone 14 rejeté par le site de retraitement de Cogéma-la-Hague, entre 400 et 800 Bq/kg de C selon les échantillons prélevés et la zone de prélèvement retenue. Les échantillons les plus chargés étant ceux de la zone la plus proche du point de rejet (rappel, le C-14 naturel est dosé à 230 Bq/kg de C). A noter en 2005 une légère remontée du taux de C-14 artificiel, ou une stabilité par rapport à 2004, dans tous les échantillons marins alors que le rejet est en faible diminution en 2005, et une nette

⁹ GRNC3, Appréciation par le GRNC de l'estimation des doses présentée dans le rapport annuel de surveillance de l'environnement de Cogéma-la-Hague – Synthèse, années 2003 et 2004 – annexe 5

¹⁰ Moyenne annuelle, eau de mer au large du cap de la Hague en 2005 ; 60,9 Bq/l en tritium

progression en 2005 du taux de C-14 dans les bigorneaux et les crabes observée à Aurigny par les autorités anglaises (graphique n°8).

Le rejet actuel est resté voisin de 10 TBq/an (voir annexe 2, graphique n° 2) depuis le début des analyses de C-14 dans l'environnement.

Dans l'optique des autorisations de rejet actuelles, 42 TBq/an par le transfert des rejets gazeux en rejets liquides, il faut s'attendre à une multiplication par un facteur 3 à 4 de l'impact environnemental observé actuellement du carbone 14 en milieu marin (soit aux environs de 2400 Bq/kg de C) dans un large secteur soumis à l'influence des rejets de ce radionucléide, de Barneville à Barfleur (voir retour d'expérience des rejets marins de Sellafield, graphique n° 8 et référence ¹).

- Milieu terrestre (annexe 3, § 1.2)

- Progression nette du marquage environnemental à 800 Bq/kg de C pour les années 2003 et 2004 à plus de 1100 Bq/kg de C en 2005 dans l'herbe des zones proches du site sous les vents dominants, pour un rejet aérien déclaré de l'ordre de 17 TBq/an de 2003 à 2005 (voir 1.2.1, graphique n° 9) .

Une progression est aussi mise en évidence aux points A15, B4, B8 et J8, ce dernier point étant éloigné de 10 km du site des usines (voir 1.2.2, graphique n° 10).

- Les analyses du taux de C-14 dans l'air aux cinq stations extérieures montrent une nette progression du taux atmosphérique moyen annuel entre 2004 et 2005 (voir 1.2.3).

- La mise en parallèle des rejets annuels de C-14 (gazeux + liquides) et de Kr-85 avec l'énergie produite par les combustibles retraités met en relief une baisse des rejets de C-14 en 2005 alors que le rejet de Kr-85 et l'énergie produite par les combustibles retraités dans l'année sont en nette progression (voir 1.2.4, graphiques n° 11 et 12).

- Le taux de rejets standardisé chute à 0,70 TBq/GWe.a en 2005, alors qu'il était proche du taux standardisé de 0,75 TBq/GWe.a pour les trois années précédentes. La répartition et l'origine des combustibles retraités a peu varié ces quatre années (env. 850 t Edf, 300 t étranger), le taux d'impuretés dans les combustibles a donc lui aussi peu évolué (voir 1.2.5).

Ces quatre éléments concourent à suggérer une sous-évaluation des rejets de C-14, notamment en rejet aérien.

Les autorisations actuelles permettent à l'exploitant un rejet aérien de 28 TBq/an (annexe 2, graphique n° 2).

Krypton 85

En 2005, la moyenne des analyses krypton sur Herqueville montre que cette commune était plus exposée aux rejets aériens que les quatre autres sites de relevés en continu, comme en 2004 et 2003 (annexe 2, § 1.2.3).

Strontium 90

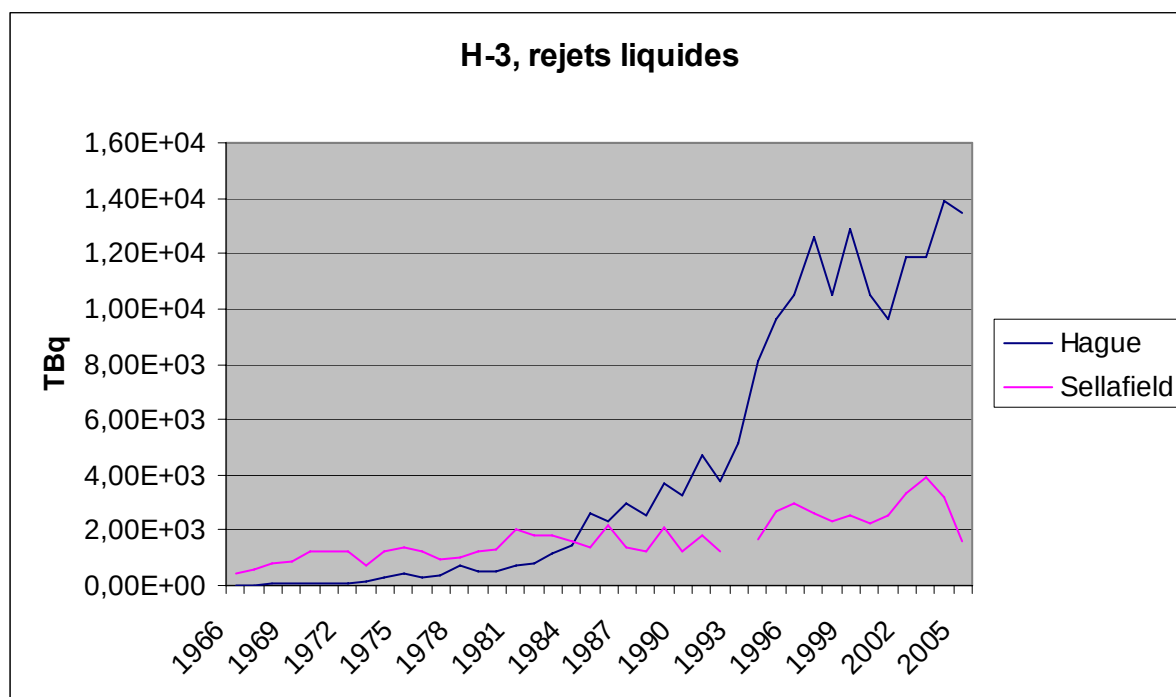
- Milieu terrestre

Persistance du taux de strontium 90 variant de 1 à 2 Bq/l dans le ruisseau des Landes, voir annexe 4, graphiques n° 13 et 14.

