

CENTRE D'ETUDE SUR L'EVALUATION
DE LA PROTECTION DANS LE DOMAINE NUCLEAIRE



RAPPORT N° 269

LE GROUPE RADIOECOLOGIE NORD-COTENTIN : UNE EXPERIENCE ORIGINALE D'EXPERTISE PLURALISTE

J. LOCHARD, T. SCHNEIDER, P. CROUAIL (CEPN)
G. HერიARD DUBREUIL, S. GADBOIS (MUTADIS)
A. OUDIZ (IPSN)

Novembre 2000

Contrat : IPSN-400 9A390810

SIEGE SOCIAL ET ADMINISTRATIF :

ROUTE DU PANORAMA BP 48 F-92263 FONTENAY AUX ROSES CEDEX
TEL : +33 1 46 54 74 67 FAX : +33 1 40 84 90 34
E-MAIL : sec@cepn.asso.fr WEB : <http://www.cepn.asso.fr/>

ASSOCIATION DECLAREE CONFORMEMENT A LA LOI DU 1 JUILLET 1901 SIRET : 310 071 477 00031 N° DE TVA : FR60310071477

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	1
1. PRESENTATION GENERALE	3
1.1. Historique de la création du GRNC	3
1.2. Eléments de présentation de la région Nord-Cotentin	7
1.2.1. Les activités nucléaires	8
1.2.2. Autres activités	9
1.3. Le dispositif de surveillance de l'environnement autour des installations nucléaires en France	10
1.3.1. Les principes généraux de la surveillance de l'environnement	10
1.3.2. La mise en place progressive des contrôles réglementaires dans le Nord-Cotentin	11
1.3.3. Efficacité de la surveillance de l'environnement	12
1.3.4. Surveillance de l'environnement et impact sanitaire	14
1.4. Une expérience antérieure : le Comité COMARE	15
1.5. La composition et le fonctionnement du GRNC	17
1.5.1. Un groupe d'experts pluraliste	17
1.5.2. Les règles de la coopération	19
1.5.3. L'ouverture vers des instances de concertation et les mouvements associatifs	20
2. LA DEMARCHE METHODOLOGIQUE DU GRNC	21
2.1. La problématique de l'évaluation des doses et des risques	21
2.1.1. Les expositions	21
2.1.2. De l'exposition à la dose	25
2.1.3. De la dose au risque	28

2.2.	Les objectifs du GRNC	30
2.2.1.	Premier objectif du GRNC	30
2.2.2.	Deuxième objectif du GRNC	34
2.3.	Le déroulement des travaux	34
2.3.1.	Reconstitution et analyse critique des rejets radioactifs des installations	34
2.3.2.	Inventaire, bilan et analyse des mesures réalisées dans l'environnement	37
2.3.3.	Confrontation des résultats des modèles avec les mesures	39
2.3.4.	Calculs des doses et des risques	41
2.3.5.	Evaluation des doses efficaces individuelles pour les scénarios particuliers	44
3.	LES RESULTATS	47
3.1.	Expositions et risques de leucémie pour la cohorte	47
3.1.1.	Expositions individuelles	47
3.1.2.	Expositions collectives	50
3.1.3.	Risques de leucémie radio-induite pour la cohorte	52
3.1.4.	Analyse de sensibilité	54
3.2.	Expositions liées aux scénarios particuliers	55
3.3.	L'interprétation des résultats en termes de risque	57
3.4.	Les conclusions et les recommandations du GRNC	62
3.5.	Comparaison des résultats du GRNC avec ceux de COMARE	64

4.	LES PERSPECTIVES OUVERTES PAR L'EXPERIENCE DU GRNC	67
4.1.	Le point de vue des experts du mouvement associatif	67
4.1.1.	Le point de vue de Madame SENE	67
4.1.2.	Le point de vue de Monsieur BARBEY	69
4.1.3.	Le point de vue de Monsieur DESBORDES	72
4.2.	Le point de vue du Collectif des "Mères en Colère"	74
4.3.	Quels enseignements tirer du GRNC ?	76
4.3.1.	Vers une forme d'expertise pluraliste	79
4.3.2.	Vers une approche complémentaire de la surveillance des rejets	81
	REFERENCES	83
	ANNEXE : INSTITUTIONS ET ORGANISMES REPRESENTES DANS LE GRNC	85

LISTE DES SIGLES

ACRO	Association pour le Contrôle de la Radioactivité dans l'Ouest
AIEA	Agence Internationale de l'Energie Atomique
ANDRA	Agence Nationale pour la gestion des Déchets Radioactifs
BfS	Office Fédéral de Radioprotection (Allemagne)
CEA	Commissariat à l'Energie Atomique
CEPN	Centre d'étude sur l'Evaluation de la Protection dans le domaine Nucléaire
CIPR	Commission Internationale de Protection Radiologique
CNPE	Centre Nucléaire de Production d'Electricité
CNRS	Centre National de Recherche Scientifique
COGEMA	COmpagnie GENérale des MATières nucléaires
COMARE	Comité sur les aspects médicaux de la radioactivité dans l'environnement (Royaume-Uni)
CRII-RAD	Commission de Recherche et d'Information Indépendante sur la Radioactivité
CSHPF	Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France
CSPI	Commission Spéciale et Permanente d'Information près de l'Etablissement de La Hague
DCN	Direction des Constructions Navales
DOE	Département de l'Energie (Etats-Unis)
DPPR	Direction de la Prévention de la Pollution et des Risques
DSIN	Direction de la Sûreté des Installations Nucléaires
EDF	Electricité de France
GEA	Groupe d'Etudes Atomiques
GRNC	Groupe Radioécologie Nord-Cotentin
GSIN	Groupement de Scientifiques pour l'Information sur l'Energie Nucléaire
INB	Installation Nucléaire de Base
INSERM	Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale

IPSN	Institut de Protection et de Sûreté Nucléaire
ISTE	Institut des Sciences et Techniques de l'Environnement - Université de Montbéliard
LDA	Laboratoire Départemental d'Analyse de la Manche
NRPB	Conseil National de Protection Radiologique (Royaume-Uni)
OFSP	Office Fédéral de la Santé Publique (Suisse)
OPRI	Office de Protection contre les Rayonnements Ionisants
SCPRI	Service Central de Protection contre les Rayonnements Ionisants
UNSCEAR	Comité Scientifique des Nations-Unies sur les Effets des Radiations Atomiques

AVANT-PROPOS

Début juillet 1999, après deux années de travail, le Groupe "Radioécologie Nord-Cotentin" (GRNC) rendait public les résultats de son estimation des niveaux d'exposition aux rayonnements ionisants des enfants (0-24 ans) du canton de Beaumont-Hague du Nord-Cotentin ainsi que du risque de leucémie associé. Ces résultats venaient compléter les conclusions des précédentes démarches d'évaluation décidées par les pouvoirs publics à la suite de la publication en 1997 des travaux épidémiologiques du Professeur Jean-François VIEL de l'Université de Besançon. Ces derniers, qui émettaient l'hypothèse d'une relation causale entre le développement des leucémies parmi les enfants de la région et l'exposition due aux rejets radioactifs des diverses installations nucléaires implantées dans la presqu'île du Cotentin, avaient suscité localement une vive émotion, en particulier parmi les mères de famille résidant autour des installations, et ouvert une controverse entre les divers acteurs locaux et nationaux de la scène nucléaire. Cette étude faisait suite à des travaux de la même équipe montrant une tendance à l'excès de leucémie chez les enfants du canton de Beaumont-Hague, canton sur lequel est située l'usine de retraitement de La Hague.

L'originalité de l'expérience du Groupe Radioécologie Nord-Cotentin réside, sur le plan méthodologique, dans une démarche critique aussi exhaustive que possible et, du point de vue de sa composition et de sa méthode de travail, dans le fait qu'elle constitue une expertise pluraliste dans un domaine très sensible, celui de l'évaluation des impacts de la radioactivité sur la santé. Pendant deux années, des experts d'instituts français et étrangers, du mouvement associatif et de l'industrie nucléaire ont, en commun, construit une méthodologie, rassemblé et analysé une masse importante de données et confronté leurs points de vue sur la façon d'évaluer les modalités d'exposition des populations concernées. Malgré les réserves formulées par certains membres du Groupe en ce qui concerne l'appréciation des résultats et le refus par les experts d'un des mouvements associatifs de s'associer aux conclusions du Groupe, cette expérience a permis de faire la synthèse de données dont certaines n'étaient pas jusque là intégrées dans les études d'impact et de fournir une évaluation de l'impact sanitaire potentiel de l'exposition aux rayonnements ionisants imputable aux rejets des installations nucléaires.

Le présent rapport a été préparé, à la demande de la Présidente du Groupe Radioécologie Nord-Cotentin, par une équipe de rédaction composée de membres du Centre d'étude sur l'Evaluation de la Protection dans le domaine Nucléaire (CEPN), de MUTADIS - groupe de recherche sur la gestion sociale des risques -, ainsi que d'un représentant de l'Institut

de Protection et de Sûreté Nucléaire (IPSN). Ce document doit être distingué du rapport final établi par le GRNC lui-même et sous sa responsabilité pour rendre compte de ses travaux. Le présent rapport décrit donc de façon plus synthétique la démarche et les principaux résultats du GRNC ainsi que les enseignements que l'on peut en tirer. Il vise en particulier à montrer l'originalité de la démarche pluraliste adoptée en rappelant son contexte historique ainsi que ses différences avec l'expérience similaire menée en Grande-Bretagne pour le site nucléaire de Sellafield¹. Par ailleurs, il présente les différentes étapes de l'évaluation des expositions et des risques associés aux rayonnements ionisants. Enfin, il souligne les perspectives ouvertes par l'expérience du Groupe sur le plan de l'implication des acteurs sociaux dans l'évaluation et la gestion du risque radiologique. Ce dernier aspect pourrait ouvrir des nouvelles voies pour le traitement "préventif" des questions relatives aux risques pour la santé et l'environnement inhérents aux activités industrielles.

¹

La question de la comparaison des approches du GRNC et du comité COMARE (Comité sur les aspects médicaux de la radioactivité dans l'environnement au Royaume-Uni) devra être approfondie dans le cadre d'une nouvelle mission adressée au GRNC par la Ministre de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement et la Secrétaire d'Etat à la Santé.

1. PRESENTATION GENERALE

1.1. Historique de la création du GRNC

De nombreuses études épidémiologiques de mortalité par cancer ont été menées autour de sites nucléaires dans différents pays occidentaux. Les études d'incidence portant sur la morbidité ou les études "cas-témoins" permettant d'affiner ces analyses sont plus rares. L'une des premières date de 1984 et a été réalisée autour de l'usine de retraitement de Sellafield au Royaume-Uni [1].

En 1995, l'équipe du Professeur Jean-François VIEL de l'Université de Besançon publiait les résultats d'une recherche menée autour de l'usine de retraitement de La Hague suggérant un excès de leucémie parmi les sujets de moins de 25 ans dans la zone des 10 km (canton de Beaumont-Hague) à la limite du seuil de significativité (4 cas observés entre 1978 et 1992 pour 1,4 cas attendus) [2]. En janvier 1997, la même équipe publiait dans le British Medical Journal les résultats d'une étude épidémiologique "cas-témoins" [3]. Cette dernière mettait en évidence l'association entre certaines habitudes de vie (la fréquentation des plages locales, la consommation de produits de la mer, le fait d'habiter dans une maison de granit) et le risque de développer des leucémies parmi les sujets de moins de 25 ans dans un rayon de 35 km autour de l'usine de retraitement de La Hague. Les auteurs émettaient l'hypothèse d'une relation causale entre cette observation et l'exposition environnementale aux rayonnements ionisants.

La parution des résultats de cette dernière étude dans les médias souleva une vive émotion parmi la population locale, en particulier parmi les mères de familles qui à cette occasion s'organisèrent dans un collectif baptisé "Les Mères en Colère" et publièrent un manifeste "pour une information claire et objective" concernant les rejets des installations de la région et leurs éventuels impacts sanitaires. Sur le plan national, une polémique se développa autour des travaux du Professeur VIEL impliquant scientifiques, experts, opérateurs et mouvements associatifs qui trouva un écho au-delà des frontières. Afin de répondre aux multiples interrogations soulevées par les conclusions de ces travaux, Mme Corinne LEPAGE, Ministre de l'Environnement, et M. Hervé GAYMARD, Secrétaire d'Etat à la Santé et à la Sécurité Sociale, mettaient en place au mois de février 1997, un Comité Scientifique sous la présidence du Professeur Charles SOULEAU, doyen de la faculté de Pharmacie de Chatenay-Malabry, afin de proposer "une nouvelle étude épidémiologique dans le Nord-Cotentin". Le Comité SOULEAU, dont la

composition était précisée dans la lettre de mission, comportait des scientifiques, principalement des épidémiologistes, dont le Professeur Jean-François VIEL.

Dès le début de ses travaux, le Comité, en accord avec les suggestions des Ministres, a pris contact avec les acteurs locaux, en particulier le collectif des "Mères en Colère", et a également ressenti la nécessité d'élargir le champ de sa mission initiale afin d'y inclure une étude radioécologique visant à évaluer de façon rétrospective les expositions reçues par les enfants en provenance des rejets des installations et des différentes sources médicales et naturelles. Cette extension était essentiellement motivée par le souci d'apporter à la population du Nord-Cotentin "des éléments de réponses sur le passé" concernant les risques auxquels elle avait été soumise. La démarche traduisait donc la volonté de répondre au plus près aux préoccupations locales dans le cadre d'une démarche scientifique.

Le Comité s'est doté de deux sous-groupes de travail, l'un centré sur les aspects épidémiologiques et l'autre sur la dimension radioécologique, ce dernier comprenant principalement des experts désignés par les appuis techniques des autorités et les opérateurs, mais également un expert non institutionnel, le secrétariat de ce deuxième sous-groupe étant assuré par l'Institut de Protection et de Sûreté Nucléaire (IPSN). Dans son rapport final [4], le Professeur SOULEAU justifiait cette ouverture vers les opérateurs et les experts non institutionnels en notant : "*... le Comité est bien conscient de la complexité des études et donc de la difficulté en matière de communication vers un large public légitimement inquiet. Il considère à cet égard qu'une condition de la confiance faite aux experts est la présence au sein d'une même instance... d'experts institutionnels et non institutionnels capables de travailler sur des bases scientifiques communes dans la plus grande transparence*". Au niveau du fonctionnement, un devoir de confidentialité avait été requis pour tous les membres du Comité et le groupe plénier validait en dernier ressort les résultats avant de les communiquer à l'extérieur.

En juillet 1997 après six mois d'activité, le rapport final était présenté par le Président du Comité Scientifique à Mme Dominique VOYNET et M. Bernard KOUCHNER, respectivement Ministre de l'Environnement et de l'Aménagement du Territoire et Secrétaire d'Etat à la Santé du nouveau gouvernement formé en juin 1997 [4].

En ce qui concerne le volet épidémiologique, l'une des conclusions du Comité Scientifique était la nécessité de compléter l'étude d'incidence sur les sujets de moins de 25 ans dans le canton de Beaumont-Hague par des données correspondant aux années les

plus récentes (1993 - 1996), non couvertes par les travaux antérieurs du Professeur VIEL. Des recommandations étaient également faites quant à la nécessité d'améliorer le système de surveillance épidémiologique dans l'ensemble du pays et en particulier autour des sites à risque.

En ce qui concerne le volet radioécologique, à partir d'une évaluation basée sur les modèles que les exploitants avaient utilisés dans le cadre des procédures relatives aux autorisations de rejets de l'usine de retraitement de COGEMA - La Hague, le Comité Scientifique estimait que : *"une exposition supplémentaire annuelle de 300 μ Sv durant 15 ans devrait conduire à un excès de 0,07 cas pour 100 000 enfants par an, soit moins d'un cas par an pour les populations des 0 à 24 ans du Nord-Cotentin"*. Par ailleurs, le Comité Scientifique mettait en évidence la cohérence des mesures faites dans l'environnement par les différents intervenants : exploitants, pouvoirs publics, associations. En conclusion de son rapport, le Comité Scientifique recommandait la poursuite de ces travaux et souhaitait notamment que soient exploités systématiquement les résultats des mesures effectuées dans l'environnement pour les comparer aux évaluations obtenues à partir des rejets réels et de la modélisation de leur transfert dans l'environnement. En effet, une partie seulement des mesures avait pu être utilisée et la base de données n'était pas exhaustive. De plus, une analyse critique systématique des modèles utilisés par les exploitants restait à faire. Il convenait dans un souci de transparence d'explicitier le contenu de ces modèles et, dans un souci de vérification de leur représentativité des conditions locales, de comparer leurs prévisions avec les mesures réalisées dans l'environnement. Une expertise pluraliste s'avérait nécessaire pour fonder la confiance dans les résultats d'un tel processus d'évaluation critique.

Le Professeur SOULEAU, n'ayant pas souhaité continuer sa mission, la Ministre de l'Environnement et de l'Aménagement du Territoire et le Secrétaire d'Etat à la Santé décidaient en août 1997 de confier la poursuite des travaux épidémiologiques au Professeur Alfred SPIRA, Directeur de Recherche à l'INSERM, et celle des travaux radioécologiques à Mme Annie SUGIER, Directrice déléguée à la Protection à l'IPSN.

L'objectif des travaux épidémiologiques, dirigés par le Professeur Alfred SPIRA, était de mettre en place une réflexion sur la surveillance des effets des rayonnements ionisants en France et sur la poursuite des études dans le Nord-Cotentin. Le rapport final a été remis en juillet 1998 [5]. Ce rapport présentait notamment les résultats de la prolongation de la surveillance de l'incidence des leucémies dans le Nord-Cotentin sur la période 1993-1996 sur la base du registre des cancers de la Manche.

En ce qui concerne les travaux radioécologiques dirigés par Mme Annie SUGIER, à la demande de cette dernière et avec l'accord des Ministres, l'équipe a encore été élargie afin d'y inclure de nouveaux experts associatifs locaux et nationaux : l'Association pour le Contrôle de la Radioactivité dans l'Ouest (ACRO), le Groupement de Scientifiques pour l'Information sur l'Energie Nucléaire (GSIEN), la Commission de Recherche et d'Information Indépendante sur la Radioactivité (CRII-RAD) ainsi que des experts européens du National Radiological Protection Board (NRPB-Grande-Bretagne), de l'Office Fédéral de Radioprotection (BfS-Allemagne), et de l'Office Fédéral de la Santé Publique (OFSP-Suisse). Certains de ces experts étaient également membres de la Commission Spéciale d'Information près de l'Etablissement de La Hague (CSPI), ce qui permettait d'associer la CSPI à ces travaux et de répondre ainsi à la demande formulée par son président, le député M. CAZENEUVE. La composition de l'équipe, dénommée par la suite « Groupe Radioécologie Nord-Cotentin » (GRNC), répondait à l'objectif de créer un outil d'analyse critique en profondeur des données disponibles sur la situation radioécologique du Nord-Cotentin. La participation d'experts du mouvement associatif et d'experts étrangers a fait l'objet d'une discussion entre les exploitants et les institutions déjà représentés dans le groupe. Il a été convenu que l'objectif du groupe n'était pas nécessairement d'aboutir à un consensus, mais bien de réaliser une analyse critique aussi exhaustive que possible en soulignant au besoin les incertitudes et les points de dissension entre experts.

La mission initiale assignée au GRNC était de reconstituer les doses reçues à partir de l'ensemble des sources industrielles, médicales et naturelles pour estimer le risque de leucémie associé aux rayonnements ionisants pour les jeunes de moins de 25 ans, en admettant, à titre de précaution, l'existence d'un risque quelle que soit la dose et proportionnellement à celle-ci selon l'hypothèse de linéarité sans seuil (Voir section 2.1.3). L'effort critique a principalement porté sur les sources industrielles nucléaires présentes dans le Nord-Cotentin, et plus particulièrement sur l'usine de retraitement de La Hague. Afin d'estimer le risque associé aux rayonnements ionisants, le groupe a développé une analyse rétrospective sur la base d'un inventaire des rejets des installations nucléaires du Nord-Cotentin, et des mesures de radioactivité essentiellement réalisées dans le cadre de la surveillance réglementaire de l'environnement.

Par ailleurs, le GRNC a été chargé en novembre 1997, à la demande de la Ministre de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement ainsi que du Secrétaire d'Etat à la Santé, de mettre à la disposition des autorités les éléments de ses travaux qui pouvaient être utiles dans le cadre de la procédure de révision alors en cours des textes régissant le

fonctionnement de l'usine COGEMA de La Hague.

Le Groupe a remis deux rapports d'avancement dans le courant des années 1997 et 1998 et une note méthodologique en juillet 1998 [6, 7, 8]. Les conclusions des travaux du Groupe ont été adressées à la Ministre de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement et au Secrétaire d'Etat à la Santé le 7 juillet 1999 et simultanément mises à la disposition du public par le biais d'Internet (www.ipsn.fr/nord-cotentin). Le rapport final, qui comporte 4 volumes et un rapport de synthèse a été diffusé en octobre 1999 [9].

1.2. Eléments de présentation de la région Nord-Cotentin

Région essentiellement rurale, la presqu'île du Nord-Cotentin, située à l'extrémité Nord-Ouest de la Normandie, présente avec l'agglomération de Cherbourg (100 000 habitants) un pôle économique majeur du département de la Manche (470 000 habitants environ). La filière de l'énergie nucléaire constitue une composante dominante de ses activités industrielles. Le canton de Beaumont-Hague sur lequel a plus particulièrement porté l'étude est constitué de 19 communes, soit environ 11 000 habitants (voir Figure 1).



Figure 1. Le canton de Beaumont-Hague

1.2.1. Les activités nucléaires

A l'exception d'Alcatel Télécom (400 emplois), la plupart des grandes entreprises installées dans la région sont associées à l'utilisation civile et militaire de l'énergie nucléaire : l'Arsenal de Cherbourg, l'usine de retraitement de La Hague, le Centre de stockage de la Manche et la Centrale nucléaire de Flamanville.

La Direction des Constructions Navales (DCN)

Le développement du nucléaire dans le Nord-Cotentin débute avec la construction de sous-marins par l'Arsenal de Cherbourg en 1958. La Direction des Constructions Navales (DCN) dispose aujourd'hui au port militaire de Cherbourg d'une importante activité de construction de nouveaux bâtiments, d'entretien de la flotte et de démantèlement des unités mises hors service.

Les usines de retraitement de combustibles usés de COGEMA

C'est en 1959 que le CEA décide la construction d'une deuxième usine destinée à retraiter les combustibles usés des réacteurs de la filière "Uranium Naturel - Graphite - Gaz" (UNGG), la première usine (UP1) étant installée à Marcoule. Celle de La Hague (UP2) entre en fonctionnement en 1966 pour le traitement des combustibles UNGG puis à partir de 1976 pour celui des combustibles des réacteurs à eau légère (UP2-400). La responsabilité de l'exploitation est transférée à COGEMA en 1978. Deux nouvelles usines sont construites au cours des années 80 : l'usine UP3-A pour le retraitement des combustibles à eau légère étrangers qui entre en service en 1989 et l'usine UP2-800 pour le retraitement des combustibles à eau légère qui démarre en 1994. Les usines de retraitement de combustibles usés se situent à La Hague à 20 km à l'Ouest de Cherbourg, à l'extrémité Nord-Ouest de la presqu'île du Cotentin. Elles s'étendent sur une superficie de 290 hectares (220 hectares, auxquels s'ajoute une zone de liaison avec la mer couvrant 70 hectares). Environ 6000 personnes travaillent en permanence sur le site : 3000 personnes appartenant au personnel COGEMA, 2000 personnes appartenant aux entreprises sous-traitantes assurant la maintenance et 1000 personnes contribuant à la réalisation des derniers investissements. Au total, en 1996 ces trois usines ont retraité 1680 tonnes de combustibles usés.

Le centre de stockage de la Manche de l'ANDRA

En 1969 est autorisée l'implantation du premier centre français destiné au stockage en surface de déchets radioactifs de faible et moyenne activité, à vie courte ou moyenne. Ce centre a d'abord été exploité par la société INFRATOME sous la responsabilité du CEA, puis par l'ANDRA à partir de 1979. Il est installé à l'extrémité de la presqu'île du Cotentin (canton de Beaumont-Hague) sur une surface de 15 hectares environ. Son exploitation s'est achevée en juillet 1994, le stockage du dernier colis ayant porté à 527 214 m³ le volume total des déchets stockés. Parallèlement, la mise en place de la couverture, commencée en 1991, a été achevée en 1997. Le Centre est donc désormais passé dans la phase de surveillance qui est prévue pour durer 300 ans. Durant cette phase, l'objectif essentiel de l'ANDRA consistera à apprécier l'évolution des propriétés de la couverture, vérifier le comportement d'ensemble du stockage et, éventuellement, procéder à des interventions d'entretien si nécessaire.

La centrale nucléaire de Flamanville d'Electricité de France

Le centre nucléaire de production d'électricité de Flamanville (CNPE) comprend 2 réacteurs de type eau pressurisée d'une puissance de 1300 MWe chacune. La première tranche est en activité depuis décembre 1985. La seconde tranche a été mise en service en juin 1986. La Centrale est située sur le territoire de la commune de Flamanville, canton des Pieux, département de la Manche, à 21 km au Sud-Ouest du port de Cherbourg, sur la côte Ouest du Cotentin. Le site emploie près de 600 personnes.

1.2.2. Autres activités

Les activités portuaires traditionnelles – construction navale militaire (DCN, Arsenal) et civile (Constructions Mécaniques de Normandie) – représentent 4750 emplois. Tout un tissu local d'entreprises sous-traitantes s'est greffé autour de l'industrie portuaire comme autour de la filière nucléaire. Le bassin d'emploi de Cherbourg compte ainsi 200 000 personnes.

Par ailleurs, le Nord-Cotentin possède une activité agroalimentaire importante tournée vers l'élevage et la production de lait. La Manche est un des principaux départements producteurs de lait en France. Dans le canton de Beaumont-Hague, les prairies représentent plus des deux tiers de la superficie agricole, tandis que près de 20 % des surfaces sont consacrées à la culture fourragère et 10 % aux céréales. On note également

la présence de cultures maraîchères autour de Cherbourg. Les activités de pêche (y compris l'élevage de truites en mer, l'ostréiculture et la mytiliculture) constituent une part non négligeable de l'économie locale. Enfin le tourisme occupe une place croissante dans l'économie de la région, Cherbourg étant notamment le premier port d'escale de France pour le nombre de plaisanciers de passage.

1.3. Le dispositif de surveillance de l'environnement autour des installations nucléaires en France

Pour mener à bien sa démarche d'évaluation le GRNC s'est largement appuyé sur les données disponibles concernant les rejets radioactifs des installations nucléaires présentées ci-dessus ainsi que sur les mesures de radioactivité réalisées dans l'environnement de ces installations. La plupart de ces données ont été produites dans le contexte de la réglementation des rejets d'effluents radioactifs gazeux et liquides des Installations Nucléaires de Base (INB) [10]. Les paragraphes suivants présentent les principales dispositions réglementaires qui ont été progressivement mises en place en France pour la surveillance de l'environnement.

1.3.1. Les principes généraux de la surveillance de l'environnement

En règle générale, préalablement à la création d'une installation nucléaire, un «point zéro» radioécologique est effectué par l'exploitant ainsi que par les autorités. Ce point zéro permet d'établir le niveau de radioactivité ambiant résultant de la présence de la radioactivité naturelle et de celle provenant de pratiques ou d'événements antérieurs ayant affecté le site prévu (retombées des essais atomiques atmosphériques par exemple). Préalablement à la mise en service de l'installation, une étude d'impact radioécologique permet d'estimer de façon prévisionnelle les expositions qui seront reçues par les différents groupes de population qui vivent à proximité de l'installation compte tenu des rejets autorisés par les pouvoirs publics.

Cette estimation est effectuée à partir de modèles généraux souvent basés sur des comparaisons nationales et internationales de retours d'expérience d'installations de même type appliqués à la configuration du site. Etant essentiellement théoriques, ces évaluations sont basées sur des hypothèses fortement conservatrices intégrant des marges de sécurité importantes à titre de précaution.

En ce qui concerne le contrôle de la radioactivité, une fois l'installation mise en service, elle est effectuée par l'exploitant dans les installations elles-mêmes et également aux points où sont effectués les rejets, avant et pendant ces derniers. Les autorités effectuent également des contrôles dans l'environnement des installations. Le choix des points de surveillance, déterminés en accord avec les autorités, doit répondre à plusieurs critères :

- points où l'on peut s'attendre à trouver les niveaux de radioactivité maximaux : stations sous le vent des rejets atmosphériques, points en limite de l'installation ou de retombée du panache...,
- points de dilution optimale choisis pour vérifier que la dilution dans les milieux aquatique et atmosphérique s'opère dans de bonnes conditions.

Toutes ces mesures sont mises en place pour vérifier a posteriori que la radioactivité rejetée se disperse ou se dilue conformément aux prévisions et qu'il n'y a pas d'augmentation anormale des niveaux de radioactivité de l'environnement au cours du temps.

En cours de fonctionnement, des études radioécologiques à périodicité décennale et éventuellement annuelle sont réalisées pour les installations nucléaires. L'étude décennale a pour but de comparer les mesures sur divers échantillons aux valeurs trouvées lors de l'étude décennale précédente et lors du « point zéro » initial. L'étude annuelle, plus légère, poursuit le même but que la précédente : vérifier qu'il n'y a pas d'augmentation imprévue des niveaux de radioactivité autour du site.

1.3.2. La mise en place progressive des contrôles réglementaires dans le Nord-Cotentin

Les premiers contrôles du milieu marin opérés dans la région du Nord-Cotentin par les opérateurs de l'usine de retraitement de La Hague et de l'Arsenal de Cherbourg et par le Ministère de la Santé datent du milieu des années 60. Ils portaient sur l'eau de mer, les sédiments, les crustacés, les mollusques et les algues. L'usine de retraitement de La Hague a également entrepris ses premiers contrôles systématiques d'eau de boisson et de lait de vache à partir de 1966. Le Centre de Stockage de la Manche a mis en place le contrôle des petits cours d'eau à proximité immédiate de son site (Roteures, Sainte Hélène) à partir de 1970.

A l'époque, les émissions atmosphériques et les rejets dans le milieu aquatique par les établissements industriels devaient répondre aux dispositions réglementaires prévues dans

la loi de 1961 relative à la lutte contre les pollutions atmosphériques et les odeurs (loi n° 61-842 du 2 août 1961) ainsi qu'à la loi de 1964 relative au régime et à la répartition des eaux et à la lutte contre leur pollution (loi n° 64-1245 du 16 décembre 1964). Par ailleurs, un décret de 1963 stipulait que la création ou la modification d'une installation nucléaire de base était soumise à autorisation préalable (décret n° 63-1228 du 11 décembre 1963).

La surveillance de la radioactivité dans l'environnement a ensuite été entreprise de manière systématique dès la parution des premiers textes réglementaires relatifs aux rejets radioactifs gazeux et liquides des INB (décrets n° 74-945 du 6 novembre 1974 et n° 74-1181 du 31 décembre 1974). Ces textes généraux ont été remplacés par le décret n° 95-540 du 4 mai 1995. Les décrets concernant les rejets d'effluents radioactifs liquides et gazeux font obligation aux exploitants de procéder à des contrôles de pollution de l'environnement immédiat.

Des arrêtés d'autorisation de rejet propres à chaque site fixent les limites annuelles des activités rejetées et les conditions dans lesquelles elles s'effectuent. Ces arrêtés ont été adoptés en 1980 et complétés en 1984 pour l'usine de retraitement de La Hague, en 1985 pour le CNPE de Flamanville et en 1969 pour le Centre de Stockage de la Manche.

1.3.3. Efficacité de la surveillance de l'environnement

Plusieurs raisons conduisent à s'interroger régulièrement sur la pertinence des prescriptions réglementaires initiales de surveillance de l'environnement des installations nucléaires. En effet, la réalisation d'investissements tout au long de la vie d'une installation se traduit par des améliorations qui impliquent un redéploiement graduel des priorités ainsi que des besoins de mesures de l'environnement.

Tel problème prioritaire lors des années qui suivent la mise en service de l'installation va justifier un dispositif de surveillance spécifique puis, par la suite, va s'estomper au fur et à mesure des investissements réalisés par l'exploitant à la demande des autorités ou du fait d'une modernisation de ses équipements. Les ressources dédiées à la surveillance doivent donc tenir compte de l'évolution des conditions d'exploitation au cours du temps. C'est ainsi que, par exemple, dans le cas des installations COGEMA de La Hague, les rejets liquides ont été au début de l'exploitation au centre de l'attention de la surveillance et du contrôle. Avec le temps et compte tenu des progrès réalisés dans le domaine du traitement des effluents radioactifs liquides qui ont permis de réduire significativement la quantité

des rejets, il apparaît désormais que les rejets radioactifs gazeux sont devenus prédominants pour l'exposition des populations

Par ailleurs, des contrôles complémentaires à ceux prévus initialement sont apparus au cours du temps pour tenir compte de l'évolution de l'installation. Ainsi chaque année le plan de surveillance de l'environnement de l'usine est modifié par COGEMA, après avis de l'OPRI, pour tenir compte au mieux des réflexions et du retour d'expérience de l'année écoulée.

Enfin, la mise en œuvre par les exploitants des installations nucléaires à partir des années quatre-vingt de la démarche d'optimisation de la radioprotection du public a conduit à recourir à une évaluation de plus en plus réaliste des transferts des radioéléments dans l'environnement et des expositions des populations en tenant compte des habitudes de vie locales. Des mesures réalistes et fines contribuent à révéler où se situent les marges de manœuvre et les mesures les plus efficaces au regard de la protection du public. Il faut aussi noter que dans le cadre de l'optimisation, ces marges de manœuvre doivent être examinées non seulement au regard de la protection du public, mais aussi en tenant compte des risques de transfert d'exposition vis-à-vis des personnels chargés de la gestion des effluents radioactifs, et dans le souci d'une utilisation efficace des ressources de protection.

Des évolutions récentes du cadre réglementaire européen prescrivent un réalisme encore plus grand dans l'évaluation de l'impact des rejets des installations nucléaires [11], ceci notamment afin d'augmenter la pertinence des études comparatives des rejets des installations réalisées au plan international dont la validité est conditionnée par leur réalisation sur des bases cohérentes. En effet, une comparaison basée sur des données conservatoires, sans connaître l'importance relative des facteurs de sécurité introduits, présente un intérêt limité. Le réalisme est un objectif accessible du fait que, après la mise en service des installations, de nombreuses mesures de l'environnement sont disponibles et permettent un calage des modèles utilisés pour évaluer les transferts de radioactivité dans l'environnement, en substituant des données réelles aux hypothèses prudentes adoptées initialement. D'un point de vue réglementaire, c'est l'arrêté interministériel d'application du décret du 4 mai 1995 pris en date du 26 novembre 1999 qui fixe les prescriptions techniques générales relatives aux modalités des prélèvements d'eau et des rejets d'effluents liquides et gazeux soumis à autorisation.

1.3.4. Surveillance de l'environnement et impact sanitaire

Du fait des évolutions réglementaires rappelées ci-dessus, les dispositifs de surveillance de l'environnement sont de plus en plus confrontés à la nécessité de produire des évaluations réalistes de l'impact sanitaire des rejets industriels. Dans ce contexte, les mesures de surveillance de l'environnement constituent l'un des éléments essentiels pour estimer l'impact des rejets en termes de doses et de risques.

Afin de répondre à ce souci de réalisme, il s'est avéré nécessaire de recourir à des techniques de prélèvements et de mesures plus performantes pour déterminer l'impact réel des rejets sur l'environnement et sur l'homme. Les progrès réalisés dans ce domaine au cours des dernières décennies permettent de détecter des niveaux de radioactivité extrêmement faibles. Il faut cependant différencier deux optiques en matière de mesures :

- celles réalisées pour vérifier quasiment en temps réel qu'il n'y a pas d'incident de fonctionnement ; dans ce cas il n'est pas vraiment nécessaire de chercher à abaisser les limites de détection et les mesures généralement automatiques reposent sur un réseau serré des points de prélèvement ;
- celles réalisées afin d'évaluer rétrospectivement l'impact sanitaire et sur l'environnement des rejets radioactifs. Dans ce cas l'obtention de valeurs significatives nécessite de recueillir de nombreux échantillons et de mettre en œuvre des techniques de mesures qui permettent de détecter des très faibles niveaux de radioactivité. Ces mesures sont évidemment plus délicates et plus longues à réaliser et requièrent des moyens techniques beaucoup plus importants. Elles seules permettent de construire et de valider les modèles de dispersion et d'évaluer l'impact réel de l'installation.

D'une façon générale, l'implication croissante des acteurs sociaux et notamment du mouvement associatif dans les processus d'évaluation et de contrôle des installations nucléaires se traduit par la multiplication des débats concernant d'une part, la représentativité des mesures réalisées dans l'environnement autour des installations et, d'autre part, la fiabilité des estimations concernant les expositions de la population qui résultent finalement des rejets dans l'environnement compte tenu des phénomènes de transferts radioécologiques qui leur sont propres. On conçoit que pour ce type de débat il soit de plus en plus important de pouvoir suivre de façon aussi précise que possible le devenir dans l'environnement et la contribution à l'exposition des individus de chaque type de radioélément rejeté.

1.4. Une expérience antérieure : le Comité COMARE

Le contexte spécifique de la création du GRNC a été rappelé dans le chapitre introductif du présent rapport. Les caractéristiques de ce groupe, tant en ce qui concerne la nature de ses intervenants que son mode de fonctionnement, se distinguent assez largement de l'expérience similaire antérieure menée au Royaume-Uni avec le Comité COMARE.

En Novembre 1983, une émission de télévision signale un nombre anormalement élevé de leucémies chez les enfants de moins de 10 ans dans le village de Seascale situé à 3 km du centre de retraitement de combustible nucléaire usé de Sellafield. Suite à cette annonce, le Ministère de la Santé britannique met en place un Groupe indépendant de conseillers (Independent Advisory Group) présidé par Sir Douglas Black avec pour objectif de vérifier l'incidence des leucémies et l'hypothèse d'une relation éventuelle entre ces leucémies et les rejets radioactifs de l'installation de Sellafield. Dans le cadre de cette mission, les calculs d'exposition de la population et l'estimation du risque associé ont été réalisés par le National Radiological Protection Board (NRPB), organisme national d'expertise en protection radiologique. Dans son rapport final (1984) [1], le Groupe confirme l'excès de leucémies mais conclut que sur la base des estimations qu'il a effectuées, il n'est pas possible d'établir une relation de cause à effet avec les rejets de l'installation de Sellafield. Cependant, compte tenu des incertitudes concernant plusieurs éléments de son évaluation, le Groupe recommande des études complémentaires.

En réponse aux recommandations du rapport Black, un Comité médical sur la radioactivité dans l'environnement (Committee on Medical Aspects of Radiation in the Environment - COMARE) est établi en novembre 1985 afin de conseiller le gouvernement britannique sur les effets sanitaires de la radioactivité naturelle et artificielle dans l'environnement, d'évaluer la pertinence des données disponibles et enfin d'identifier les besoins en matière de recherche dans ce domaine.

Le Comité COMARE est un comité permanent, composé d'une quinzaine de scientifiques et d'universitaires, la majorité d'entre eux travaillant dans le domaine de la radiobiologie et de la cancérologie. Le Comité est saisi régulièrement par le gouvernement pour examiner des questions particulières en fonction d'événements ou de nouvelles connaissances concernant les effets de la radioactivité dans l'environnement. Dans le cadre de ses travaux, le Comité s'appuie sur un secrétariat et des groupes de travail *ad hoc* constitués de membres du comité, du secrétariat ainsi que d'experts extérieurs en fonction des besoins. Tous les membres du Comité et des divers groupes de travail s'engagent à

respecter un "Code de bonne conduite" qui garantit leur indépendance vis-à-vis des exploitants nucléaires. Initialement le secrétariat était assuré par le Ministère de la Santé. Depuis 1996, c'est le NRPB qui en a la charge.