André Guillemette, ACRO, groupe de travail GRNC3

Annexe 1

Historique des rejets liquides de tritium des usines de retraitement de Cogéma-la-Hague et de BNFL-Sellafield



Sources : Cogéma et BNFL

Graphique n° 1

Rejets liquides de tritium des usines de retraitement de Cogéma-la-Hague et de BNFL-Sellafield depuis 1966.

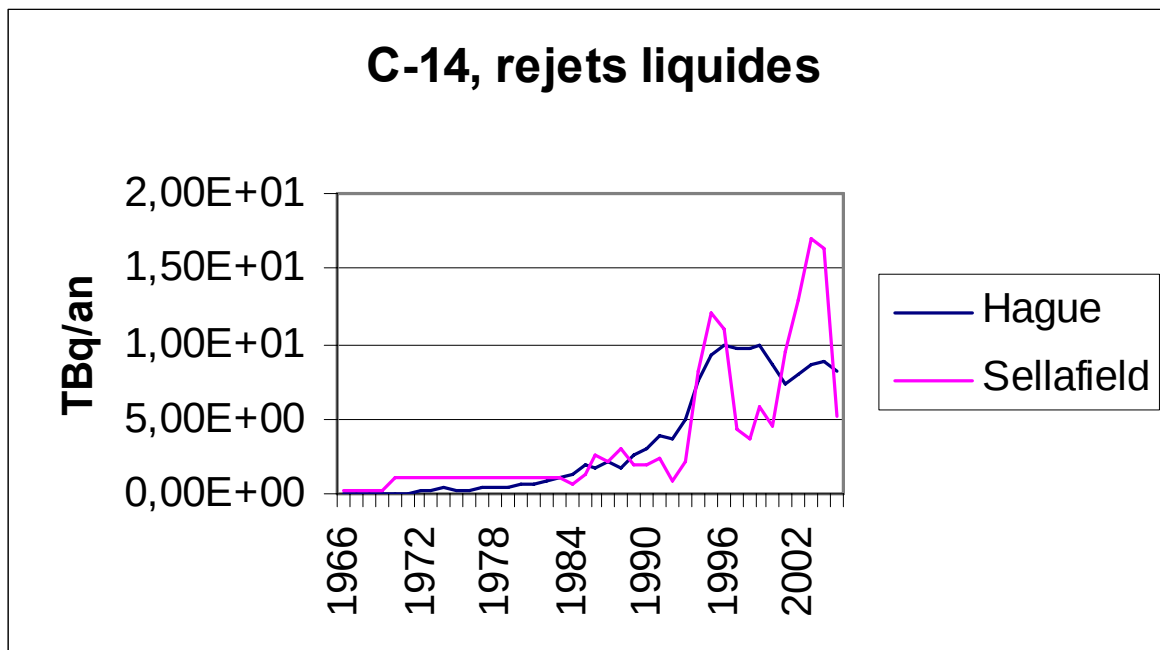
		BNFL, Sellafield	Cogéma la Hague
Rejet liquide		1570 TBq	13500 TBq
H-3 eau de mer	Point de rejet	(Ehen) 430 Bq/l	(la Hague) 61 Bq/l
	A la côte	(St Bees) 19 Bq/l	(Goury) 12,7 Bq/l
plie	H-3 organique	97 à 210 Bq/kg	??
	H-3 libre	96 à 230 Bq/kg	??
moules	H-3 organique	190 Bq/kg	??
	H-3 libre	100 à 200 Bq/kg	??

Sources : RIFE et Cogéma

Contrôles environnementaux du Tritium en 2005

Annexe 2

Historique des rejets liquides et gazeux de carbone 14 des usines de retraitement de Cogéma-la-Hague et de BNFL-Sellafield