Depuis sa création, le Comité COMARE a publié six rapports. Le premier, en 1986, concernait les rejets d'oxyde d'uranium du centre de Sellafield qui n'avaient pas été pris en compte dans le rapport Black [12] et concluait que cette information complémentaire ne changeait pas les conclusions précédentes. Le deuxième rapport, publié en 1988, portait sur les risques de leucémie pour les enfants habitant à proximité de l'installation nucléaire de Dounreay en Ecosse [13]. Il concluait à une incidence significativement plus élevée que la moyenne mais à l'absence de causalité entre les rejets de l'installation et les leucémies sur la base des données scientifiques disponibles à l'époque. Le troisième rapport portait sur les sites de Aldermaston et de Burghfield [14], présentait les résultats de l'évaluation des expositions dues aux installations et les mettait en perspective avec celles dues à la radioactivité naturelle. Il concluait entre autres à la nécessité, pour mieux appréhender la question du surcroît de leucémie autour des installations nucléaires, de disposer d'informations précises sur la distribution géographique de l'incidence de la leucémie sur l'ensemble du territoire du Royaume-Uni. Le quatrième rapport publié en 1996 visait essentiellement à réévaluer l'étude initiale autour de Sellafield à la lumière de toutes les données et les connaissances nouvelles accumulées depuis lors [15] et concluait que l'estimation du risque dû aux rejets des installations était trop faible pour expliquer l'excès de risque observé. Le cinquième rapport a examiné la situation autour du site de Greenham et le sixième a réactualisé l'étude concernant le site de Dounreay.

Il est intéressant de noter que la composition du Comité COMARE privilégie l'expertise scientifique dans une optique d'indépendance la plus complète par rapport aux opérateurs des installations nucléaires. Cette indépendance est considérée être un élément important quant à la confiance que l'on peut accorder aux résultats publiés. Quant aux opérateurs, ils peuvent néanmoins être impliqués dans le cadre des groupes de travail essentiellement pour fournir les données industrielles indispensables pour effectuer les évaluations nécessaires. Le rôle du secrétariat est d'assurer la coordination des experts et la réalisation technique des travaux d'évaluation. La prise en charge de ce secrétariat par le NRPB montre l'importance de pouvoir asseoir les travaux sur un organisme d'expertise technique spécialisé dans la protection radiologique. Dans le déroulement des travaux, il n'est fait appel ni aux acteurs locaux, ni à des experts étrangers. L'ensemble des travaux est finalement validé par le seul Comité qui intervient donc comme le garant de la qualité scientifique des résultats.

1.5. La composition et le fonctionnement du GRNC

1.5.1. Un groupe d'experts pluraliste

Poursuivant les travaux initiés par le Comité Scientifique SOULEAU dans le domaine de la radioécologie, le GRNC en a repris le principe d'une participation pluraliste intégrant non seulement les organismes publics d'expertise mais également des experts représentant les différents groupes d'acteurs concernés par ce processus d'évaluation, notamment les exploitants nucléaires de la région Nord-Cotentin, des experts de la Commission Spéciale et Permanente d'Information près de l'Etablissement de La Hague, des laboratoires et organismes non institutionnels et des organismes étrangers (Tableau 1).

La volonté d'une expertise pluraliste constitue une différence notable avec la démarche adoptée par le Comité COMARE. Elle traduit en fait l'évolution qui s'est opérée au cours de la dernière décennie concernant ce qui est généralement et peut-être improprement appelé la communication sur le risque. Dans les années quatre-vingt, il était couramment admis que l'attitude du public par rapport aux activités présentant des risques était largement fondée sur la perception qu'il avait vis-à-vis de ceux qui communiquaient sur ce risque. La confiance apparaissait devoir découler de la nature scientifique des informations et de l'intégrité de ceux qui la donnaient.

Tableau 1. Origine des experts participant au GRNC

<u>Les organismes publics d'expertise et de contrôle</u>	
Office de Protection contre les Rayonnements Ionisants	OPRI
Institut de Protection et de Sûreté Nucléaire	IPSN
Service d'écotoxicologie – Phrama-Nantes - EP 61	CNRS
<u>Les exploitants nucléaires du Nord-Cotentin</u>	
Compagnie Générale des Matières Nucléaires	COGEMA
Agence Nationale pour la gestion des Déchets Radioactifs	ANDRA
Electricité De France	EDF
Groupe d'Etudes Atomiques	GEA
<u>La Commission Spéciale et Permanente d'Information près de l'Etablissement de La Hague</u>	CSPI
<u>Les laboratoires et organismes d'expertise non institutionnels et universitaires</u>	
Association pour le Contrôle de la Radioactivité dans l'Ouest	ACRO
Commission de Recherche et d'Information Indépendante sur la Radioactivité	CRII-RAD
Groupement de Scientifiques pour l'Information sur l'Energie Nucléaire	GSIEN
Laboratoire Départemental d'Analyse de la Manche	LDA
Centre d'étude sur l'Evaluation de la Protection dans le domaine Nucléaire	CEPN
Université de Montbéliard - Institut des Sciences et Techniques de l'Environnement	ISTE
<u>Les organismes d'expertise étrangers</u>	
National Radiological Protection Board (Royaume-Uni)	NRPB
Bundesamt für Strahlenschutz (Allemagne)	BfS
Office Fédéral de la Santé Publique (Suisse)	OFSP

Il est aussi intéressant de souligner que dans le GRNC l'expertise pluraliste s'exerce au sein du groupe plénier et non pas seulement dans le cadre de sous-groupes de travail comme ce fut le cas dans les démarches antérieures (COMARE et Comité Scientifique SOULEAU). Ainsi, la démarche d'évaluation critique est-elle plutôt fondée sur un principe de réelle coopération entre les différentes sensibilités représentées dans l'expertise que sur celui d'une simple consultation élargie. Cette dimension de pluralité

associée au principe d'un fonctionnement collégial constitue un facteur important de la qualité et de la crédibilité des travaux réalisés.

1.5.2. Les règles de la coopération

Afin de réaliser les différents aspects de sa mission, le GRNC a adopté une double structure. Un Groupe Plénier, se réunissant régulièrement (20 réunions au total), a assuré la direction des travaux, quatre groupes de travail spécialisés, comprenant des membres du groupe plénier et d'autres experts qui ont respectivement mené à bien les objectifs suivants :

- examen critique des rejets déclarés par les exploitants des installations nucléaires du Nord-Cotentin,
- rassemblement et interprétation des mesures environnementales réalisées par les différents intervenants,
- comparaison des modèles rendant compte des transferts des rejets radioactifs dans l'environnement et permettant d'estimer les expositions résultantes pour les populations de la région et confrontation des résultats des modèles avec les mesures réalisées dans l'environnement,
- évaluation des doses reçues par la population et du risque de leucémies au sein de cette dernière.

Il est apparu assez rapidement aux membres du GRNC que la traçabilité de ses activités et la disponibilité des informations constituaient des garanties premières d'un débat transparent et de la crédibilité du travail du groupe. Il a donc été décidé que les séances des groupes de travail feraient chacune l'objet d'un compte-rendu d'avancement. Les réunions du groupe plénier ont été intégralement sténotypées et ont donné lieu à un compte-rendu détaillé. Des relevés de conclusions publiés dans les 48 heures ont permis de refléter les points de consensus et de dissension apparus lors des sessions. Ces documents pouvaient être utilisés par chacun des membres du groupe pour toute communication à l'extérieur.

Dès la création du GRNC, il a été en effet admis que tout membre du groupe pouvait communiquer sur l'état d'avancement des réflexions à condition de ne pas anticiper sur les conclusions non validées sur le plan scientifique de l'exercice en cours. Il a été décidé que les membres du GRNC ne seraient soumis à aucune obligation de confidentialité. Enfin l'ensemble des courriers adressés aux membres du groupe ou à sa Présidente ont été mis en commun au sein du groupe.

Le fonctionnement en groupes de travail a sollicité la participation active des membres du GRNC à la production et à la vérification des données. Dans chaque groupe de travail, plusieurs tests de vérification ont permis de s'assurer de la qualité des résultats. Par ailleurs, l'IPSN, en tant qu'Institut, a contribué aux vérifications en effectuant une relecture et en menant des tests de cohérence, notamment sur les ordres de grandeur. Enfin, les participants au processus se sont engagés à mettre à la disposition du GRNC l'ensemble de leurs données : mesures des rejets et mesures dans l'environnement. Le financement de la démarche a été partiellement assuré par un soutien de la part de la Direction de la Sûreté des Installations Nucléaires (DSIN) et de la Direction de la Prévention de la Pollution et des Risques - Ministère de l'Environnement (DPPR). Une convention a été signée à ce sujet entre l'IPSN et ces deux directions. Au cours des deux années de fonctionnement du groupe, le temps consacré par ses membres pour mener à bien l'évaluation a été pris en charge par leurs institutions respectives. Ainsi, le coût total des travaux du Groupe est difficile à évaluer précisément, mais s'élève très certainement à plusieurs millions de francs.

1.5.3. L'ouverture vers des instances de concertation et les mouvements associatifs

Le GRNC a été en contact régulier avec les organisations locales concernées par sa mission. A plusieurs reprises, un état d'avancement des travaux du groupe a été présenté par la Présidente du GRNC en Commission Spéciale et Permanente d'Information près de l'Etablissement de La Hague (CSPI). La présence d'observateurs et de la presse aux réunions de la CSPI a été l'occasion de diffuser largement l'information sur l'avancement des travaux du GRNC auprès du public.

Les associations locales, telle que le Collectif des "Mères en Colère", et nationales telle que Greenpeace, impliquées dans le débat qui a suivi la publication de l'étude du Professeur Jean-François VIEL, qui assistent en tant qu'observateurs aux réunions de la CSPI, ont été informées au fur et à mesure de l'avancée et des résultats intermédiaires du GRNC. Certaines de leurs interrogations ont contribué à enrichir le travail critique réalisé par les experts. Une information directe et régulière du Collectif des "Mères en Colère" a été assurée par la Présidente.

2. LA DEMARCHE METHODOLOGIQUE DU GRNC

2.1. La problématique de l'évaluation des doses et des risques

2.1.1. Les expositions

En plus de la radioactivité naturellement présente dans le corps humain, les individus sont exposés à des sources radioactives d'origine très diverse. On peut classer les expositions qui en résultent en trois grandes catégories : les expositions liées à la présence de radioactivité dans l'environnement, les expositions associées à des pratiques médicales ou les expositions liées à une activité professionnelle.

Les expositions environnementales

Dans notre vie quotidienne, nous sommes tous exposés aux rayonnements ionisants qui proviennent de la radioactivité présente naturellement dans notre environnement et de diverses activités humaines. On trouve ainsi des éléments radioactifs dans tous les milieux : l'air, l'eau, le sol et la chaîne alimentaire. Il est possible de mesurer la radioactivité présente dans l'environnement. Cette mesure peut être effectuée pour chaque élément radioactif, appelé radionucléide, et nécessite selon les milieux et le radionucléide concerné des moyens techniques plus ou moins faciles à mettre en œuvre, notamment en fonction du seuil de détection des appareils de mesure utilisés. Les unités de mesures couramment utilisées sont les suivantes : becquerel par litre (Bq/L) dans le milieu liquide, becquerel par kilogramme (Bq/kg) dans les produits alimentaires, becquerel par mètre cube (Bq/m³) dans l'air et dans l'eau et enfin becquerel par mètre carré (Bq/m²) au niveau du sol. La présence de la radioactivité dans l'environnement conduit à une irradiation externe, ou à une irradiation interne par l'inhalation d'air ou l'ingestion d'aliments ou d'eau qui contiennent des produits radioactifs.

Les sources naturelles de rayonnements comprennent :

- les rayonnements provenant du cosmos en particulier du soleil (appelés rayonnement cosmiques) qui varient avec l'altitude et la latitude,
- les rayonnements en provenance de la terre (dits rayonnements telluriques) plus ou moins importants en fonction de la nature du sol,
- le radon qui est un gaz radioactif, que l'on peut retrouver dans certaines habitations ou certains lieux de travail en quantité plus ou moins importante, selon la nature des matériaux,
- les radionucléides naturels présents dans l'environnement (eau, végétaux, animaux).

Les sources de rayonnements provenant des activités humaines sont les suivantes :

- les retombées des essais atmosphériques d'armes nucléaires qui se répartissent essentiellement sur l'ensemble de l'hémisphère Nord ainsi que les retombées de l'accident de Tchernobyl qui ont affecté essentiellement le continent européen,
- les résidus des activités anciennes qui contiennent des produits radioactifs et qui peuvent être localisés (anciens sites industriels) ou dilués dans le milieu (déchets radioactifs immergés),
- les rejets radioactifs liquides et gazeux des installations nucléaires et industrielles en fonctionnement normal ou accidentel.

En ce qui concerne les retombées radioactives, les résidus ou les rejets, le niveau d'activité correspondant aux radionucléides rejetés dans l'environnement une année donnée diminue progressivement compte tenu du phénomène de décroissance radioactive. Ainsi par exemple, la radioactivité due à la présence de césium 137 (^{137}Cs) mesurée une année donnée est divisée par deux après une période d'environ 30 ans, alors que celle due au ruthénium 106 (^{106}Ru) est divisée par deux au bout d'une année seulement.

L'ensemble des radionucléides rejetés dans l'environnement peut migrer d'un compartiment de l'environnement à l'autre en fonction de phénomènes physico-chimiques plus ou moins complexes. Les compartiments de l'environnement concernés diffèrent selon qu'il s'agit de rejets dans l'atmosphère ou de rejets dans le milieu aquatique (rivières ou mers). Les radionucléides rejetés sont donc susceptibles de se retrouver successivement dans l'air ambiant, sur le sol ou encore dans l'eau des rivières ou des mers. Selon l'environnement et la nature des radionucléides (notamment selon leur forme physico-chimique), les radionucléides rejetés dans l'atmosphère vont se concentrer plus ou moins dans les différentes cultures (céréales, légumes feuilles,...). De même, en milieu aquatique, les radionucléides rejetés vont se retrouver dans les poissons, les algues, les mollusques ou les crustacés, ainsi que dans les sédiments marins. Par transferts successifs, les radionucléides peuvent finir par atteindre les populations qui seront plus ou moins exposées en fonction de leurs habitudes de vie et en particulier de leurs habitudes alimentaires. Les principales voies d'exposition de l'homme sont :

- l'ingestion de produits contenant des radionucléides. L'importance de l'exposition dépend alors de la nature des produits consommés et de la ration alimentaire,
- l'inhalation de radioactivité présente dans l'air ambiant qui peut varier en fonction du débit respiratoire de chacun,

- l'exposition externe par des radionucléides présents dans l'environnement direct des individus. Dans ce cas l'exposition dépend essentiellement du temps passé dans le lieu où se trouve la radioactivité.

La Figure 2 présente les modalités de transfert de l'environnement vers l'homme pour les différents types d'exposition.

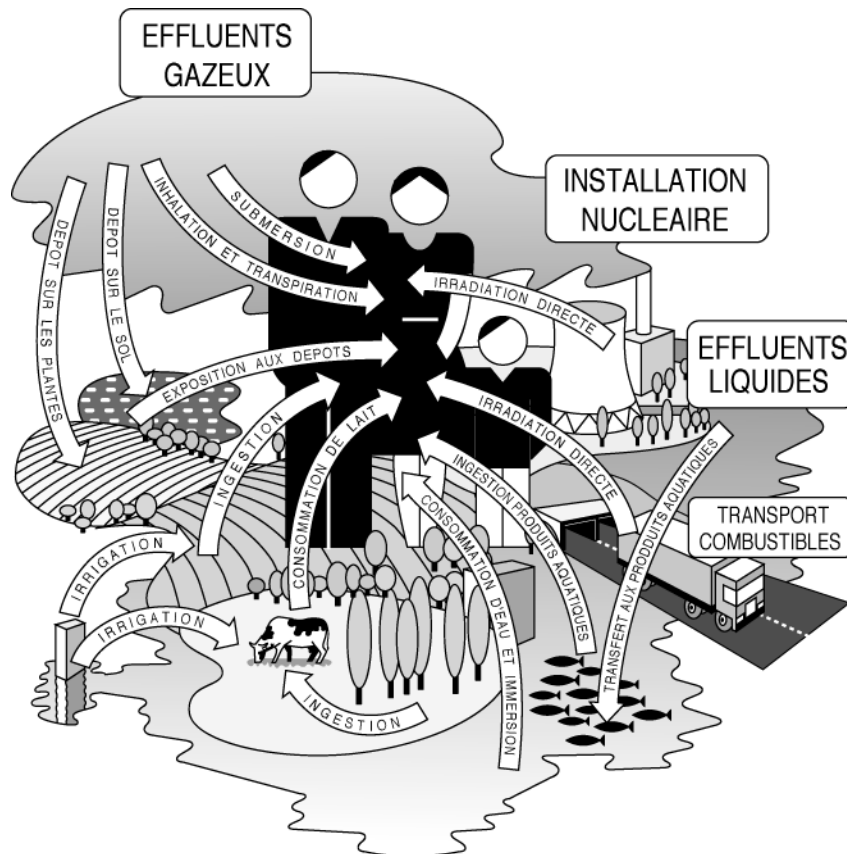


Figure 2. Les modalités de transfert de la radioactivité dans l'environnement et les modalités d'exposition

Selon l'origine de la radioactivité, l'homme peut exercer un certain contrôle sur son exposition : ainsi, dans le cas de l'exposition au radon dans les habitations, il est possible de mettre en œuvre des actions simples pour réduire les concentrations comme par exemple ouvrir les fenêtres pour renouveler l'air ambiant ou également installer des systèmes plus complexes de ventilation ou d'isolation.

Chaque membre de la population reçoit donc une exposition annuelle qui est fonction de ses habitudes de vie, de son métier, de ses loisirs et de la présence plus ou moins

importante de la radioactivité dans l'environnement. Si la radioactivité naturelle évolue peu dans le temps, on peut noter des évolutions significatives pour la radioactivité provenant des diverses activités humaines et en particulier comme conséquences des rejets dans l'environnement des installations nucléaires. Ainsi, les retombées radioactives de l'accident de Tchernobyl ont contaminé de façon significative de larges territoires et à un degré moindre la plupart des pays de l'Europe de l'Ouest. On peut aussi mentionner la forte diminution des rejets de la plupart des installations nucléaires au cours de la dernière décennie du fait des progrès réalisés en matière de traitement et de gestion de ces rejets. Ainsi, pour pouvoir gérer l'exposition environnementale, il faut connaître la contribution des diverses sources d'exposition et les possibilités d'intervention permettant de réduire l'exposition.

Les expositions médicales

L'utilisation des rayonnements ionisants en médecine est de loin la source d'exposition de la population la plus importante parmi l'ensemble des expositions introduites par les activités humaines. Les différentes catégories d'exposition sont liées à l'utilisation des rayonnements pour le diagnostic (radiologie et médecine nucléaire), la radiologie interventionnelle ou la radiothérapie. On peut noter cependant que, dans le domaine médical, l'utilisation des rayonnements a pour objectif de conduire à un bénéfice direct pour les patients exposés qu'il s'agisse du diagnostic ou de la thérapie.

Par ailleurs, il existe une grande variabilité des expositions médicales selon les individus, les types d'examens effectués et les procédures et les appareils utilisés. En France, on connaît assez mal la façon dont se répartissent les expositions médicales et en particulier, on ne sait pas vraiment apprécier les conséquences dosimétriques des évolutions récentes de la technique comme l'utilisation croissante du scanner et de la digitalisation de l'image sur les doses reçues par les patients.

Les expositions professionnelles

Pour les expositions professionnelles, le nombre de personnes concernées est limité et connu. Ces expositions sont mesurées et contrôlées au niveau des ambiances de travail et de chaque travailleur qui dispose d'un suivi dosimétrique individuel. De plus, ces personnes bénéficient d'une surveillance médicale particulière. Il s'agit des personnes exposées dans le cadre de l'exercice de leur profession dans les installations nucléaires et dans le domaine médical et industriel. Au total, on dénombre actuellement environ

230 000 personnes exposées professionnellement aux rayonnements ionisants en France dont environ 60 000 dans l'industrie nucléaire.

2.1.2 De l'exposition à la dose

Au total, l'exposition de l'homme aux rayonnements ionisants provient donc :

- soit des rayonnements émis par une source radioactive située à l'extérieur du corps humain, on parle alors d'irradiation externe,
- soit de la présence de radioactivité dans l'organisme humain (par exemple suite à l'ingestion ou à l'inhalation de particules radioactives), on parle alors d'irradiation interne.

Très schématiquement, l'interaction des rayonnements ionisants avec le corps humain se traduit par des dommages au niveau cellulaire ou au niveau des organes et des tissus du corps humain qui sont traversés par les rayonnements. Ces dommages dépendent de la quantité d'énergie déposée par les rayonnements dans les cellules de chaque organe ou tissu. La grandeur utilisée pour mesurer la quantité d'énergie absorbée est le gray (notée Gy). Cette unité correspond à l'énergie de 1 joule déposée par kilogramme de matière vivante. Selon le type de rayonnements auxquels sont soumis les organes (ou tissus), les effets biologiques engendrés varient pour un même organe (ou tissu) et une même dose absorbée. On distingue ainsi les rayons X, les rayons γ , les particules α et β , ainsi que les neutrons et les protons. On calcule alors une "dose équivalente" (exprimée en sievert (Sv)) pour chaque organe (ou tissu) en fonction du type de rayonnement considéré. Enfin, les différents organes (ou tissus) présentent une radiosensibilité différente, c'est-à-dire que la probabilité d'occurrence d'un dommage à long terme variera, pour une même dose équivalente, selon l'organe (ou le tissu) considéré. Les modalités d'exposition (exposition fractionnée ou en une seule fois) doivent également être prises en considération.

L'irradiation externe conduit le plus souvent à une exposition quasi-uniforme des organes et des tissus. S'agissant de l'incorporation interne, l'accumulation des radionucléides incorporés par ingestion ou inhalation n'est pas uniforme selon les organes ou les tissus considérés. Certains d'entre eux présentent une affinité particulière pour certains éléments comme par exemple la thyroïde pour l'iode, et la moelle osseuse et le fœtus pour le strontium.

Afin de pouvoir exprimer dans une même unité le risque associé à l'ensemble des situations d'exposition possibles, la Commission Internationale de Protection Radiologique (CIPR) a introduit un indicateur appelé « dose efficace », mesurée en sievert (voir Figure 3). C'est une grandeur qui prend en compte la dose en gray ainsi que le type de rayonnement considéré et la sensibilité des organes vis-à-vis des dommages. Ainsi, quels que soient la source (naturelle ou artificielle), la nature du rayonnement (alpha, bêta, gamma, rayons X ou neutrons), les modalités d'exposition (externe ou interne), les tissus ou les organes atteints, la dose efficace, exprimée en sievert ou dans un sous-multiple le millisievert (mSv - 1/1000 de sievert) ou le microsievert (μ Sv - 1/1 000 000 de sievert), permet d'évaluer le risque et de comparer entre elles les différentes expositions.

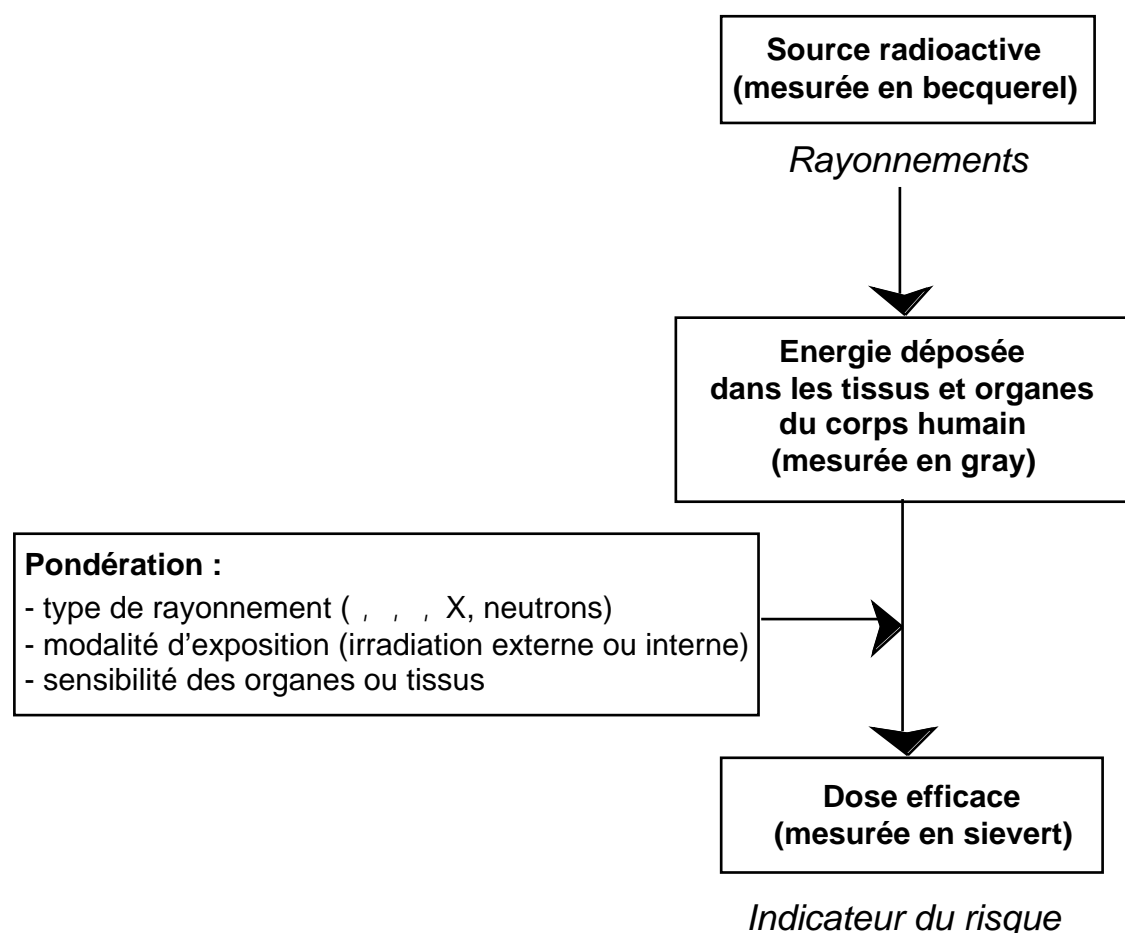


Figure 3. De la source à la dose

La mesure directe de la dose efficace reçue par les individus exposés aux rayonnements ionisants n'est pas toujours possible. Dans le domaine professionnel, les niveaux

d'exposition sont parfois suffisamment élevés pour que l'on puisse mesurer directement la dose reçue à l'aide de dosimètres portés par les travailleurs. Ainsi par exemple, pour les personnes exposées professionnellement dans l'industrie nucléaire la dose annuelle moyenne est de l'ordre de 1,5 mSv.

Dans le domaine médical, les doses aux patients ne sont pas faciles à mesurer directement et l'on fait appel à des mesures indirectes du champ de rayonnement et à des modèles de simulation pour reconstituer les doses reçues par les patients en fonction des différents types d'examens pratiqués. Selon le Comité Scientifique des Nations-Unies sur les Effets des Radiations Atomiques (UNSCEAR), la dose individuelle moyenne associée au radiodiagnostic en France est de l'ordre de 1,1 mSv/a. A titre d'exemple, les doses au corps entier associées à des examens réalisés avec des scanners sont de l'ordre de :

- 4 mSv en moyenne par examen avec des valeurs pouvant aller jusqu'à 10 pour le poumon,
- 8 mSv en moyenne par examen avec des valeurs pouvant atteindre plus de 20 pour l'abdomen,
- environ 1 mSv en moyenne par examen avec des valeurs pouvant aller jusqu'à 3 pour le crâne,
- environ 3 mSv en moyenne par examen avec des valeurs pouvant atteindre de 6 et 7 mSv pour la colonne vertébrale.

En ce qui concerne les doses associées aux expositions environnementales, il n'est pas concevable, sauf en cas d'accident, de les mesurer directement au niveau des individus, compte tenu des faibles niveaux d'exposition et du nombre de personnes à considérer. Il faut donc recourir systématiquement à la modélisation pour estimer la dose reçue par chaque individu pour l'ensemble des sources auxquelles il est soumis. Les mesures ou le calcul de la radioactivité rejetée dans l'environnement des personnes exposées et l'utilisation de modèles de transfert pour caractériser l'environnement de ces personnes et les produits incorporés permettent d'estimer les niveaux d'exposition externe et interne. Le calcul des doses (équivalente ou efficace) correspondant s'effectue à l'aide de modèles qui simulent de façon assez détaillée les modalités de transfert et de fixation au sein des différents organes et tissus humains. A titre indicatif, le Tableau 2 présente les doses individuelles moyennes reçues en France par les diverses sources d'exposition d'origine environnementale.

Tableau 2. Doses moyennes individuelles associées aux expositions environnementales en France (doses efficaces)

SOURCES D'EXPOSITION	DOSES ANNUELLES INDIVIDUELLES MOYENNES (millisievert par an)
Rayonnement cosmique	0,4
Rayonnement tellurique	0,5
Radon dans les habitations	1,3
Ingestion de radioéléments naturels dans l'alimentation	0,2
Retombées des essais atomiques	0,02
Retombées de l'accident de Tchernobyl	0,01
Impacts des rejets des installations nucléaires	de l'ordre de 0,00001
TOTAL	2,43

2.1.3. De la dose au risque

Les effets sur la santé associés à l'exposition aux rayonnements ionisants sont fonction de l'énergie déposée dans le corps humain et de la durée d'exposition. L'énergie déposée provoque des dommages cellulaires qui peuvent conduire à la mort de la cellule ou qui peuvent être réparés. Cependant, cette réparation est elle-même correcte ou incorrecte. On distingue donc deux types d'effets selon l'importance des dommages cellulaires : les effets déterministes et les effets stochastiques appelés aussi effets aléatoires.

Les effets déterministes

Lorsque l'énergie déposée dans les organes ou les tissus dépasse certains seuils (de l'ordre de plusieurs grays), les rayonnements ionisants entraînent la mort de nombreuses cellules dans les organes ou tissus exposés et peuvent induire des effets sur la santé d'autant plus précoces que la mortalité cellulaire sera rapide et importante. En fait, la gravité de ces effets est fonction de la dose reçue. Il s'agit par exemple, pour les effets apparaissant dans les jours ou semaines suivant une telle irradiation, de brûlures cutanées après irradiation de la peau, d'aplasie médullaire due à la destruction du tissu fabriquant les cellules sanguines, si l'ensemble du corps a été exposé. De plus, les expositions très

élevées d'une grande partie du corps (de l'ordre de quelques grays) peuvent conduire au décès dans les semaines qui suivent l'exposition. D'autres effets se manifestent plus tardivement comme la cataracte lorsque l'œil est irradié ou la fibrose au sein du tissu irradié. Ces effets s'expriment dans des plages de dose (exprimée en terme d'énergie déposée) de l'ordre de 0,5 à quelques grays (aux organes ou au corps entier) pour une exposition de courte durée.

Les effets stochastiques

Lorsque les lésions induites au niveau cellulaire par les rayonnements ionisants ne sont pas réparées correctement, il persiste alors une modification dans le matériel génétique de la cellule qui peut conduire, au cours de la multiplication des cellules lésées, à une mutation cellulaire. Ces mutations peuvent entraîner l'apparition d'effets héréditaires (si la mutation concerne une cellule de la reproduction ou une cellule germinale) ou induire des transformations des cellules qui, plusieurs années après l'exposition, peuvent engendrer des cancers qui surviennent de façon aléatoire dans la population exposée. Ces effets sont appelés stochastiques ou encore probabilistes ou aléatoires. Pour les mettre en évidence, il faut observer des populations ayant été exposées aux rayonnements ionisants et les comparer à des populations n'ayant pas été exposées. Ainsi, des enquêtes épidémiologiques ont permis de mettre en évidence des excès de différents types de cancers parmi des populations exposées à des doses supérieures à un dixième de sievert et pour une irradiation corporelle délivrée en un temps très court. Il s'agit notamment de la leucémie et des cancers du poumon, du sein, de l'appareil digestif et de la thyroïde. L'étude épidémiologique la plus importante dans ce domaine concerne le suivi des survivants des bombardements atomiques d'Hiroshima et de Nagasaki. On peut également noter que, pour l'estimation du risque dû aux expositions in utero, des études épidémiologiques ont montré un risque radio-induit de leucémie associé à des doses au fœtus dès 0,01 sievert.

En ce qui concerne les faibles doses, étalées dans le temps et se situant dans la plage de quelques millièmes de sievert (mSv), voire milliardièmes de sievert (μ Sv), les effets s'ils existent sont tellement faibles qu'il est difficile, voire impossible, de les mettre en évidence par des études épidémiologiques. En particulier, ces études ne permettent pas de conclure quant à l'existence ou non d'un seuil de dose en deçà duquel il n'existerait plus d'effet lié à l'exposition aux rayonnements ionisants. Par prudence et dans une optique de protection, il existe un consensus international pour considérer que toute exposition aux

rayonnements ionisants, quel que soit son niveau, est susceptible d'induire un effet à l'échelle d'une population.

Le Comité de l'Académie des Sciences des Etats-Unis (BEIR) et le Comité Scientifique des Nations Unies sur les Effets des Radiations Atomiques (UNSCEAR) ont développé, des relations exposition-risque qui permettent d'extrapoler, à des niveaux de dose plus faibles, les observations obtenues dans les études épidémiologiques en retenant, par prudence, l'hypothèse d'une relation sans seuil. C'est également sur la base de ces relations que la Commission Internationale de Protection Radiologique (CIPR) a élaboré son système de recommandations pour la protection de la population.

Les relations exposition-risque permettent de traduire les doses reçues par un individu ou une population en termes de risque d'apparition d'effets sanitaires pour cet individu ou cette population. Les résultats des relations s'expriment en termes de valeurs moyennes qui sont difficiles à interpréter car ils expriment un phénomène qui est en réalité un processus aléatoire que l'on ne peut en fait bien cerner qu'en ayant recours aux méthodes statistiques. Ainsi, lorsque l'on exprime le risque pour un individu, il s'agit en fait du risque moyen pour une population d'individus ayant les mêmes caractéristiques. C'est pour cette raison qu'il est parfois préférable de présenter non pas le risque moyen mais sa distribution statistique, exprimée en nombre de cas au sein d'une population.

2.2. Les objectifs du GRNC

2.2.1. Premier objectif du GRNC

L'objectif premier du GRNC était de reconstituer les expositions environnementales (dues aux sources naturelles et à celles liées aux activités humaines) et médicales pour la population susceptible d'être affectée par les rejets des installations nucléaires du Nord-Cotentin et d'estimer les risques de leucémies associés à ces expositions. Compte tenu de la description précédente quant aux modalités d'exposition et à l'évaluation des doses, il était impossible pour le groupe de réaliser une évaluation complète et exhaustive pour toutes les expositions.

Ainsi, bien que l'objectif du groupe ait été de reconstituer les doses pour toutes les sources d'exposition, l'interrogation soulevée par l'étude épidémiologique du Pr. J.F. VIEL a conduit à se focaliser sur la contribution des installations nucléaires du Nord-Cotentin et en particulier celle de l'installation COGEMA de La Hague. De ce fait, du point de vue de la reconstitution des expositions, le travail du groupe a essentiellement porté sur les rejets des installations nucléaires du Nord-Cotentin et leurs conséquences dans l'environnement, avec un souci d'exhaustivité et de réalisme. De plus, les rejets d'origine industrielle ayant évolué significativement au cours du temps, il convenait de reconstituer les doses liées aux rejets de ces installations pour l'ensemble de la période considérée en analysant notamment l'évolution de ces rejets au cours du temps.

Comme les études épidémiologiques pour le canton de Beaumont-Hague pour la population des jeunes de 0 à 24 ans portaient sur la période 1978-1996, le groupe a effectué un exercice de reconstitution rétrospective de l'ensemble des doses (environnementales et médicales) reçues par cette population pour cette même période. L'objectif étant d'estimer le risque de leucémie radio-induite, les doses à la moelle osseuse ont été retenues dans la mesure où la moelle osseuse constitue l'organe cible pour le développement de leucémies. Ainsi, pour cette population - dénommée cohorte, dans l'étude -, les estimations de doses à la moelle osseuse ont pris en compte les expositions reçues par les enfants mais également celles reçues par les fœtus (exposition *in utero*). Le Tableau 3 présente les différentes catégories d'exposition qui ont été considérées.

Tableau 3. Catégories d'exposition considérées selon leur origine

Origine des expositions	Catégories d'exposition considérées
<i>Médicales</i>	- Radiodiagnostic uniquement
<p data-bbox="177 472 746 517"><i>Environnementales</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="177 517 746 696">- Radioactivité naturelle <li data-bbox="177 696 746 920">- Retombées de l'accident de Tchernobyl et des essais nucléaires atmosphériques <li data-bbox="177 920 746 1191">- Rejets des installations nucléaires (en fonctionnement normal et liés aux incidents) 	<ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="746 517 1323 562">- Radon dans les habitations <li data-bbox="746 562 1323 607">- Irradiation cosmique et tellurique <li data-bbox="746 607 1323 674">- Ingestion de radionucléides naturels <li data-bbox="746 696 1323 898">- Expositions (inhalation, ingestion, irradiation externe) liées aux concentrations dans les différents compartiments de l'environnement <li data-bbox="746 920 1323 1191">- Expositions (inhalation, ingestion, irradiation externe) liées aux rejets radioactifs liquides et gazeux en prenant en compte les quatre installations nucléaires du Nord-Cotentin

Le Tableau 4 présente les voies d'exposition considérées en fonction du milieu et compte tenu des données de radioactivité dans l'environnement.

Tableau 4. Voies d'exposition considérées selon le milieu

Milieux	Voies d'exposition
Air et sol	<ul style="list-style-type: none"> - Inhalation : activité de l'air et remise en suspension de l'activité du sol - Exposition externe : activité du sol et du panache de rejets - Ingestion par inadvertance : activité du sol
Embruns, eau de mer et sable	<ul style="list-style-type: none"> - Inhalation : activité des embruns - Exposition externe : activité du sable des plages et de l'eau de mer lors de la baignade - Ingestion par inadvertance : activité du sable des plages et de l'eau de mer lors de la baignade
Aliments marins et terrestres	<ul style="list-style-type: none"> - Ingestion : activité des aliments (y compris les transferts via les algues épandues sur les cultures)

La Figure 4 présente de façon schématique la démarche d'évaluation retenue pour le calcul du risque correspondant à la cohorte de 0-24 ans du canton de Beaumont-Hague.

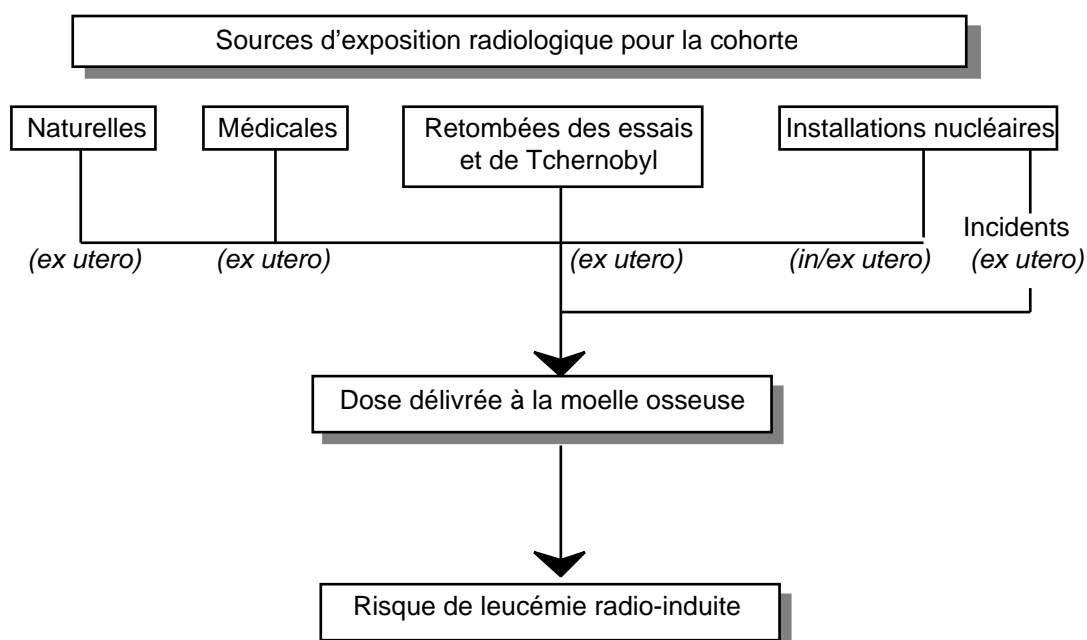


Figure 4. Schéma général pour l'évaluation des expositions et des risques retenu pour la cohorte de 0-24 ans du canton de Beaumont-Hague

2.2.2. Deuxième objectif du GRNC

Le deuxième objectif du GRNC a été de répondre à la demande ministérielle concernant la procédure de révision des textes régissant le fonctionnement de l'usine COGEMA de La Hague, en particulier en ce qui concerne les autorisations de rejets. Pour ce faire, le GRNC a réalisé un certain nombre d'évaluations complémentaires relatives à des groupes de population pouvant être particulièrement exposés. Sur la base des données et des modèles mis au point pour l'évaluation de l'exposition de la cohorte, le GRNC a estimé les doses annuelles corps entier (dose efficace) pour un ensemble de scénarios d'exposition de personnes adultes susceptibles d'être parmi les plus exposées autour de l'installation COGEMA de La Hague. Il convient de noter que cette estimation s'est limitée aux expositions dues aux rejets des installations et n'a pas donné lieu au calcul du risque associé.