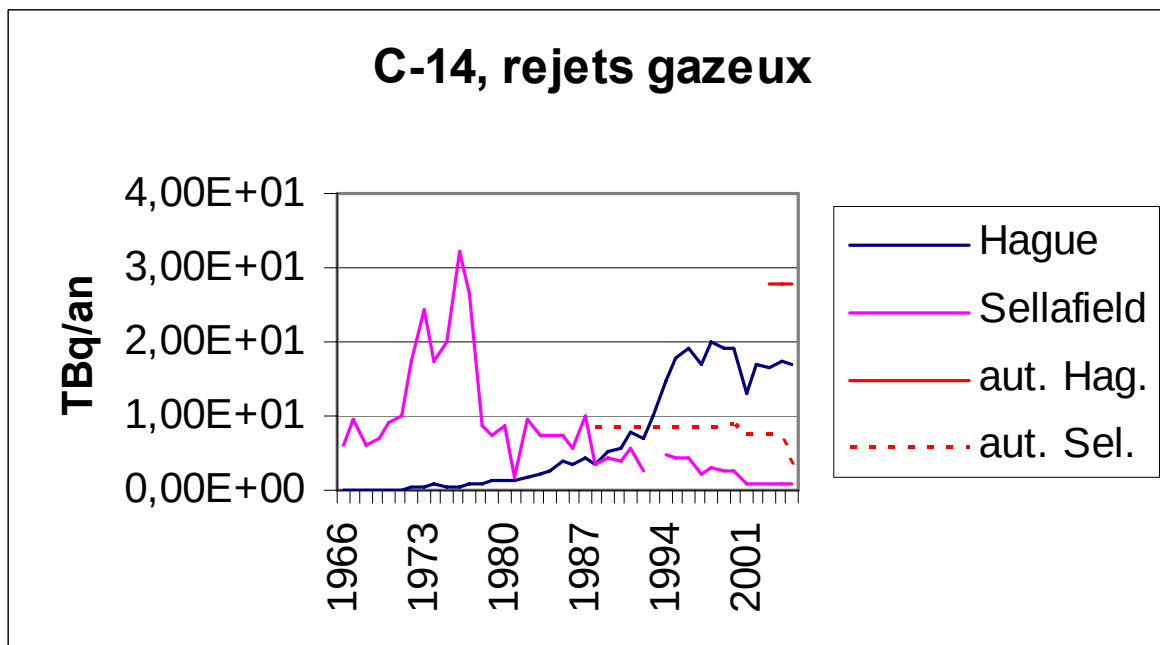


Sources Cogéma et BNFL

Graphique n° 2

Rejets liquides des usines de retraitement de Cogéma-la-Hague et de BNFL-Sellafield depuis 1966.

Depuis 1988 les rejets liquides de Sellafield sont autorisés jusqu'à 20,8 TBq/an. Depuis 2003 les rejets liquides de Cogéma la-Hague sont autorisés jusqu'à 42 TBq/an.



Sources Cogéma et BNFL

Graphique n° 3

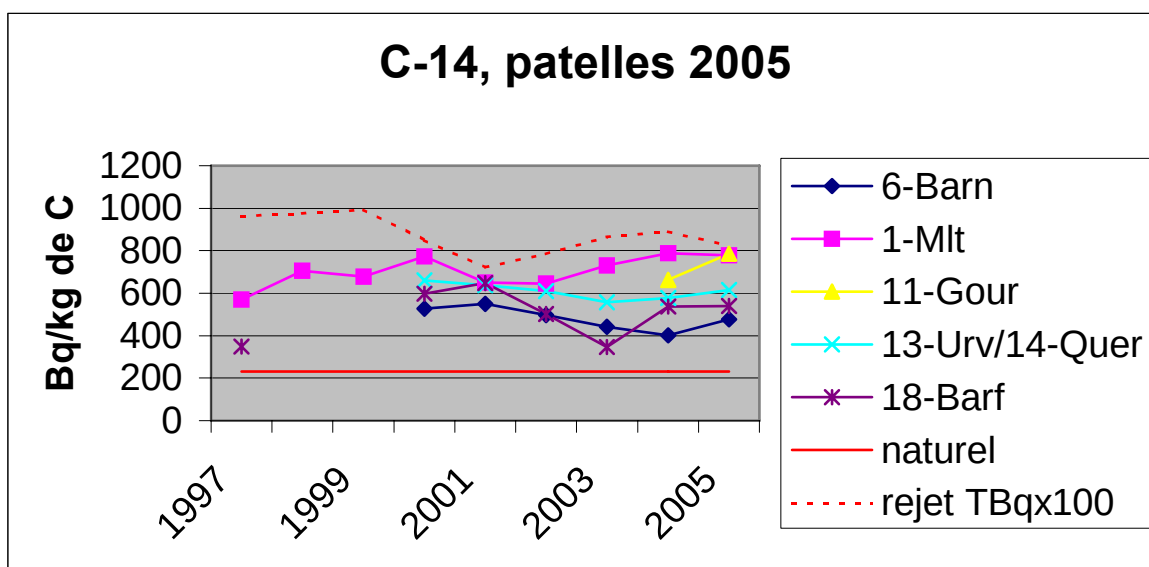
Rejets gazeux des usines de retraitement de Cogéma-la-Hague et de BNFL-Sellafield depuis 1966.

Depuis 1988 les rejets gazeux de Sellafield sont autorisés jusqu'à 8 TBq/an, puis 7,3 TBq/an jusqu'en 2004 et 3,3 TBq/an en 2005. Depuis 2003 les rejets gazeux de Cogéma la-Hague sont autorisés jusqu'à 28 TBq/an.

Annexe 3

1 Taux de carbone 14 dans l'environnement du site de retraitement de Cogéma-la-Hague

1.1 Milieu Marin



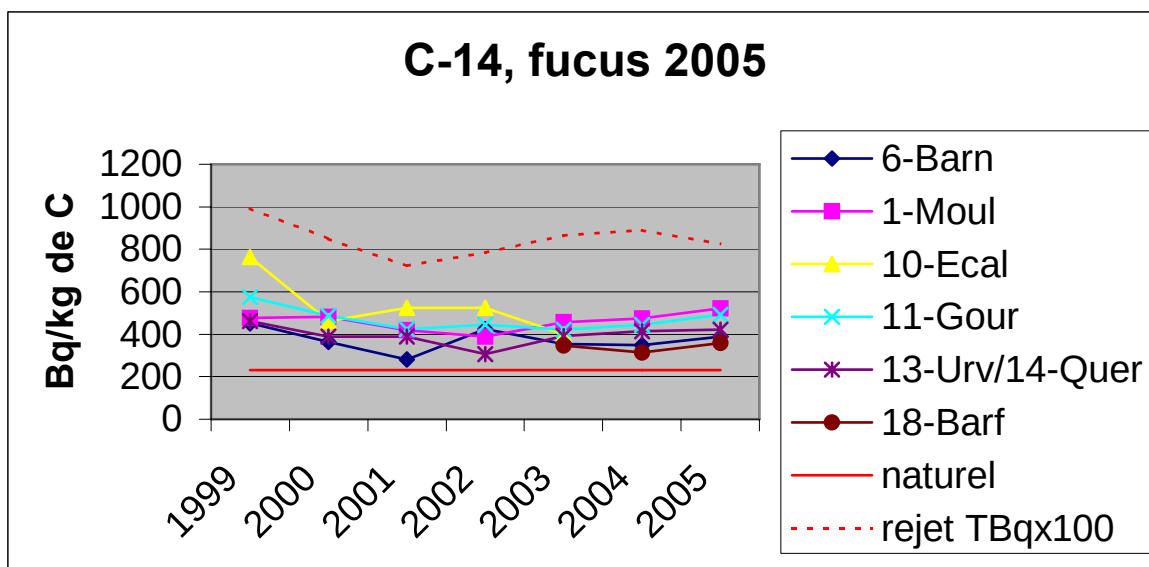
Source Cogéma
Grille de conversion d'après
RIFE¹¹ 11 – 2006