2.3. Le déroulement des travaux

Afin de répondre aux objectifs de la mission du GNRC et de s'assurer d'une participation aussi approfondie que possible des experts au travail d'analyse critique, quatre groupes de travail spécialisés ont été constitués, chacun étant chargé d'une étape spécifique de la démarche générale adoptée pour l'évaluation des expositions et des risques. Tous les travaux réalisés dans ces groupes de travail ont été présentés et discutés au sein d'un groupe plénier. Les quatre groupes ont travaillé en parallèle, en adoptant une démarche itérative dans le questionnement de façon à pouvoir mener une exploration exhaustive des données ou modèles disponibles, voire procéder à de nouvelles mesures. Un travail de coordination visant à garantir un enchaînement logique entre les groupes pour aboutir à une estimation aussi précise que possible des expositions et des risques a dû être instauré. Une telle démarche, impliquant une expertise pluraliste, a donc été relativement longue mais a permis de mener de façon systématique les analyses et de mettre en évidence des interrogations nouvelles. De plus, il convient de souligner que ce travail a permis l'élaboration en commun d'un outil de calcul spécifique à la région du Nord-Cotentin.

2.3.1. Reconstitution et analyse critique des rejets radioactifs des installations

Le premier groupe de travail a examiné de façon critique les rejets radioactifs liquides et gazeux déclarés par les exploitants des installations nucléaires du Nord-Cotentin depuis la création des installations et, lorsque cela est nécessaire, a reconstitué les données manquantes [16]. Ainsi, les rejets effectués depuis la mise en service des différentes installations ont été examinés, soit : depuis 1966 pour les installations de COGEMA à La

Hague, depuis 1969 pour le Centre de Stockage de la Manche, depuis 1980 pour l'Arsenal du Port de Cherbourg de la Marine Nationale et depuis 1986 pour la centrale nucléaire de Flamanville.

Cette reconstitution a été réalisée en faisant volontairement abstraction de l'importance relative que pouvait avoir a priori tel ou tel radionucléide sur l'impact dosimétrique, c'est-à-dire sans se référer à des études antérieures. Cette analyse a notamment permis de vérifier les résultats de mesures des activités rejetées fournies par les exploitants, les modifier en cas d'incohérence (comme par exemple en ce qui concerne les rejets de krypton 85), les compléter en cas d'absence de mesure pour certaines années, ajouter certains radionucléides dont les rejets correspondants n'étaient pas considérés comme significatifs suite au calcul d'impact des exploitants, ou en raison des limites des techniques analytiques.

Pour l'essentiel, les étapes de l'analyse critique ont pu être appliquées de façon satisfaisante aux usines de COGEMA de La Hague pour lesquelles, à partir du tonnage annuel retraité et des caractéristiques des combustibles usés (nature, taux d'irradiation et temps de refroidissement moyen) fournis par l'exploitant, il a été possible sur la base de codes de calculs standards, d'établir les quantités d'activité annuelles des principaux radionucléides présents dans les combustibles usés au moment de leur retraitement et donc susceptibles d'être rejetés dans l'environnement. Pour une douzaine de radionucléides, qui n'avaient pas fait l'objet de mesures, le groupe est parvenu à reconstituer un inventaire théorique en ayant recours à des analogies de comportement physico-chimique entre les éléments, et en tenant compte des informations disponibles sur les impuretés présentes dans le combustible. Cette approximation a été corrigée sur la base de mesures, lorsqu'elle conduisait manifestement à une estimation trop majorante du rejet, des concentrations dans l'environnement et donc finalement de l'impact dosimétrique.

Par exemple, dans le cas du chlore 36, les premiers calculs de concentration dans l'environnement et de la dose efficace pour les personnes exposées sur les scénarios particuliers ont conduit à des impacts relativement élevés qui n'étaient absolument pas réalistes compte tenu des connaissances dans le domaine. Après vérification par des mesures complémentaires dans l'environnement autour de La Hague, réalisées à la demande du GRNC par l'OPRI, l'IPSN et l'ACRO, le groupe plénier a estimé que la surestimation de l'inventaire en chlore 36 était a minima d'un facteur 400 et l'a divisé en conséquence. Cet exemple illustre parfaitement le travail d'itération entre les groupes et le souci de réalisme recherché dans l'évaluation finale des doses.

Au total, pour les rejets de l'installation de COGEMA, 39 radionucléides sur 75 considérés (52 %) ont été ajoutés à la liste des radionucléides qui ont été fournis par COGEMA au groupe de travail. En terme d'activité, ces compléments n'ont pas modifié les ordres de grandeur des résultats fournis par l'exploitant ; cependant, ils ont permis de donner une information plus exhaustive sur leur composition, ce qui était nécessaire pour une reconstitution dosimétrique fine.

Pour les deux réacteurs de la centrale EDF de Flamanville, l'apport de la reconstitution a été plus limité. En effet, pour ces réacteurs, comme pour les réacteurs nucléaires en général, la nature et l'activité des radionucléides présents dans les effluents liquides et gazeux dépendent d'un grand nombre de paramètres tels que le mode de conduite du réacteur, le taux de relâchement des radionucléides des assemblages combustibles (microfissures, taux de rupture, etc...), la libération des produits d'activation des matériaux de structure dans les circuits de refroidissement et surtout le traitement et la gestion des effluents liquides avant leur rejet en mer, lesquels ont évolué dans le temps. Néanmoins, les rejets liquides et gazeux fournis par EDF depuis la mise en service de la centrale ont été complétés par l'évaluation des activités en carbone 14 d'une part (à partir des données de la littérature étrangère), et en nickel 63 dans les rejets liquides d'autre part (à partir de mesures récentes effectuées par l'OPRI).

Pour le Centre de Stockage de la Manche de l'ANDRA, il n'y a pas de relation simple entre l'inventaire radiologique des déchets stockés et les rejets d'activité mesurés dans l'environnement (cours d'eau du Grand Bel et de la Sainte-Hélène notamment). Pour établir cette relation, il faudrait connaître l'évolution des colis et la cinétique de transport des substances radioactives dans le sous-sol (liée à leur solubilité). Le travail de reconstitution a donc consisté à préciser les différentes phases de gestion des eaux du réseau pluvial et du réseau séparatif, en analysant et en expliquant l'origine des activités mesurées dans l'eau du ruisseau Sainte-Hélène.

Pour les rejets des installations de l'Arsenal du port de Cherbourg, le Ministère de la Défense a transmis le bilan des activités rejetées dans les effluents liquides et gazeux depuis 1980, informations qui n'avaient jusqu'à présent jamais été mises dans le domaine public. Pour ces installations, les moyens de vérification sont encore plus limités. En effet, les rejets en mer sont beaucoup moins importants que ceux des usines de retraitement de COGEMA et leur contribution à l'activité ajoutée dans l'environnement est très faible.

Le groupe de travail s'est également efforcé de réexaminer de façon approfondie les incidents survenus dans les installations nucléaires du Nord-Cotentin au cours des trois dernières décennies et ayant entraîné des rejets d'activité dans l'environnement. En particulier, trois événements ont fait l'objet d'une analyse critique et d'une reconstitution des rejets ou d'une réévaluation des rejets estimés à l'époque des incidents. Il s'agit :

- de la contamination en tritium du ruisseau Sainte-Hélène via la nappe phréatique située sous les ouvrages du stockage (octobre 1976), pour le Centre de Stockage de la Manche,
- du percement de la conduite des rejets liquides en mer de l'usine COGEMA de La Hague (décembre 1979) qui a entraîné une contamination de la plage des Moulinets²,
- de l'incendie du silo de déchets provenant du retraitement des combustibles UNGG (janvier 1981) à l'usine COGEMA de La Hague qui a entraîné un rejet radioactif atmosphérique.

Ce souci de recherche de l'exhaustivité, consistant à ne rien considérer a priori comme mineur, sans que cela ne soit préalablement conforté par une évaluation, a par exemple permis d'estimer la contribution significative du strontium 90 lors de l'incident du silo, les évaluations d'impact de l'époque se bornant à ne considérer que l'impact du césium 137.

Au total, toutes installations confondues, les rejets de plus de 80 radionucléides sur une trentaine d'années ont été reconstitués. Ces résultats ne remettent pas en cause les données fournies par les exploitants en terme d'activité totale rejetée, cependant ils ont permis de préciser la composition des rejets nécessaire pour conduire les calculs d'impacts dosimétriques.

2.3.2. Inventaire, bilan et analyse des mesures réalisées dans l'environnement

Le deuxième groupe a rassemblé et interprété les mesures réalisées dans l'environnement par les différents organismes (exploitants, laboratoires de mesures institutionnels et non institutionnels) [17].

Pour ce faire, le seul collationnement des informations n'était pas suffisant. Il convenait d'analyser la variabilité des mesures au sein d'un même laboratoire et entre les différents

² Le percement de la conduite a donné lieu à un rapport complémentaire du GRNC, publié en juin 2000, qui n'a pas pu être considéré ici.

laboratoires. Ensuite, il s'agissait de définir les facteurs qui influençaient les niveaux de radioactivité dans l'environnement et qui pouvaient expliquer les différences constatées, en particulier selon les objectifs assignés aux mesures réalisées. Les prélèvements, les traitements et les mesures de radioactivité des échantillons sont en effet adaptés aux objectifs propres à chaque laboratoire (surveillance, expertise ou recherche). Ceci peut conduire à une comparaison parfois difficile des résultats, notamment par exemple, en raison des seuils de détection qui diffèrent suivant ces objectifs.

Le groupe de travail s'est efforcé d'être exhaustif pour l'inventaire des prélèvements et des types de mesures. En revanche, pour les résultats des mesures, vu le nombre considérable de données à rassembler et à vérifier dans un temps limité, il a été décidé de donner la priorité aux informations les plus pertinentes pour la comparaison avec les résultats des modèles et l'estimation des doses aux populations. En définitive, seuls les résultats des mesures obtenus à partir de 1978 ont été exploités, ces mesures étant généralement informatisées et leur qualité nettement supérieure grâce à l'utilisation de détecteurs plus performants notamment pour la spectrométrie gamma. L'étude intègre donc les données disponibles de 1978 jusqu'à 1997.

Ce travail, qui n'avait jamais été réalisé en France auparavant, a permis de rassembler et d'analyser environ 500 000 "déterminations de concentration en radionucléides ou d'activité totale". Les mesures réalisées par l'exploitant ou les organismes de contrôle représentent la part la plus importante des mesures exploitées (voir Figure 5). Cependant, même s'ils sont réalisés en moins grand nombre, les prélèvements des laboratoires non institutionnels et des organismes de recherche ont été d'un grand intérêt, dans la mesure où ils ont apporté des informations complémentaires concernant les niveaux de radioactivité aux points de rejets, des bio-indicateurs particuliers ou encore des radionucléides spécifiques.

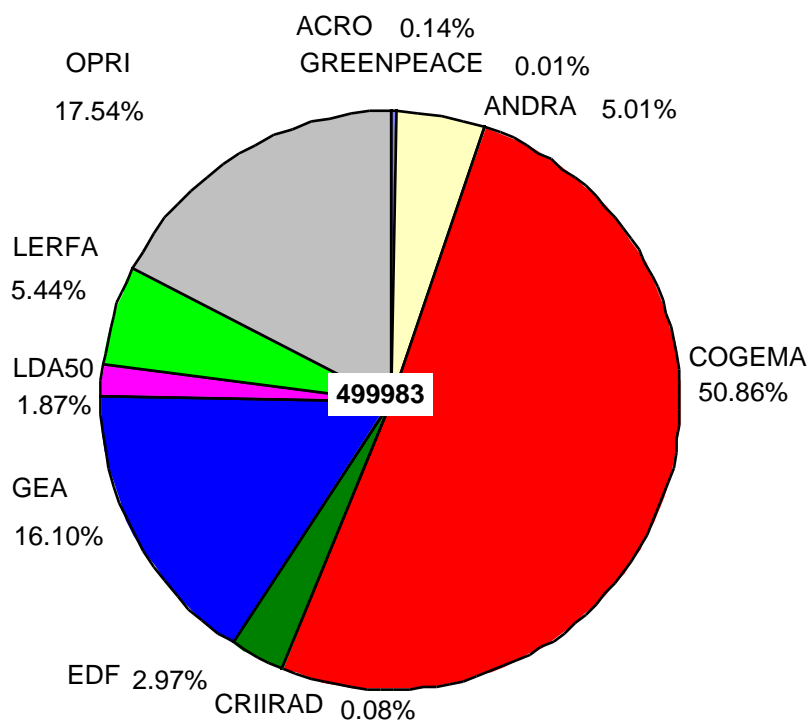


Figure 5. Provenance des mesures retenues

Au total, l'ensemble des travaux sur les mesures environnementales, malgré la diversité des pratiques des laboratoires, a permis de mettre en évidence, tous les éléments d'appréciation étant pris en compte, la cohérence de l'ensemble des résultats, et un consensus de la part des participants sur l'analyse des niveaux de radioactivité détectés dans l'environnement. Ces résultats ont donc été validés collectivement, permettant ainsi une comparaison avec les résultats des modèles de transfert dans l'environnement, voire même, lorsque les modèles n'étaient pas adaptés, une utilisation directe des mesures pour la reconstitution dosimétrique.

Cette revue d'une grande ampleur a nécessité un effort considérable. Le collationnement et l'analyse de l'ensemble des données recueillies sont désormais disponibles sous la forme d'un CD-rom. Dans l'avenir, cette banque de données pourra être complétée en intégrant les nouvelles données disponibles.

2.3.3. Confrontation des résultats des modèles avec les mesures

L'objectif général poursuivi par le troisième groupe de travail était de proposer les modèles les mieux adaptés pour l'évaluation des concentrations dans l'environnement des

radionucléides rejetés par les installations nucléaires du Nord-Cotentin [18]. Les activités du groupe se sont déroulées en trois étapes.

La première étape a consisté à réaliser une intercomparaison des modèles de dispersion des rejets atmosphériques et marins disponibles, pour identifier ceux qui étaient les mieux adaptés à l'objectif poursuivi c'est-à-dire une évaluation dosimétrique fine tenant compte au mieux des caractéristiques du contexte local. Cette démarche d'investigation a conduit à examiner les modèles utilisés par l'IPSN, le modèle européen PC-CREAM et les modèles des différents exploitants français (COGEMA, ANDRA, EDF) utilisés dans le cadre des procédures réglementaires d'autorisation de rejets. Les différences observées entre les modèles, tant pour les rejets marins qu'atmosphériques, étant rarement supérieures à 10, le groupe a jugé que de telles différences étaient normales. Elles sont dues d'une part, à la nature même des modèles et à la représentativité des paramètres choisis et, d'autre part, à la fluctuation inévitable des mesures environnementales qui ont permis de bâtir ces modèles.

La seconde étape, consistant à confronter les résultats des modèles retenus avec les mesures, a permis d'ajuster, de façon tout à fait exceptionnelle dans ce type de travaux, les paramètres des modèles à la réalité locale chaque fois que cela était possible. L'apport de ces confrontations a été indéniable pour le milieu marin où l'on dispose pour un grand nombre de radionucléides de mesures environnementales suffisantes, en nombre et en sensibilité. Par contre, dans le domaine terrestre, le nombre plus réduit de mesures supérieures aux limites de détection ou l'importance relative du bruit de fond de la radioactivité naturelle n'ont pas permis de mener une confrontation entre les modèles et les mesures aussi complète que le groupe l'aurait souhaité.

La troisième étape a consisté à calculer les concentrations dans l'environnement pour l'ensemble de la période en fonction des rejets des installations à partir des modèles finalement retenus. Le groupe de travail a ainsi fourni les coefficients de transferts atmosphériques au sol pour les 19 communes du canton de Beaumont-Hague. Ces coefficients, évalués sur la base des conditions météorologiques moyennes des années 1992 à 1997, tiennent compte des différentes classes et vitesses de vent, par temps sec et par temps de pluie. Des coefficients de transfert de l'activité de l'air aux espèces animales et végétales de la chaîne alimentaire ont également été fournis.

Si la modélisation a été assurée par les services d'expertise de l'IPSN, les résultats ont été présentés, discutés et critiqués au sein du groupe de travail, puis au sein du groupe plénier. Le rôle des associations et des laboratoires locaux a été déterminant pour amener les modèles retenus vers le plus grand réalisme possible en tenant compte au mieux des particularités locales. La comparaison systématique des prévisions des modèles aux mesures effectivement réalisées dans l'environnement a permis un ajustement des paramètres des modèles à la réalité locale.

2.3.4. Calculs des doses et des risques

L'activité du quatrième groupe a consisté dans un premier temps à évaluer la dose moyenne à la moelle osseuse reçue par la «cohorte» considérée (les enfants et les jeunes adultes de 0 à 24 ans du canton de Beaumont-Hague) du fait des installations industrielles nucléaires de la région et du fait des autres sources d'exposition, puis à estimer le risque de leucémie correspondant [19]. Trois étapes ont été retenues pour cette évaluation : la reconstitution de la population exposée (la cohorte), l'évaluation des doses individuelles délivrées à la moelle osseuse et le calcul du nombre de leucémies théoriquement attribuables à l'exposition aux rayonnements ionisants.

Reconstitution de la cohorte

Ce travail a été réalisé à partir de la compilation et de l'extrapolation des données démographiques issues des recensements et des registres de naissance en retenant l'hypothèse que tout individu naissant dans la zone d'étude (canton de Beaumont-Hague) y résidait jusqu'à son vingt-cinquième anniversaire (ou jusqu'en 1996). L'étude du calcul du risque portant sur la période 1978-1996, la reconstitution de la cohorte a donc nécessité de rechercher les données depuis l'année 1954. Ainsi, les générations de 1954 à 1996 ont été considérées. Par ailleurs, les effectifs de scolarisation ont également été exploités afin de prendre en compte l'augmentation de la population des enfants lors de la période dite du " grand chantier ", correspondant à la construction de la deuxième usine COGEMA de La Hague entre 1982 et 1989. Le nombre de jeunes (0 - 24 ans) ayant habité dans le canton de Beaumont-Hague pendant la période considérée (1978-1996), correspond à 6 656 individus (voir Tableau 5).

Tableau 5. Taille de la cohorte reconstituée des 0-24 ans du canton de Beaumont-Hague entre 1978 et 1996

	Individus natifs (générations 1954 à 1996)	Apport "Grand chantier" : arrivants	Total
Nombre d'individus (cohorte reconstituée)	5506	1150	6656
Personnes.années	55437	13871	69308

Estimation de l'exposition de la cohorte

Les valeurs des paramètres caractérisant les modes de vie des individus de la cohorte ont été discutées puis validées en privilégiant le réalisme. Il s'agit de situations d'exposition moyennes basées sur les paramètres suivants :

- des rations alimentaires pour les différentes classes d'âge et par catégorie d'aliments ;
- des taux d'autoconsommation ;
- des temps passés à l'intérieur des habitations, à la baignade, à la plage, en mer ;
- des quantités de sable, de sol ou d'eau de mer ingérées par inadvertance ;
- des taux de remise en suspension ;
- des facteurs de protection par les habitations ;
- des débits respiratoires moyens (en fonction de l'âge des individus) ;
- des lieux de pêche.