Graphique n° 4

Evolution du taux de ^{14}C depuis 1997 dans les patelles sur 4 des stations surveillées par l'exploitant

Barneville (6-Barn), Les Moulinets (1Mlt), Urville – Querqueville (13-Urv/14-Quer), Barfleur (18-Barf)
Données annuelles calculées à partir de résultats d'analyse trimestriels (4 données par an)

¹¹ RIFE, Radioactivity in Food and the Environment, 1996 à 2006, Food Standards Agency, Scottish Environment Protection Agency



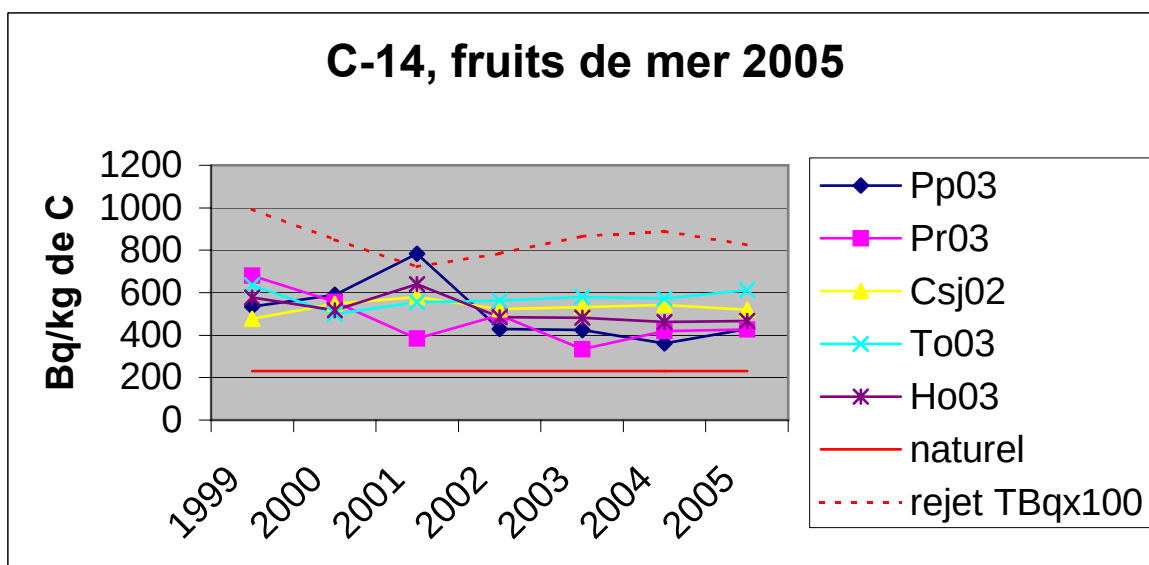
Source Cogéma
Grille de conversion d'après
RIFE 11 – 2006

Graphique n° 5

Evolution du taux de ^{14}C depuis 1997 dans les fucus serratus sur 6 des stations surveillées par l'exploitant

Barneville (6-Barn), Les Moulinets (1Moul), Ecalgrain (10-Ecal), Goury (11-Gour), Urville – Querqueville (13-Urv/14-Quer), Barfleur (18-Barf)

Données annuelles calculées à partir de résultats d'analyse trimestriels (4 données par an)

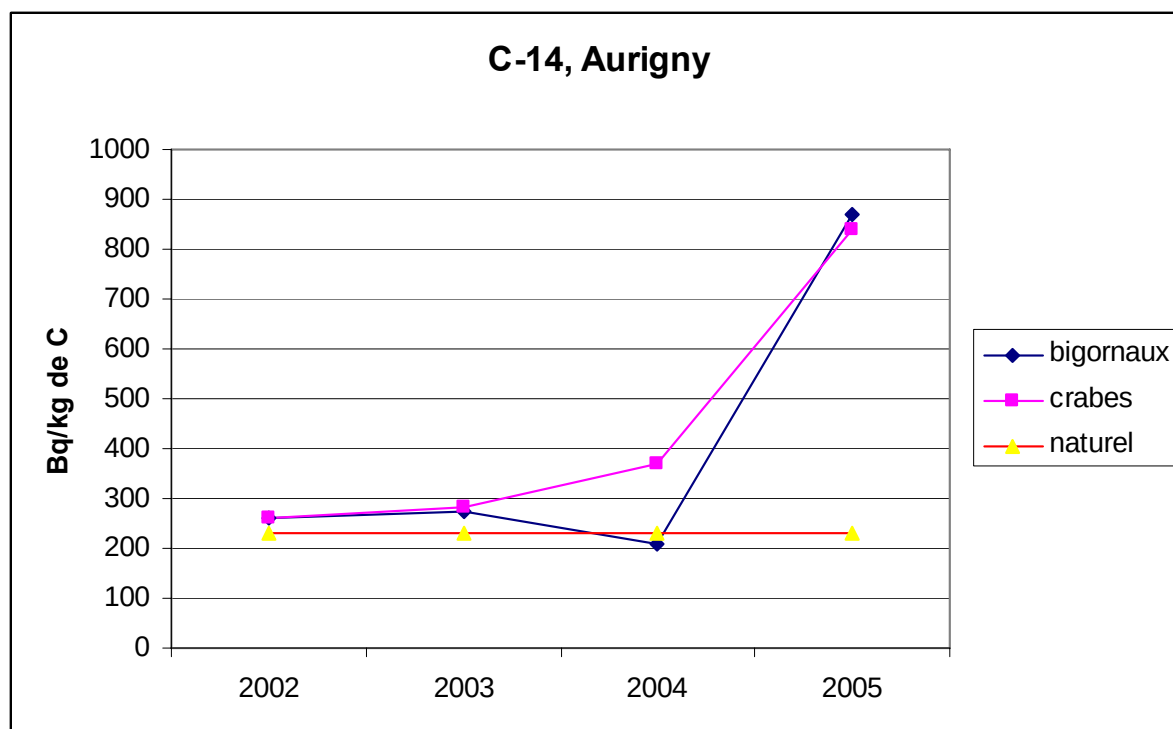


Source Cogéma
Grille de conversion d'après
RIFE 11 – 2006

Graphique n° 6

Evolution du taux de ^{14}C depuis 1999 dans les produits marins du lieu générique « côte ouest » (03) et du lieu générique « côte nord » (02)

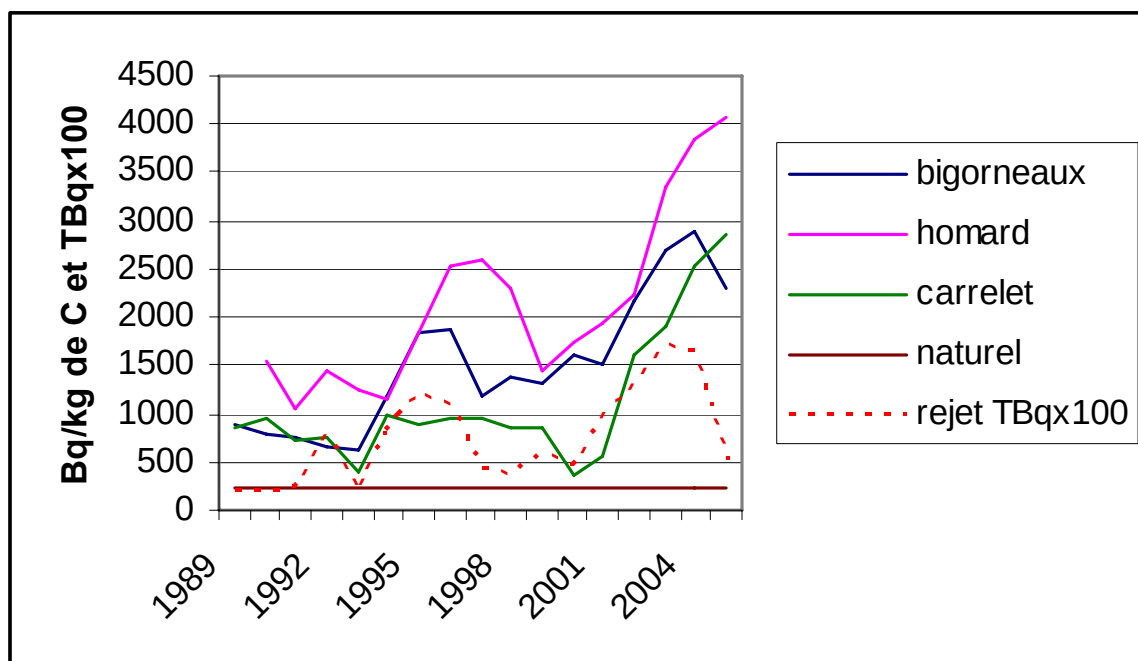
Poisson plat (Pp), poisson rond (Pr), coquilles St Jacques (Cs), tourteau (To), homard (Ho)
Données annuelles calculées à partir de résultats d'analyse trimestriels (4 données par an)



Source RIFE 8 à 11

Graphique n° 7

Impact des rejets liquides de ^{14}C par BNFL-Sellafield sur les produits marins



Source RIFE 1 à 11

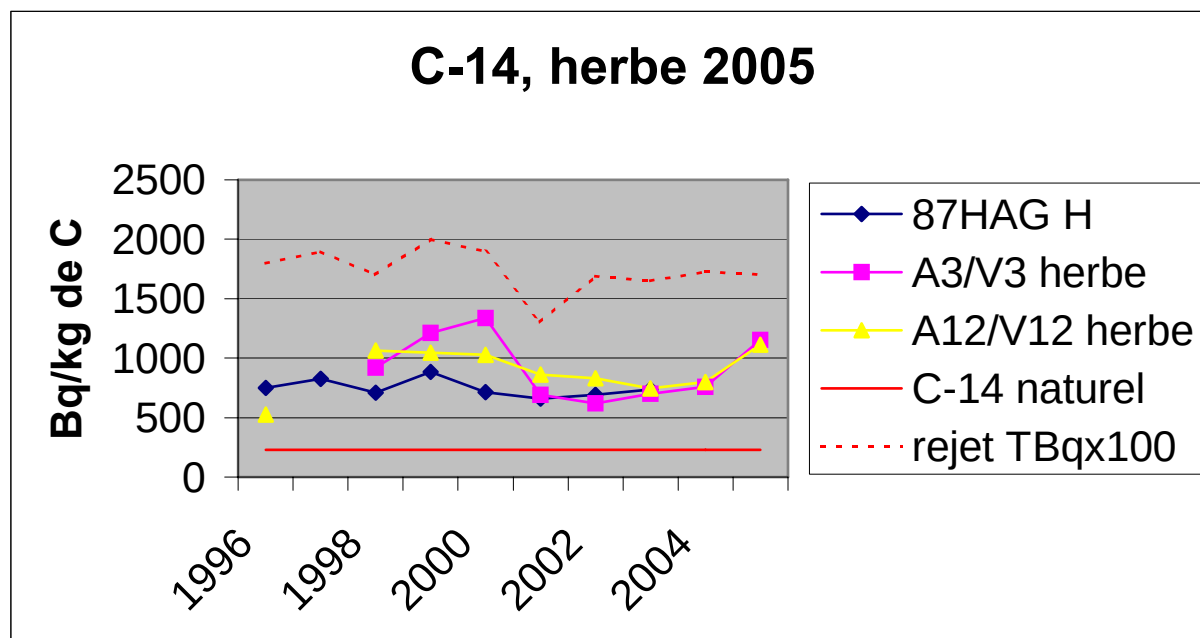
Graphique n° 8

Evolution des taux de ^{14}C dans les produits marins dans la zone de pêche proche de l'émissaire de rejets en mer à Sellafield