Lorsque cela était nécessaire, les valeurs retenues pour ces paramètres ont été ajustées aux habitudes locales de la région Nord-Cotentin. On peut citer par exemple l'épandage d'algues sur les jardins potagers, la consommation plus importante de cidre ou de confiture que la moyenne française, autant de pratiques identifiées sur la base d'enquêtes locales et grâce à la présence parmi les membres du GRNC d'experts connaissant bien les habitudes et les usages locaux.

A partir des données de concentrations des différents radionucléides dans les compartiments de l'environnement, les doses (individuelles et collectives) à la moelle osseuse (organe cible pour le risque de leucémie) ont été calculées pour l'ensemble de la cohorte. Pour les rejets des installations nucléaires, les doses ont été calculées depuis 1966, aussi bien pour les rejets de routine que pour ceux dus aux accidents et incidents. Pour estimer les autres sources d'exposition aux rayonnements ionisants (médicale,

naturelle, retombées des essais atmosphériques d'armes nucléaires et de l'accident de Tchernobyl), une étude essentiellement bibliographique a été réalisée. Enfin, les doses délivrées à la moelle osseuse du fœtus durant la grossesse (exposition *in utero*) ont été prises en compte uniquement pour les rejets de routine des installations nucléaires.

Par ailleurs, les calculs de dose à la moelle osseuse ayant été réalisés pour des “ individus moyens ” de la cohorte, le groupe s’est interrogé sur différents scénarios afin d’apprécier la variabilité des résultats en fonction des comportements singuliers possibles : des “scénarios cohorte” ont ainsi été définis pour quantifier, en termes de dose à la moelle osseuse, les quatre comportements particuliers identifiés comme facteurs de risque de leucémie statistiquement significatifs par l’étude réalisée par le Professeur Jean François VIEL, publiée en 1997. Il s’agit de :

- la fréquentation importante des plages locales par les enfants,
- la fréquentation importante des plages locales par les mères durant leur grossesse,
- la consommation plus importante que la moyenne de produits de la mer locaux,
- la résidence dans une maison en granit ou à forte concentration en radon.

Pour cela, un facteur multiplicatif de 2 ou de 5 a été appliqué sur la valeur retenue pour les paramètres correspondants (temps passé sur les plages, ration alimentaire, concentration en radon et exposition aux rayonnements telluriques) dans l’estimation moyenne faite sur la cohorte. Pour ces scénarios, le calcul de dose individuelle délivrée à la moelle osseuse (associée aux expositions pendant l’enfance) a également été effectué.

Estimation du risque de leucémie

La dernière étape du calcul a consisté à estimer le nombre de leucémies théoriquement attribuables à l'exposition aux rayonnements ionisants (risque radio-induit) compte tenu des doses délivrées à la moelle osseuse. Pour ce calcul, comme cela a été indiqué précédemment, l'hypothèse de la relation dose-effet sans seuil a été retenue. Ce risque radio-induit a été calculé sur la période pour laquelle des données épidémiologiques étaient disponibles par ailleurs (1978-1996). Pour estimer le risque associé à l'exposition durant l'enfance (*ex utero*), le modèle de risque retenu a été celui proposé en 1994 par le Comité Scientifique des Nations-Unies sur les Effets des Radiations Atomiques (UNSCEAR) [20], ainsi que celui de l'Académie des Sciences des Etats-Unis (BEIR) [21], dont les coefficients de risque sont dérivés de l'étude des survivants des explosions atomiques d'Hiroshima et de Nagasaki. En ce qui concerne l'exposition *in utero*, les modèles retenus

ont été ceux développés par le NRPB et issus des résultats de l'Etude d'Oxford sur les Cancers de l'Enfance (OSCC) en 1989 [22]. Le calcul du risque collectif de leucémie a été réalisé principalement à l'aide du logiciel européen d'évaluation du risque radiologique ASQRAD, développé par le CEPN et le NRPB [23].

Il convient de souligner que ces modèles, reconnus au niveau international, ont été admis par le groupe sans analyse critique, pour le calcul des risques de leucémies, bien qu'ils soient utilisés ici dans un domaine de doses très éloigné du domaine dans lequel ils sont habituellement utilisés. Ces niveaux de dose se situent de 50 à 200 mSv pour les différents cancers radio-induits dans le cas de l'étude des survivants d'Hiroshima et de Nagasaki, et à partir de 10 mSv pour les doses au fœtus dans l'étude anglaise.

2.3.5. Evaluation des doses efficaces individuelles pour les scénarios particuliers

Le quatrième groupe a également évalué la dose efficace (dose au corps entier) pour les groupes de population ou les individus susceptibles d'être les plus exposés aux rejets des usines COGEMA de La Hague, du fait de leur localisation géographique ou de leurs habitudes de vie. Cette évaluation a été effectuée pour éclairer les décisions à prendre sur la révision en cours des textes régissant le fonctionnement de l'usine de retraitement. Pour ce faire, le GRNC a établi une série de scénarios en tenant compte des spécificités locales concernant les habitudes et les modes de vie. Ainsi, les doses individuelles (dose efficace au corps entier) ont été estimées d'une part, pour des expositions chroniques, s'exprimant en dose annuelle et, d'autre part, pour des expositions occasionnelles, s'exprimant en dose pour une action ou une situation de durée limitée.

Parmi les expositions chroniques, le GRNC a distingué :

- les scénarios de référence utilisés par COGEMA dans ses études d'impact (pêcheur de Goury, habitant de Digulleville) ;
- trois scénarios particuliers complémentaires prenant en compte des habitudes de vie ou des lieux de vie particuliers (pêcheur aux Huquets, zone des 1500 m autour de l'installation COGEMA de La Hague, agriculteur au Pont Durand).

De plus, compte tenu des informations recueillies pour l'analyse des expositions de la cohorte, le GRNC a effectué des calculs de doses efficaces pour un "adulte moyen", pour lequel les paramètres de mode de vie utilisés sont ceux d'un adulte représentatif de la cohorte et les concentrations dans l'environnement terrestre et marin sont les valeurs

moyennes fournies pour la cohorte. Les voies d'exposition considérées dans ce scénario moyen correspondent aux voies d'exposition retenues pour la cohorte pour les rejets de routine des installations nucléaires.

Parmi les expositions occasionnelles, une dizaine de scénarios ont été retenus, dont la plupart modélise des pratiques locales, généralement peu fréquemment observées - ou qui pourraient être observées exceptionnellement - d'après le retour d'expérience des acteurs locaux du GRNC, comme par exemple la pêche dans le ruisseau de la Sainte-Hélène, la promenade près de la conduite de rejet en mer des effluents radioactifs des usines COGEMA, la consommation d'un crabe pêché à proximité de cette même conduite de rejet, ou encore la baignade à l'embouchure de la Sainte-Hélène.

3. LES RESULTATS

Ce chapitre présente les principaux résultats et les conclusions du GRNC concernant d'une part, les expositions et les risques de leucémies pour la cohorte des enfants et des jeunes de 0-24 ans du canton de Beaumont-Hague et, d'autre part, les expositions associées aux scénarios particuliers pour les personnes les plus exposées autour de l'usine COGEMA de La Hague. Ces résultats sont également discutés et mis en perspective avec ceux de l'étude COMARE réalisée au Royaume-Uni.

3.1. Expositions et risques de leucémie pour la cohorte

3.1.1. Expositions individuelles

Pour l'ensemble de ces sources d'exposition (installations nucléaires, médicales, naturelles, essais atmosphériques et accident de Tchernobyl), la dose individuelle annuelle *ex utero* délivrée à la moelle a été estimée pour la cohorte entre 2720 μSv et de l'ordre de 5000 μSv par an. Parmi ces expositions, les doses *ex utero* liées aux rejets des installations nucléaires sur la période, sont de moins de 1 μSv à 11 μSv par an. Les variations observées reflètent à la fois des différences d'exposition selon l'âge des individus ainsi que des différences quant à la présence de radioactivité dans l'environnement selon la période considérée. A cette estimation, il convient également d'ajouter les doses individuelles délivrées à la moelle osseuse dues à l'exposition *in utero* pour les rejets de routine des installations nucléaires. Ces doses varient entre 0,3 μSv pour la génération des enfants nés en 1967 et 10 μSv pour la génération des enfants nés en 1972.

De façon détaillée, on peut noter que les doses *ex utero* dues aux rejets de routine des installations ont varié dans le temps en fonction des rejets (voir Figure 6 pour les nourrissons). Les doses les plus élevées se situent en 1985, année qui correspond au maximum des rejets liquides des usines COGEMA de La Hague. Cette année là, la dose *ex utero* délivrée à la moelle osseuse est estimée à :

- 11 μSv pour les nourrissons (notamment en raison de l'ingestion par inadvertance de sable),
- 4 μSv pour les enfants,
- et de l'ordre de 6 μSv pour les jeunes adultes (la ration alimentaire en produits de la mer pour ces derniers étant plus importante que celle des enfants).

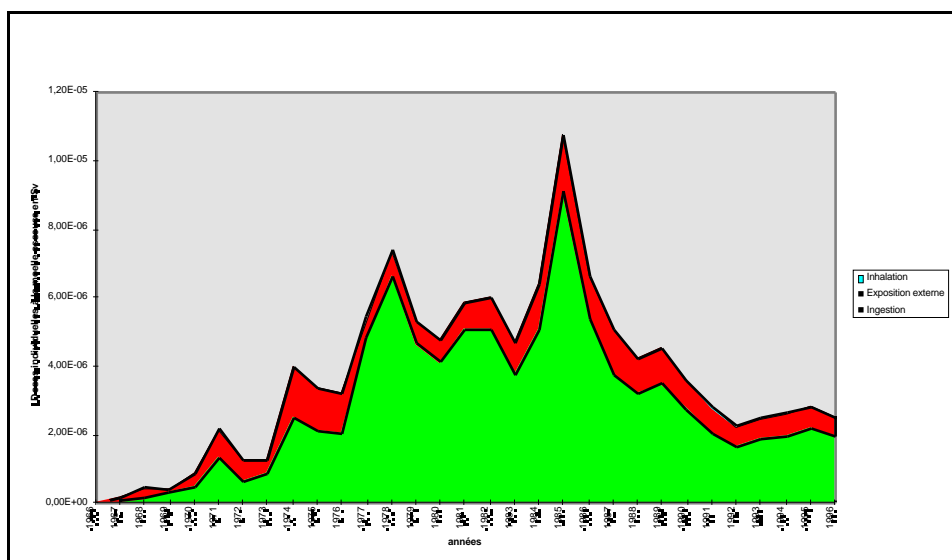


Figure 6. Doses individuelles ex utero délivrées à la moelle osseuse (nourrisson d'1 an)

Dans le cas de l'exposition aux sources naturelles, on note une variation importante liée aux différences de régime alimentaire selon l'âge des individus. La dose est maximale pour les nourrissons et minimale pour les enfants de 13-14 ans. Le Tableau 6 présente la décomposition de ces doses selon les sources d'exposition considérées.

Tableau 6. Doses individuelles annuelles à la moelle osseuse dues aux sources d'exposition naturelles

Type d'exposition	Doses à la moelle osseuse (μSv par an)
Naturelles	1950 - 3460
- radon	330
- cosmique	270
- tellurique	410
- incorporation de radionucléides naturels	940 - 2450

Pour les essais atmosphériques, la valeur maximale a été estimée pour l'année 1963 (soit 270 μSv). Les estimations pour les années récentes sont de 30 μSv par an, y compris la contribution de l'accident de Tchernobyl qui a été estimée à moins de 10 μSv par an (la contribution concernant les années 1986 et 1987).

Par ailleurs, il faut noter que les deux accidents de relâchements les plus significatifs (le percement de la conduite de rejets en mer de l'installation COGEMA en décembre 1979, et l'incendie du silo en janvier 1981) n'ont entraîné des expositions que pour une fraction seulement de la cohorte. A titre d'illustration, les doses individuelles annuelles maximales pour un seul individu supposé exposé, né en 1971 et habitant le village d'Herqueville (village le plus proche sous les vents dominants, pour l'incendie de silo) sont observées dans les douze mois suivant l'accident considéré, soit : 61 μSv pour le percement de la conduite et 700 μSv pour l'incendie de silo. La Figure 7 illustre pour cet individu, l'évolution dans le temps de la dose annuelle *ex utero* à la moelle osseuse liée à l'incendie du silo en comparaison de la dose estimée pour les rejets des installations. Pour l'année 1995, la dose *ex utero* délivrée à la moelle osseuse pour cet individu du fait des deux incidents a été estimée à 3 μSv et s'ajoute donc à la dose délivrée à la moelle osseuse liée aux rejets de routine des installations nucléaires, estimée à environ 5 μSv pour 1995.

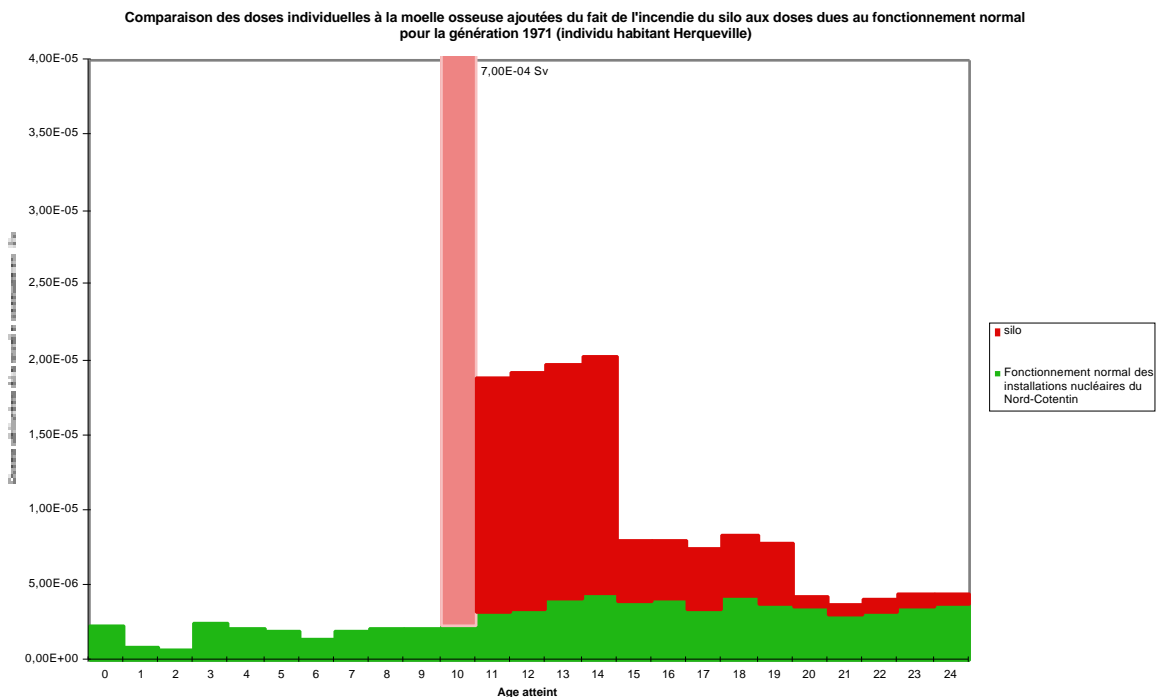


Figure 7. Doses individuelles *ex utero* délivrée à la moelle osseuse ajoutée par l'incendie du silo pour un individu de la génération 1971 supposé exposé (Sv par an)

De façon similaire, on notera que pour l'incendie du silo, la dose *ex utero* délivrée à la moelle osseuse pour un individu de la génération 1971 (âgé de 24 ans en 1995) exposé aux rejets dus à l'incendie a été estimée, pour l'année 1995, à moins de 1 μSv et s'ajoute

à la dose délivrée à la moelle osseuse liée aux rejets de routine des installations nucléaires, estimée à environ 5 μSv pour cet individu en 1995.

Le Tableau 7 résume les doses individuelles estimées pour la cohorte en tenant compte des variations selon les âges des individus ainsi que l'évolution des expositions sur la période d'analyse.

Tableau 7. Doses individuelles annuelles *ex utero* à la moelle osseuse

Type d'exposition	Doses à la moelle osseuse (μSv par an)
Installations nucléaires	
Rejets de routine*	< 1 - 11
Incidents	0 - 700
Médicales	740
Naturelles	1950 - 3460
Essais atmosphériques et accident de Tchernobyl	30 - 270
Total	2721 - ~ 5000**

* Non comprise la dose individuelle à la moelle osseuse *in utero* liée aux rejets de routine et qui varie de 0,3 à 10 μSv selon la génération considérée.

** Il s'agit ici d'une valeur indicative, dans la mesure où les valeurs maximales des différents types d'exposition correspondent à des années différentes en ce qui concerne les rejets des installations, les incidents et les essais atmosphériques.

3.1.2. Expositions collectives

A partir de l'ensemble des doses individuelles présentées ci-dessus, la dose collective totale délivrée à la moelle osseuse pour la cohorte des jeunes du canton de Beaumont-Hague pour la période 1954-1996 est de 322 h.Sv (homme-sievert). La source d'exposition prépondérante est l'exposition naturelle avec une contribution de 74 %, soit 241 h.Sv. La principale voie d'exposition naturelle est l'ingestion de polonium 210 (21 % de la dose collective totale) principalement via l'ingestion de produits marins. L'exposition médicale est une source d'exposition non négligeable (24 % de la dose collective totale, soit 76 h.Sv). L'exposition due aux retombées des essais atmosphériques d'armes nucléaires et de l'accident de Tchernobyl contribue pour 2 % à

l'exposition collective totale (5 h.Sv). Enfin, les installations nucléaires du Nord-Cotentin contribuent pour moins de 0,1 % à la dose collective totale (0,30 h.Sv). Pour cette dernière contribution, les rejets marins contribuent à environ 78 % de cette dose collective, les voies d'exposition prépondérantes étant l'ingestion de produits marins (42 %) et l'exposition externe par le sable des plages (22 %). En ce qui concerne l'ingestion par inadvertance de sable (qui représente 9 %), il s'agit d'une voie d'exposition concernant surtout les très jeunes enfants.

Lors du percement de la conduite de rejet en mer de l'installation de COGEMA (1979-1980), la dose collective ajoutée délivrée à la moelle osseuse pour la cohorte exposée (estimée à 24% de la cohorte totale) a été évaluée à environ 0,04 h.Sv (à comparer au 0,30 h.Sv dû au fonctionnement normal). Lors de l'incendie du silo en 1981, la dose collective ajoutée pour la population exposée (estimée à 20% de la cohorte totale) a été évaluée à environ 0,14 h.Sv. Enfin la dose collective délivrée à la moelle osseuse due à l'exposition *in utero* du fait des rejets de routine des installations nucléaires locales a été estimée à 0,02 h.Sv, soit environ 6% de la dose collective (*ex utero* et *in utero*) due aux rejets de routine des installations nucléaires locales. Le Tableau 8 récapitule les diverses contributions à l'exposition collective.

Tableau 8. Contributions des différentes sources d'exposition à la dose collective de la cohorte pour la période 1966-1996

Sources d'exposition	Dose collective pour la période 1966-1996 (homme-sievert)
Installations nucléaires	
Rejets de routine*	0,3
Incidents	0,18
Sources naturelles	241
Sources médicales	76
Essais nucléaires et accident de Tchernobyl	5
Total	322,5

* Non compris la dose collective délivrée à la moelle osseuse due à l'exposition *in utero* du fait des rejets de routine des installations nucléaires locales. Celle-ci est estimée à 0,02 h.Sv

3.1.3. Risques de leucémie radio-induite pour la cohorte

Sur la base des relations dose-effet retenues, pour l'ensemble de la cohorte et sur la période 1978-1996, correspondant à la période couverte par les études épidémiologiques, le nombre total de cas de leucémies au sein de la cohorte théoriquement attribuables aux expositions *ex utero* aux rayonnements ionisants dans le Nord-Cotentin est de 0,835. Il convient d'y ajouter le nombre total de cas de leucémies associé à l'exposition *in utero* due aux rejets de routine, soit 0,0003, ce qui augmente le nombre de cas estimé de l'ordre de 33 % par rapport à ceux attribuables aux expositions *ex utero* dues aux seuls rejets de routine. La Figure 8 présente la proportion associée à chaque source d'exposition. L'exposition naturelle et l'exposition médicale sont les principaux contributeurs au risque (respectivement 74 % et 24 %). Les installations nucléaires du Nord-Cotentin contribuent, à hauteur de 0,0014 cas (pour l'exposition *ex utero*) soit 0,1 % du total, correspondant à 0,0009 cas pour les rejets de routine et 0,0005 cas pour les incidents (soit 0,0001 cas pour le percement de la conduite de rejets en mer de COGEMA et 0,0004 cas pour l'incendie du silo de COGEMA).