1.2 Milieu terrestre

1.2.1 Herbe aux points A3 et A12

Historique des analyses d'herbe des 2 sites de prélèvement



Sources IRSN et Cogéma
Directes pour IRSN, calculées
d'après données IRSN pour
Cogéma

Graphique n° 9

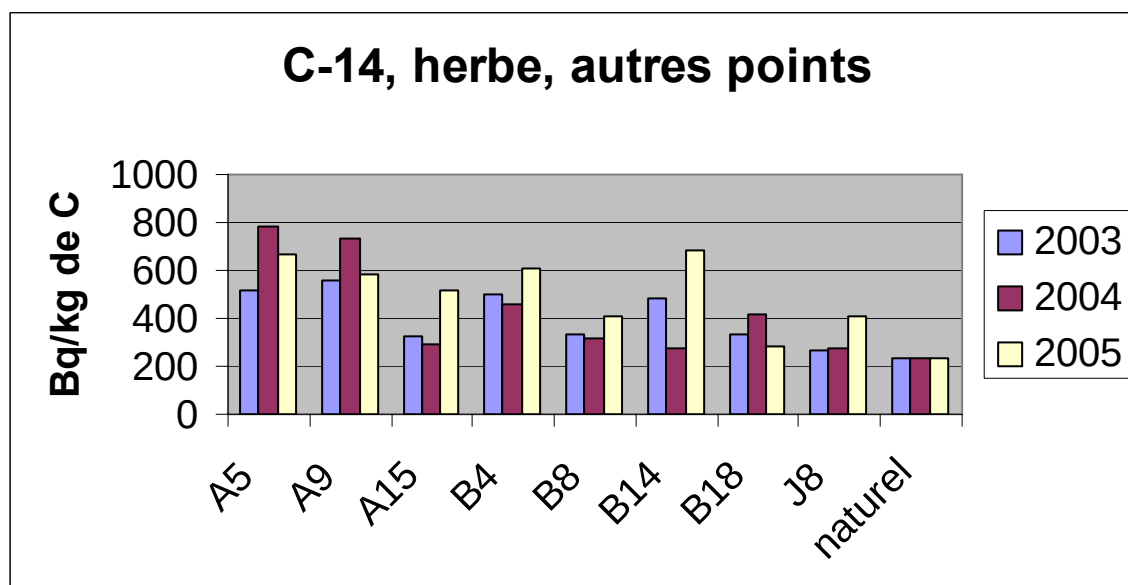
Evolution du taux de ^{14}C , depuis 1996, dans l'herbe en 3 points.

A3/V3 et A12/V12 sont situés dans la zone « 1 km du site », respectivement au nord-est (sur Digulleville) et au sud-ouest (Herqueville / Jobourg)

87Hag est un repère IRSN SESURE, analyse du prélèvement A12 effectué par Cogéma

Données annuelles calculées à partir de résultats d'analyses mensuels (12 données par an)

1.2.2 Herbe, autres points



Source Cogéma
calcul d'après données IRSN

Graphique n° 10

A, cercle des 1km (analyses mensuelles)
B, cercle des 2km (analyses trimestrielles)
J, cercle des 10 km (analyses trimestrielles)

Les points B4 et B14 situés dans l'axe des vents dominants confirment l'anomalie 2005 des points A3 et A13 situés dans la zone des 1km.

Le point J8 situé à 10 km, dont les analyses 2003 et 2004 faisaient apparaître des teneurs en C-14 légèrement supérieures au bruit de fond (268 et 274 Bq/kg de C), progresse à 412,5 Bq/kg de C en 2005.

1.2.3 Relevés des concentrations atmosphériques de C-14 et de Kr-85 dans les stations extérieures

Valeurs moyennes annuelles en Bq/m³

C-14

	2004	2005
Gréville	0,157	0,353
Digulleville	0,150	0,172
Beaumont	0,126	0,171
Herqueville	0,637	0,238
Jobourg	0,124	0,172

Kr-85

	2003	2004	2005
Gréville	190	236	185
Digulleville	460	464	493
Beaumont	357	270	268
Herqueville	741	1323	1181
Jobourg	425	171	336

Une progression du taux de C-14 atmosphérique moyen est observable sur les stations de Digulleville, Beaumont et Jobourg.

La valeur 2004 d'Herqueville est biaisée par le pic aérien (C-14 comme Kr-85) de novembre 2004. Le résultat C-14 de Gréville pour 2005 n'est pas en cohérence avec l'indicateur Kr-85 et avec la position géographique de Gréville voisine de l'axe sous le vent de Beaumont, et plus éloignée que cette dernière du site de retraitement.

1.2.4 Rejets de carbone 14 mis en regard de l'énergie des combustibles retraités dans l'année et des rejets des trois autres radionucléides ne faisant pas l'objet de procédure de rétention (tritium, krypton 85 et Iode129)

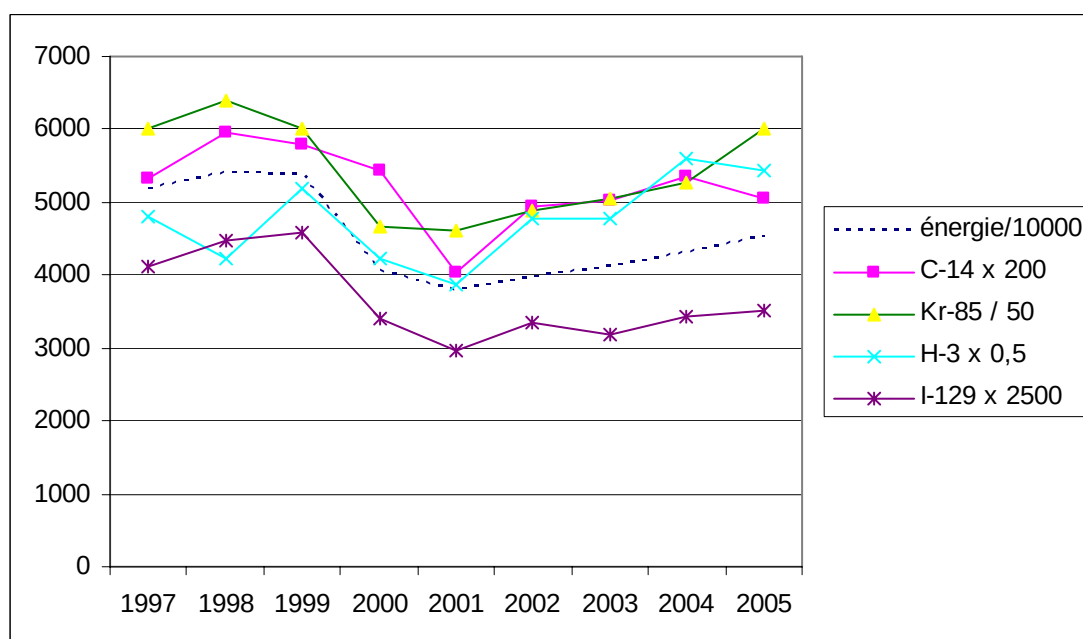


Source Cogéma

Graphique n° 11

Le rejets de Kr-85 sont en phase avec l'énergie produite par les combustibles retraités de 1997 à 2005. Les rejets de C-14, en phase pour les années 2002 à 2004 s'en écartent de nouveau en 2005 (graphique n° 11).

Les rejets d'iode 129 sont en phase avec l'énergie produite par les combustibles. Pour le tritium, constat des mêmes variations que sur les rejets de C-14 (graphique n° 12).



Source Cogéma

Graphique n° 12

1.2.5 Données sur le taux standardisé de carbone 14 dans les combustibles UOX

Le taux standardisé de C-14 dans les combustibles UOX irradiés dans les usines de Cogéma la Hague est celui retenu après analyse d'un combustible « SICRAL », en retenant une teneur d'impuretés azote de 10 ppm mesurée dans ce combustible test¹². Ce taux d'impuretés azote fait partie des spécifications fournisseur, mais il n'est pas contrôlé¹³ dans les combustibles Edf et à fortiori dans les combustibles étrangers.

Beaujard¹⁴ dans sa recherche de données bibliographiques sur le carbone 14 note :

Pour les combustibles UOX des taux standardisés compris entre 0,192 et 1,064 TBq/GWe.a [Bonka] et de 0,74 TBq/GWe.a [NCRP].

Pour les matériaux de structure des taux standardisés de 1,11 TBq/GWe.a [Bonka] et compris entre 1,11 et 1,591 TBq/GWe.a [NCRP].

Beaujard retient que le carbone 14 formé dans les éléments de structure reste prisonnier de ceux-ci et que le carbone 14 formé dans le combustible est rejeté intégralement en phase retraitement. Il retient la valeur moyenne (« retenue généralement ») d'une teneur en impuretés azote de **25 ppm**, sachant que ces teneurs varient entre 3 et 50 ppm. Soit un taux standardisé moyen **de 0,75 TBq/GWe.a** (0,6 pour l'azote et 0,15 pour l'oxygène)

Données générales¹⁵ : pour un combustible UOX standard ayant un taux de combustion de 33000 MWj/t la production électrique a été de 925 MWe durant 6200 heures par an avec un retrait de 25 t de combustibles. Soit une production de 655 MWe.a (925 MWe x 6200 / (24 x 365)).

La production standard est donc de 0,02619 GWe.a/t.

Calcul du taux de rejet standardisé de carbone 14 (rejet / (0,02619 x taux de combustion /33000) /tonnage)

	Taux de combustion (MWj/t)	Tonnage retraité (t)	C-14 rejeté Cogéma (TBq)	Taux standardisé Cogéma (TBq/GWe.a)	C-14 Théorique GRNC 3 (TBq)	Taux standardisé GRNC 3 (TBq/GWe.a)	C-14 avec Taux moyen à 0,75 TBq/GWe.a (TBq)
1997	31136	1669,9	26,65	0,65	31,18	0,76	30,95
1998	33088	1633,5	29,76	0,69	31,86	0,74	32,17
1999	34495	1561,5	28,63	0,67	31,47	0,74	32,06
2000	34005	1197,5	27,22	0,84	22,05	0,68	24,24
2001	39908	950,6	20,23	0,67	19,89	0,66	22,58
2002	37599	1060,6	24,75	0,78	20,83	0,66	23,74
2003	38826	1115,2	25,15	0,73	21,86	0,64	25,77
2004	39027	1100,9	26,20	0,77	22,53	0,66	25,57
2005	40801	1112,0	25,27	0,70	23,51	0,65	26,99

Le taux standard « GRNC » correspondait au taux standard attendu dans la littérature de 0,75 TBq/GWe.a de 1997 à 1999, il en diffère depuis 2000. Le taux standardisé « Cogéma » a correspondu à ce taux générique de 2002 à 2004, il s'en écarte de nouveau en 2005.