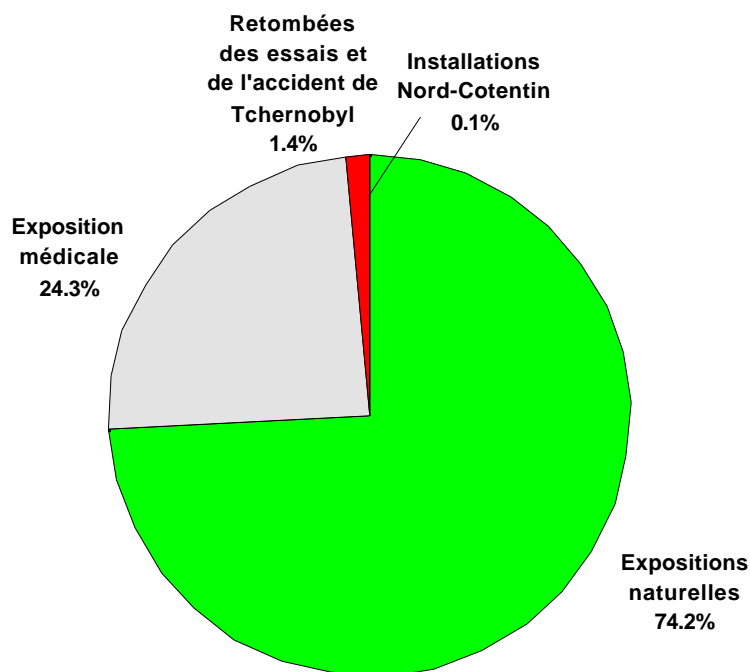


Figure 8. Proportion du nombre de cas de leucémie *ex-utero* en fonction des sources d'exposition

Pour les rejets de routine des installations, les voies d'exposition sont variées. Les voies d'exposition correspondant aux rejets marins contribuent à près de 87 % du risque de leucémie attribuable aux installations locales, la voie prédominante étant l'ingestion de produits marins (poissons, mollusques et crustacés). En termes de risque individuel, les générations qui présentent le risque de leucémie le plus élevé sur la période d'observation considérée (entre 1978 et 1996) sont les générations 1970 à 1980. Ainsi, pour ces individus, le risque estimé, cumulé entre 0 et 24 ans, d'incidence de leucémie attribuable à l'exposition due aux installations nucléaires locales, est compris environ entre 0,2 et 0,3 pour un million. La Figure 9 présente la répartition du nombre de cas de leucémies en fonction des différentes voies d'exposition *ex utero* considérées.

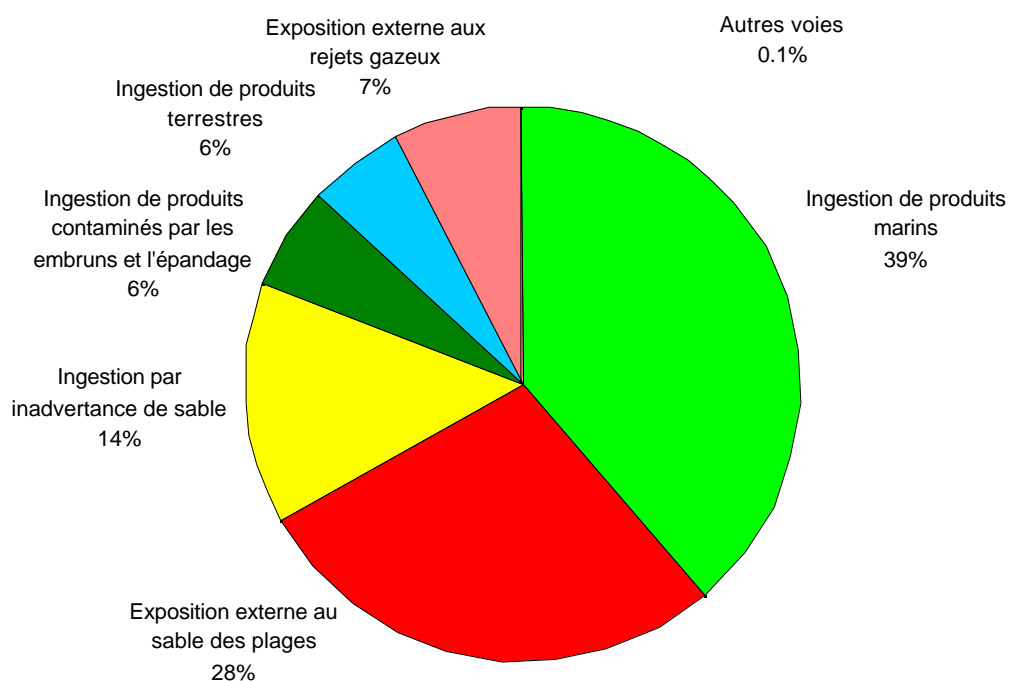


Figure 9. Répartition du nombre de cas de leucémie ex-utero théoriquement attribuable aux rejets de routine des installations nucléaires du Nord-Cotentin en fonction des voies d'exposition

Le Tableau 9 résume les estimations de cas de leucémies théoriquement attribuables aux différentes sources d'exposition aux rayonnements ionisants chez les 6656 jeunes de 0-24 ans pour le canton de Beaumont-Hague sur la période de 1978-1996.

Tableau 9. Synthèse des estimations des cas de leucémies radio-induites pour la cohorte

Sources d'exposition	Nombre de cas de leucémies radio-induites pour la cohorte
Installations nucléaires	0,0014
<i>Rejets de routine*</i>	<i>0,0009</i>
<i>Incidents</i>	<i>0,0005</i>
Sources naturelles	0,62
Sources médicales	0,2
Essais nucléaires et accident de Tchernobyl	0,01
Total (arrondi)	0,835

* Il convient d'ajouter la contribution au risque de l'exposition *in utero* qui atteint 0,0003 cas, valeur calculée uniquement pour les rejets de routine des installations nucléaires.

La part des cas théoriquement attribuables aux expositions (*ex utero* et *in utero*) liées aux installations nucléaires représente ainsi moins de 0,2 % des cas attribuables à l'ensemble des sources d'exposition aux rayonnements ionisants. Sur la base de cette estimation, la probabilité qu'une leucémie soit attribuable aux rejets des installations nucléaires locales est de l'ordre de 1 à 2 pour mille (hors exposition *in utero*) pour l'ensemble des membres de la cohorte sur la période 1978-1996. L'exposition aux sources naturelles et médicales représente plus de 99,8 % du risque.

3.1.4. Analyse de sensibilité

L'analyse de quatre situations particulières d'exposition de la cohorte peut être considérée comme une analyse de sensibilité des estimations moyennes des risques calculés pour la cohorte. Cette analyse conduit aux conclusions suivantes :

- Les situations d'exposition "fréquentation des plages locales par les enfants durant leur enfance" et "fréquentation des plages locales par les mères durant la grossesse" montrent qu'une augmentation par 5 du temps de séjour sur les plages (soit 1h20 par jour pendant 24 ans) n'augmente pas le risque de leucémie radio-induite de façon significative.

- Dans la situation d'exposition "consommation de poissons et de fruits de mer locaux", un individu qui consomme une grande quantité de produits de la mer locaux (jusqu'à 590 g par jour) voit son risque radio-induit pour toutes les sources d'exposition augmenter de 73% environ, essentiellement dû à l'ingestion de radionucléides d'origine naturelle (le polonium 210 contribuant en quasi totalité à la dose).
- La situation d'exposition "résidence dans une maison en granit" montre un accroissement important du risque avec le niveau de concentration en radon. Une augmentation d'un facteur 5 de ce dernier par rapport à la concentration moyenne (74 Bq.m⁻³) entraîne une augmentation du risque de près de 100%.

3.2. Expositions liées aux scénarios particuliers

Il s'agit ici de calculer les doses annuelles (exprimées en doses à l'ensemble de l'organisme (dose efficace) et non plus seulement à la moelle) des individus susceptibles d'être plus exposés que la moyenne des habitants du canton. Ainsi, l'analyse du GRNC portant sur ces situations d'exposition particulières a permis de comparer les niveaux d'exposition correspondant aux situations conduisant aux doses efficaces les plus importantes aux niveaux d'exposition correspondant aux situations des groupes de référence retenus par COGEMA dans ses études d'impact. Les années présentées dans le Tableau 10 sont celles qui ont donné lieu aux impacts les plus importants par les voies marines et terrestres.

Tableau 10. Comparaison des scénarios particuliers et des groupe de référence COGEMA

	Dose efficace individuelle (µSv/a)	
	1985	1996
" Groupes de référence " COGEMA		
- Pêcheurs de Goury	41	5
- Habitants de Digulleville	14	6
Scénarios particuliers GRNC		
- Pêcheurs des Huquets	226	26
- Agriculteurs au Pont-Durand	53	59

Les résultats obtenus pour les scénarios particuliers des pêcheurs des Huquets et pour les habitants du hameau de Pont-Durand conduisent, pour l'année 1996, à des valeurs environ 5 à 10 fois plus élevées que celles obtenues avec les groupes de référence retenus par COGEMA dans ses estimations réglementaires de l'impact de ses rejets en utilisant la même méthodologie que celle du GRNC. Ces différences sont dues aux choix concernant les habitudes de vie et les lieux d'exposition les plus pénalisants. Les résultats peuvent être considérés comme une étude de sensibilité pour ces deux facteurs.

En ce qui concerne le "scénario moyen", correspondant à un adulte moyen du canton pour lequel les habitudes de vie et les modalités d'exposition sont dérivées de l'analyse de la cohorte des jeunes de 0-24 ans, les valeurs obtenues pour les doses efficaces individuelles sont les suivantes : 18 $\mu\text{Sv/a}$ pour l'année 1985 et 4 $\mu\text{Sv/a}$ pour l'année 1996.

Par ailleurs, les doses efficaces individuelles correspondant à la réalisation d'une douzaine de scénarios occasionnels (c'est-à-dire susceptibles d'être observés quelques fois par an dans la région Nord-Cotentin) sont données pour une occurrence dans le Tableau 11. Les résultats montrent que la prise en compte des comportements particuliers conduit à des augmentations de la dose efficace inférieures ou au maximum de l'ordre de grandeur de la dose efficace associée au "scénario moyen". Seule la consommation d'un crabe pêché à proximité du point de rejets pendant l'année 1985 aurait pu conduire à une dose efficace de plusieurs centaines de μSv .

Tableau 11. Doses individuelles associées aux scénarios occasionnels

Description du scénario occasionnel	Dose efficace au corps entier ($\mu\text{Sv/occurrence}$)
Pêcher près de la conduite de rejet de l'usine COGEMA	20 μSv
Se promener près de la conduite	7,5 μSv
Pêcher bas de cale et plots béton	2,75 μSv
Se promener à l'anse des Moulinets	< 1 μSv
Plonger près de la conduite	2,5 μSv
Consommer un crabe (250 g) pêché à moins de 300 m du point de rejet en 1985	313 μSv (7-12 ans)
Utiliser l'eau de la Sainte-Hélène en 1979	10 μSv
Utiliser l'eau de la Sainte-Hélène en 1986	3 μSv
Pêcher dans la Sainte-Hélène en 1979	0,015 μSv
Pêcher dans la Sainte-Hélène en 1986	2 μSv
Jouer à l'embouchure de la Sainte-Hélène en 1987	10 μSv
Jouer à l'embouchure de la Sainte-Hélène en 1991	0,5 μSv
Se promener près du Centre Manche	0,5 μSv

3.3. L'interprétation des résultats en termes de risque

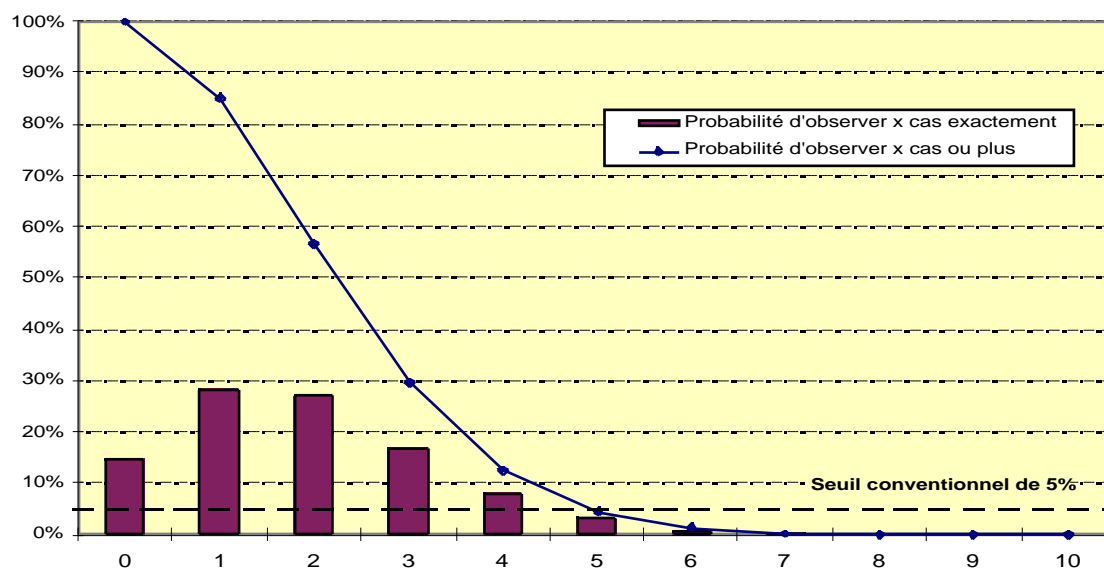
Les résultats présentés ci-dessus concernant l'estimation du risque de leucémies pour la cohorte sont exprimés en termes de valeur moyenne de risque pour une population exposée sur une période déterminée, comparable à celle des études épidémiologiques. Pour l'ensemble des sources d'exposition, on obtient donc 0,835 cas de leucémies attribuables aux rayonnements ionisants. Or, dans la réalité, on observe soit zéro leucémie, soit une, soit plusieurs, mais jamais une fraction. Afin de mieux apprécier la signification du risque estimé pour la cohorte, il faut recourir à une interprétation de type statistique, c'est-à-dire utiliser une loi de probabilité. Compte tenu du phénomène statistique auquel on a affaire ici, c'est la loi dite de Poisson qui s'applique. On est en effet en présence d'événements rares : environ 70 000 personnes.années d'exposition donnant lieu à un risque pour une personne et par année d'exposition de l'ordre d'une chance sur 100 000 de développer une leucémie attribuable à l'ensemble des sources d'exposition aux rayonnements ionisants. L'analyse statistique proposée pour interpréter les résultats considère successivement trois probabilités de survenue des leucémies :

- en fonction de l'incidence de base des leucémies pour la population générale (indépendamment de la prise en compte des risques estimés de leucémies radio-induites) ;
- les leucémies potentiellement attribuables à l'exposition *ex utero* aux rejets des installations nucléaires ;
- les leucémies potentiellement attribuables à l'ensemble des expositions *ex utero* aux rayonnements ionisants.

L'incidence de base de leucémie

Si l'on considère tout d'abord l'hypothèse d'une cohorte présentant le même risque de leucémie que la population générale française (estimé à partir des résultats du réseau des registres français du cancer FRANCIM appliqués à la cohorte du Nord-Cotentin), le nombre de cas attendus pour l'ensemble de la cohorte et pour la période d'observation considérée est égal en moyenne à 1,9 cas. Cette valeur est à comparer aux 4 cas réellement observés dans cette même population sur la période 1978-1996. L'application d'une loi de Poisson à cette valeur moyenne (voir Figure 10) permet d'estimer à 12% la probabilité d'observer au moins 4 cas liés à l'incidence de base de leucémie sur cette même période. Cette probabilité étant supérieure au seuil de confiance de 5% communément retenu dans les études épidémiologiques, l'hypothèse que cet excès de cas

puisse être dû au hasard ne peut être rejetée. On peut cependant noter que l'incidence des leucémies sur la période 1978-1996 dans le canton de Beaumont-Hague reste élevée par rapport à celle attendue d'après les taux de référence, même si cette différence demeure très limitée.



Nombre de cas x	Probabilité d'observer x cas exactement	Probabilité d'observer x cas ou plus
0	14,957%	100%
1	28,418%	85,043%
2	26,997%	56,625%
3	17,098%	29,628%
4	8,122%	12,529%
5	3,086%	4,408%
6	0,977%	1,321%
7	0,265%	0,344%
8	0,063%	0,079%
9	0,013%	0,016%
10	0,003%	0,003%

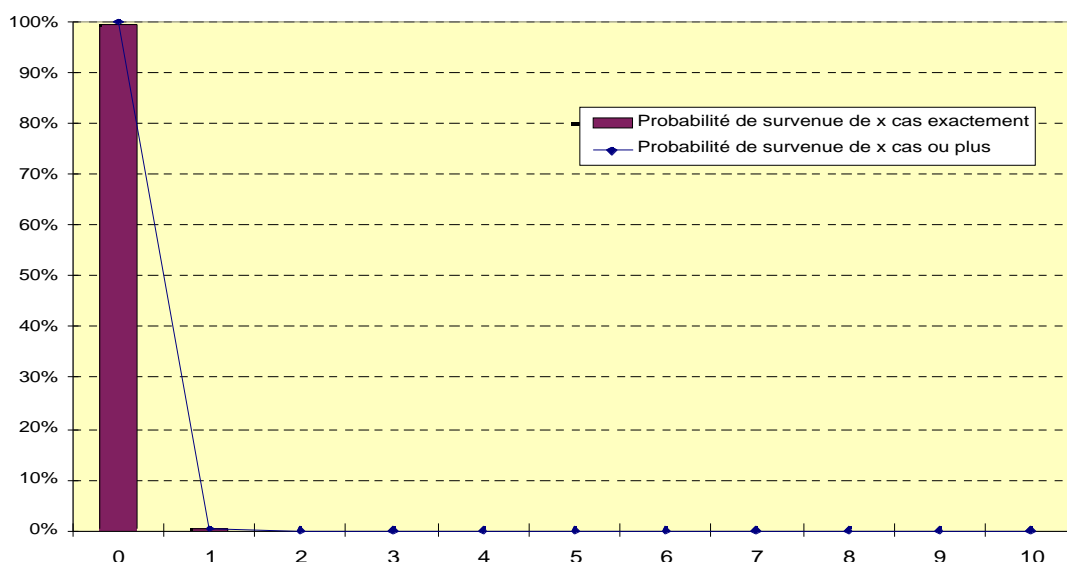
Figure 10. Probabilité d'observer des leucémies suivant une loi de Poisson de moyenne 1,9

(correspondant à l'incidence de base dérivée de la moyenne française appliquée au canton de Beaumont-Hague sur la période 1978-1996, pour les individus âgés de 0 à 24 ans)

Le risque associé aux installations nucléaires

L'évaluation du nombre de leucémies attribuables à l'exposition *ex-utero* durant l'enfance due aux rejets des installations nucléaires du Nord-Cotentin est de 0,0014 cas en moyenne

pour l'ensemble de la cohorte et de la période d'observation, valeur que l'on peut également comparer aux 4 cas observés. L'application d'une loi de Poisson à cette valeur moyenne (voir Figure 11) permet d'estimer à 1,4 pour mille (0,14%) la probabilité d'observer sur cette même période au moins un cas attribuable aux installations nucléaires du Nord-Cotentin (la probabilité d'observer au moins deux cas est de l'ordre d'un pour un million). Par ailleurs, le risque moyen de leucémie de chaque individu de la cohorte au cours de cette période pouvant être attribué aux expositions *ex utero* liées aux rejets de routine des installations nucléaires locales est extrêmement faible, puisqu'il est égal environ à 1 pour 100 millions par année d'exposition. Cette valeur correspond au risque de survenue des leucémies rapportée au nombre de personnes-années.