¹² Jean-Pierre Goumondy, réponse détaillée sur les rejets de carbone 14 des usines de la Hague, pièce-jointe n° 3 à la note IPSN/D/01 – 4673 du 5 novembre 2001

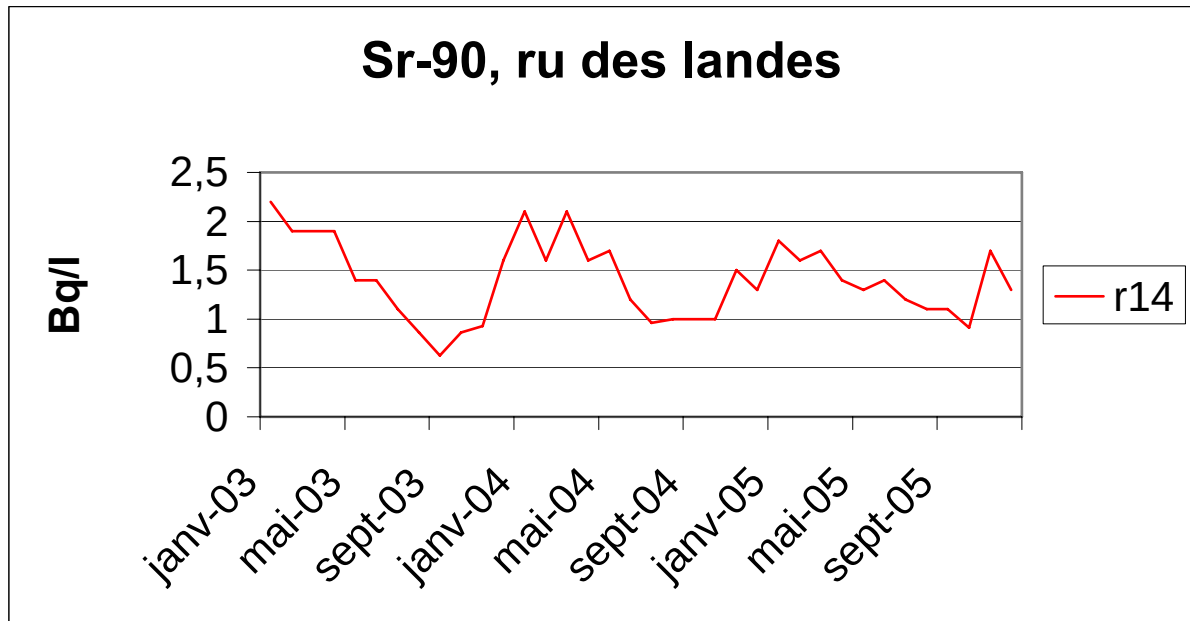
¹³ Communication personnelle, mai 2001

¹⁴ Beaujard Pierre, Etude bibliographique sur le carbone 14, note technique SEGR/SAER/97 n°10, février 1997

¹⁵ Mémentos CEA

Annexe 4

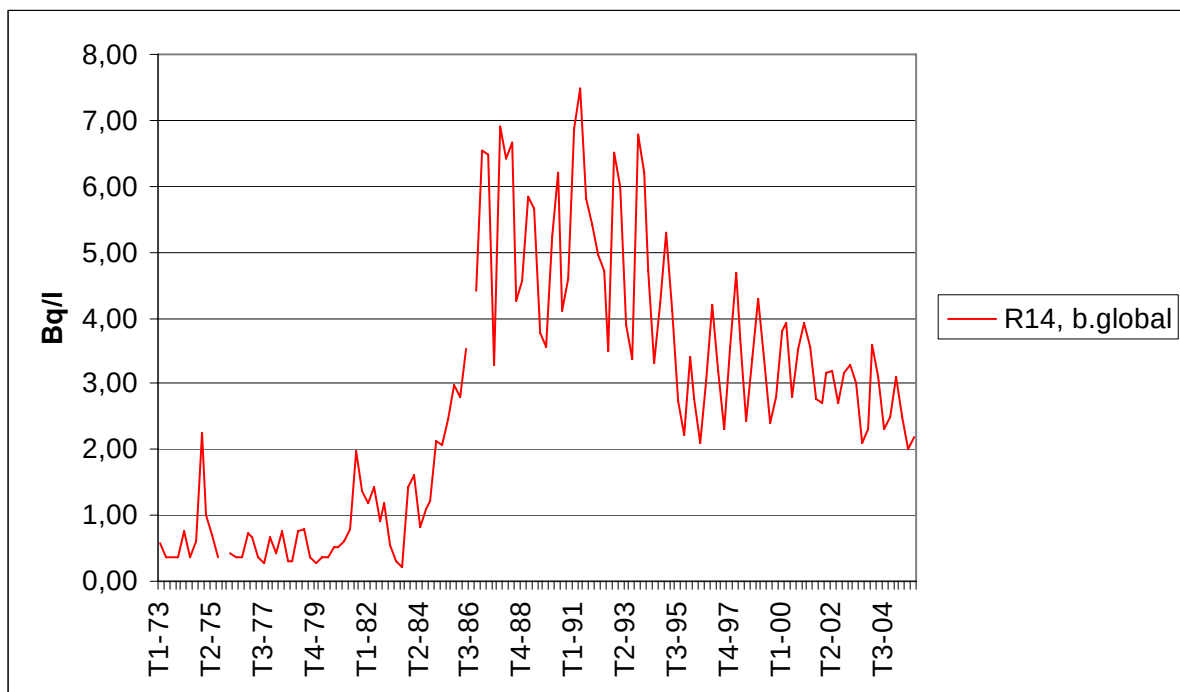
Evolution du taux de Strontium 90 dans le ruisseau des Landes en 2003, 2004 et 2005



Source Cogéma

Graphique n° 13

Bêta global dans le ruisseau des Landes depuis 1973



Source Cogéma

Graphique n° 14