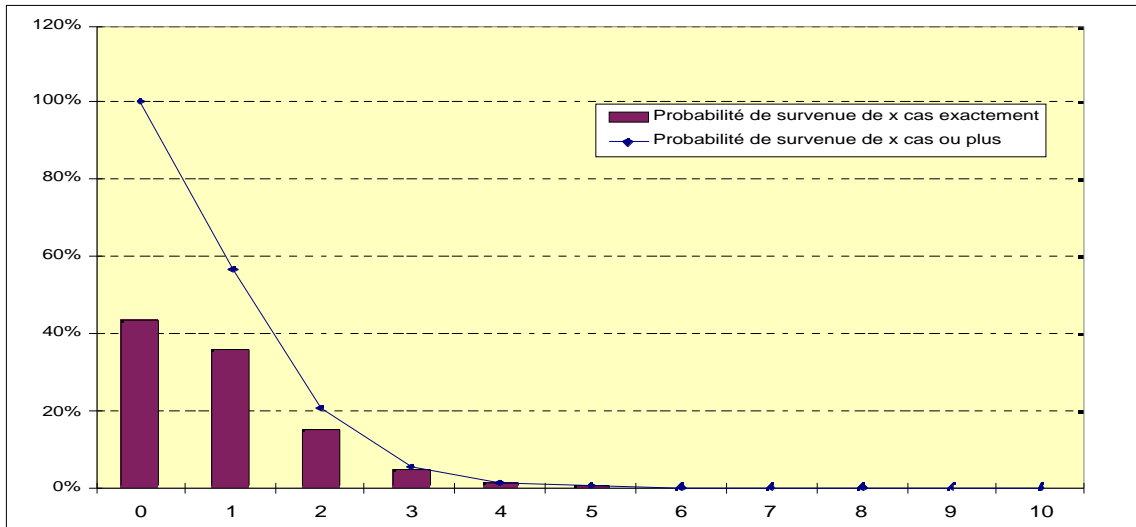
Nombre de cas x	Probabilité de survenue de x cas exactement	Probabilité de survenue de x cas ou plus
0	$9,99 \cdot 10^{-1}$	1
1	$1,40 \cdot 10^{-3}$	$1,40 \cdot 10^{-3}$
2	$9,79 \cdot 10^{-7}$	$9,79 \cdot 10^{-7}$
3	$4,57 \cdot 10^{-10}$	$4,57 \cdot 10^{-10}$
4	$1,60 \cdot 10^{-13}$	$1,60 \cdot 10^{-13}$
5	$4,48 \cdot 10^{-17}$	$4,48 \cdot 10^{-17}$

Figure 11. Probabilité de survenue de leucémies suivant une loi de Poisson de moyenne 0,0014

(correspondant à l'estimation du nombre de cas de leucémies attribuables à l'exposition ex utero aux rejets des installations nucléaires dans le canton de Beaumont-Hague sur la période 1978-1996, pour les individus âgés de 0 à 24 ans)

Le risque associé à l'ensemble des expositions

L'évaluation du nombre de leucémies attribuables à l'ensemble des expositions *ex utero* aux rayonnements ionisants durant l'enfance (irradiation naturelle, exposition médicale, retombées des essais atomiques et de l'accident de Tchernobyl, rejets des installations nucléaires) est de l'ordre de 0,835 cas, soit près du quart du nombre de cas observés. Ce risque est attribuable pour plus de 99 % aux sources autres que les rejets des installations nucléaires, dont près de 75% dus à la radioactivité naturelle, 24% à l'exposition médicale et de l'ordre de 1% pour les retombées des essais nucléaires et de la catastrophe de Tchernobyl. L'application d'une loi de Poisson au nombre de leucémies attribuables à l'ensemble des expositions *ex utero* aux rayonnements ionisants permet d'estimer respectivement à 57 %, 20 % et 5 % la probabilité d'observer sur cette même période au moins 1, 2 et 3 cas attribuables à l'ensemble des sources (voir Figure 12). Sur cette base, on ne peut donc pas rejeter l'hypothèse que parmi les 4 leucémies observées certaines puissent être dues à l'irradiation naturelle et à l'exposition médicale. Le risque individuel moyen au sein de la cohorte correspondant à ces sources d'exposition est de l'ordre de 1 pour 100 000 par personne et par année.



Nombre de cas x	Probabilité de survenue de x cas exactement	Probabilité de survenue de x cas ou plus
0	4.34E-01	1
1	3.62E-01	5.66E-01
2	1.51E-01	2.04E-01
3	4.21E-02	5.26E-02
4	8.79E-03	1.05E-02
5	1.47E-03	1.70E-03
6	2.04E-04	2.31E-04
7	2.44E-05	2.72E-05
8	2.54E-06	2.80E-06
9	2.36E-07	2.56E-07
10	1.97E-08	1.98E-08

Figure 12. Probabilité de survenue de leucémies suivant une loi de Poisson de moyenne 0,835

(correspondant à l'estimation du nombre de cas de leucémies attribuables à l'ensemble des sources d'exposition ex utero aux rayonnements ionisants dans le canton de Beaumont-Hague sur la période 1978-1996, pour les individus âgés de 0 à 24 ans)

3.4. Les conclusions et les recommandations du GRNC

Sur la base de l'ensemble des résultats présentés ci-dessus, le GRNC a finalement formulé les principales conclusions suivantes [9] :

"Des études épidémiologiques ont montré que le nombre total de cas de leucémies attendu dans le canton de Beaumont-Hague de 1978 à 1996 serait de l'ordre de deux si le taux de survenue de cette maladie était le même que celui observé au niveau national. Quatre cas ont été observés. Cette différence n'est cependant pas statistiquement significative.

La reconstitution des expositions résultant des installations nucléaires, telle qu'elle a été réalisée par le Groupe Radioécologie Nord-Cotentin, aboutit à un nombre calculé de 0,0014 cas radio-induit de leucémie³ sur la période 1978-1996. Ce nombre est faible en regard de l'incidence de leucémie observée par les études épidémiologiques récentes.

Cependant, ce résultat est une estimation moyenne et il convient de souligner à ce stade que les marges d'incertitude n'ont pas été quantifiées. Du fait de cette réserve, certains membres du groupe considèrent ne pas pouvoir à ce stade conclure qu'il est peu probable que les rejets des INB contribuent à l'incidence de leucémie observée dans le canton de Beaumont-Hague.

Les résultats obtenus sont comparables à ceux d'études semblables réalisées en Grande-Bretagne autour des usines de retraitement de Dounreay et de Sellafield. La conclusion des études britanniques était que les rejets des installations nucléaires ne peuvent expliquer le nombre de cas de leucémies observées."

De façon plus générale, le GRNC a conclu que *"l'ensemble des travaux réalisés - épidémiologiques et radioécologiques - ne semble pas pouvoir expliquer l'incidence de leucémies relativement élevée observée, sans pour autant remettre en cause l'hypothèse de travail retenue qui est celle d'une relation dose / effet sans seuil, c'est-à-dire qu'aux faibles doses correspondrait un risque faible et non un risque nul. Ces travaux conduisent cependant à recommander en priorité une étude plus approfondie des expositions*

³ A ce risque s'ajoute la contribution de l'exposition *in utero* calculée uniquement pour les rejets de routine des INB et qui atteint 0,0003 cas.

d'origine médicale et naturelle dans le Nord-Cotentin et, en tout état de cause, comme le prévoit la réglementation, de limiter autant que faire se peut les expositions de la population quelles que soient les sources considérées".

Sur la base de ses travaux, le GRNC a été amené à proposer une série de recommandations en vue à la fois d'approfondir certains aspects de l'évaluation des expositions et des risques pour la population du canton de Beaumont-Hague et aussi de façon plus générale de tirer les enseignements de cette expérience pour le suivi des expositions aux rayonnements ionisants pour diverses populations. Les principales recommandations sont présentées succinctement ci-après.

Sources d'exposition autres que les installations nucléaires

"Ces sources d'exposition devraient faire l'objet, au niveau local, d'études rétrospectives plus approfondies sur les analyses médicales chez les jeunes et les femmes enceintes. Il serait également important d'élargir le champ de l'expertise à la prise en compte d'autres sources de pollution (pollution chimique, ...) et à leur éventuelle synergie avec les effets des rayonnements ionisants."

Etude d'incertitude

"Dans le domaine marin des études d'incertitude sur l'effet de la variabilité de l'ensemble des données utilisées, notamment sur la variabilité des mesures, ont été réalisées mais n'ont pas été exploitées pour le calcul de dose. Il faut souligner qu'une étude d'incertitude globale n'a pas été faite dans les travaux semblables réalisés en Grande-Bretagne. Une telle étude pourrait être réalisée ultérieurement (pour le canton de Beaumont-Hague - ndlr).

Surveillance

"Le groupe a utilisé largement les résultats de mesure de la surveillance de l'environnement mais a constaté le besoin de mesures plus spécifiques pour certains radionucléides et avec des limites de détection plus basses pour mieux apprécier dans le futur les niveaux de l'exposition des populations..."

Enfin, il conviendra de définir un cadre de collaboration des différents laboratoires qui ont contribué à constituer la base de données des mesures dans l'environnement afin de

poursuivre la mise à jour de cette base et de l'élargir à des indicateurs qui n'ont pas été pris en compte."

Expertise pluraliste

"Il conviendra ultérieurement de s'interroger, à la lumière des réactions de ces différentes composantes (les membres du GRNC - ndlr), sur la contribution d'une telle expertise dans le processus d'analyse des dossiers d'impact dans d'autres situations."

3.5. Comparaison des résultats du GRNC avec ceux de COMARE

A titre de comparaison, même si de nombreuses différences sont à souligner, il est intéressant de rappeler les résultats obtenus dans l'étude COMARE concernant la population des jeunes de 0 à 24 ans vivant à proximité des installations de Sellafield au Royaume-Uni (usines de BNFL, Seascale - région West Cumbria), dont la dernière réévaluation a été publiée en 1996.

Cette évaluation concerne les populations exposées entre 1945 et 1992 et comprend un effectif de 1348 personnes. Les principaux résultats obtenus en termes de doses *ex utero* et *in utero* délivrées à la moelle osseuse et de risque de leucémies attribuables à l'exposition aux rayonnements ionisants sont présentés dans le Tableau 12.

Tableau 12. Résultats de l'étude COMARE pour les populations vivant autour de l'installation de Sellafield

Sources d'exposition	Dose collective délivrée à la moelle osseuse (homme.sievert)	Nombre de cas de leucémies radio-induites
Installations nucléaires*	4,1	0,04
Sources naturelles	39	0,36
Sources médicales	3,1	0,02
Essais nucléaires et accident de Tchernobyl	2,2	0,03
Total (arrondi)	48,5	0,45

* Parmi les rejets des installations nucléaires, l'usine de retraitement contribue pour 2,39 homme.sievert, et l'incendie de Windscale pour 0,917 homme.sievert.

Sur cette base, le comité COMARE concluait que l'estimation des expositions aux rayonnements ionisants de la population de Seascale était beaucoup trop faible pour expliquer le nombre de cas de leucémies observés parmi les jeunes durant la période considérée pour l'étude. Compte tenu du nombre de cas de leucémies observés (12 cas) et des doses estimées pour cette population, le comité a estimé que les doses reçues étaient environ 25 fois trop faibles pour expliquer les cas observés.

Une comparaison directe avec les résultats obtenus par le GRNC est délicate, notamment compte tenu des différences en termes de taille de la population et de durée du suivi des expositions ainsi que des différences quant aux modèles utilisés, aux habitudes de vie ou encore à l'importance des rejets en mer (plus grande dans le passé pour Sellafield que pour l'usine de retraitement COGEMA de La Hague). Cependant, afin de mettre en perspective les résultats du GRNC avec ceux de COMARE, les expositions et les risques pour les rejets de routine ont été rapportés à 100 000 personnes-années (voir Tableau 13). Cette analyse fait apparaître que les risques estimés pour la cohorte de Seascale sont environ 40 fois plus élevés que ceux estimés pour la cohorte du canton de Beaumont-Hague.

Tableau 13. Comparaison des études COMARE et GRNC (uniquement pour les rejets de routine)

	Seascale (Sellafield) [15]	Beaumont- Hague [9]
Période	1945-92	1966-96
Effectif	1348	6656
Personnes-années	25300	94296
Dose collective (in utero et ex utero) due aux rejets de routine	2,39 h.Sv	0,32 h.Sv
Dose collective pour 100 000 personnes-années (in utero et ex utero) due aux rejets de routine	9,45 h.Sv	0,34 h.Sv
Nombre de cas radio-induits estimés au sein de la cohorte	0,020	0,0012
Risque de leucémie pour 100 000 personnes-années	0,079	0,002

Tout en gardant à l'esprit ces différences, il est intéressant de mettre en regard les contributions des différentes sources d'exposition au risque de leucémies attribuables aux rayonnements ionisants pour les deux études (voir Tableau 14).

Tableau 14. Contribution en pourcentage du risque de leucémies attribuable aux rayonnements ionisants (valeurs arrondies)

Sources d'exposition	Seascale COMARE¹	Beaumont-Hague GRNC²
Installations nucléaires	9 %	0,2 %
Sources naturelles	80 %	74,5 %
Sources médicales	6 %	24,1 %
Essais nucléaires et accident de Tchernobyl	5 %	1,2 %

¹ Comprenant les expositions *ex utero* et *in utero*

² Comprenant uniquement les expositions *ex utero*

Bien que ces deux évaluations (COMARE et GRNC) ne recouvrent pas exactement les mêmes types d'exposition et que les chiffres présentés dans ce tableau soient à utiliser avec précaution, des différences notables entre ces deux évaluations apparaissent :

- des différences quant aux modalités d'exposition pour les rejets des installations qui proviennent de différences en termes de rejets, d'habitudes de vie et de modèles ;
- des différences en ce qui concerne les expositions d'origine médicale dont la contribution est beaucoup plus faible dans l'étude du GRNC que dans l'étude COMARE.

On peut cependant noter que l'on observe une relative concordance quant à l'importance des sources d'expositions naturelles.

4. LES PERSPECTIVES OUVERTES PAR L'EXPERIENCE DU GRNC

4.1. Le point de vue des experts du mouvement associatif

Avant d'aborder les enseignements susceptibles d'être tirés du processus mis en place par le GRNC, il est apparu important d'interroger, après coup, les experts du mouvement associatif ayant participé aux travaux du groupe afin de mieux comprendre comment, de leur point de vue, ils jugeaient la façon dont s'était déroulé ce processus et les leçons qu'ils en retireraient pour l'avenir. En effet, le fait que ces experts aient souhaité faire apparaître explicitement certaines réserves au niveau des conclusions finales mettait clairement en évidence des différences d'appréciation quant à l'interprétation à donner aux résultats et, au-delà, à la démarche adoptée par le groupe. Des entretiens individuels ont d'abord été organisés avec Madame SENE du GSIEN et Monsieur BARBEY de l'ACRO qui ont participé directement aux travaux du GRNC. Un interview de Monsieur DESBORDES, Président de la CRII-RAD a été ensuite réalisé afin de recueillir la position de cette association qui, bien qu'ayant participé aux travaux du GRNC, n'a pas souhaité s'associer à ses conclusions.

4.1.1. Le point de vue de Madame SENE

Madame Monique SENE du GSIEN considère que la composition élargie du Groupe Radioécologie Nord-Cotentin a été un apport pour la richesse des débats et qu'il faut essayer d'étendre ce type de démarche dans d'autres contextes relatifs au nucléaire, mais aussi dans d'autres domaines d'expertise concernant les risques pour la santé et l'environnement. Cependant, elle souligne que pour gagner en efficacité l'expertise dite indépendante, c'est-à-dire qui ne dépend ni des industriels, ni des instances de contrôle, doit être en mesure de disposer de moyens humains et financiers pour assumer une telle tâche. En d'autres termes il faut envisager, si d'autres expériences similaires se développent dans l'avenir, un soutien financier direct des experts ou des associations qui y participeraient.

Cela étant précisé, du point de vue des résultats du GRNC, Madame SENE pense qu'il existe encore beaucoup d'incertitudes quant à divers calculs réalisés par les groupes de travail. Parmi ces incertitudes, elle mentionne, entre autres :

- la validité des modèles retenus pour la dispersion des radionucléides dans l'environnement. A ce sujet elle s'interroge sur l'existence possible d'autres modèles

que ceux qui ont été retenus et également sur le fait de savoir si ces derniers étaient les mieux adaptés à la situation. Y a-t-il des développements en cours concernant la modélisation de la dispersion dans l'environnement qui pourraient donner lieu dans les prochaines années à de nouveaux modèles plus adaptés ? Dans ce cas, il conviendrait à ses yeux de maintenir une veille scientifique et de procéder dès que possible à de nouvelles évaluations. Cette forme de vigilance lui paraît être un point essentiel de toute démarche scientifique rigoureuse et responsable.

- l'identification des différentes causes de leucémies. Si l'étude permet d'apporter des éléments de réponse à l'interrogation soulevée par le Professeur VIEL par rapport aux rayonnements ionisants, elle laisse complètement de côté d'autres causes éventuelles. Il conviendrait donc, après cette première investigation, d'explorer l'ensemble des autres causes possibles à l'origine des leucémies constatées dans la région.

Compte tenu de ces limitations, Madame SENE souligne l'intérêt qu'il y aurait à poursuivre la recherche sur le plan scientifique afin de mieux appréhender d'une part, les risques associés à l'exposition aux rayonnements ionisants et, d'autre part, la contribution éventuelle d'autres facteurs de risque. Pour ces diverses raisons, les résultats du GRNC doivent donc être considérés avec prudence et présentés en précisant qu'ils ne font que refléter l'état des connaissances actuelles, ces dernières pouvant évoluer rapidement. Elle souligne également que les travaux du GRNC ont permis de constituer un inventaire relativement exhaustif de la situation dans le Nord-Cotentin (y compris celui des cancers), qu'il convient maintenant d'exploiter et de pérenniser pour assurer un véritable suivi de la santé des populations et des travailleurs.

Par ailleurs, l'expérience du GRNC a montré de son point de vue l'intérêt de mettre en place un nouveau dispositif de régulation pour le suivi des rejets des installations nucléaires dans l'environnement. Ce contrôle réglementaire autour des installations nucléaires devrait permettre une participation accrue, crédible et durable du citoyen, notamment par l'implication d'une expertise pluraliste au processus d'évaluation et de contrôle de ces installations. Cette démarche serait de nature à favoriser la confiance dans l'ensemble du processus d'évaluation et de contrôle qui jusqu'à présent reposait essentiellement sur la confiance accordée aux pouvoirs publics à travers ses organismes de contrôle. A son avis, pour fonctionner correctement, un tel processus doit instaurer un véritable dialogue entre les différents acteurs en acceptant que toutes les questions de toute nature puissent être posées et que des réponses y soient apportées. A ce niveau, il lui paraît indispensable que les exploitants et les pouvoirs publics mettent toute l'information

disponible à disposition des experts indépendants afin que ces derniers puissent exercer leur rôle d'examen critique et étayer ainsi leur questionnement. Madame SENE regrette que trop souvent encore, dans les processus d'implications d'experts indépendants, les informations ne soient transmises qu'en réponse à des questions de ces experts et non comme un préalable à l'engagement du processus. Il faut également que le processus d'évaluation pluraliste permette de ré-interroger de façon régulière les évaluations effectuées en adoptant des règles claires comme par exemple une périodicité définie en fonction des principales étapes de la vie des installations ou à l'occasion d'événements particuliers. Dans cette approche, il lui paraît important de conserver une vigilance particulière par rapport aux rejets futurs.

Enfin, Madame SENE, mentionne les difficultés que soulève, au sein même des associations qui accueillent des experts indépendants, leur participation dans des expériences du type de celle du GRNC. En effet, elle pense qu'il est important de garder à l'esprit, mais aussi de faire comprendre aux membres du mouvement associatif que :

- Participer aux travaux d'un groupe ne signifie pas adhérer à l'ensemble des travaux du groupe et, notamment, qu'il est toujours possible, à la sortie du processus de participation, de pouvoir exprimer son point de vue. C'est d'ailleurs ce qu'elle-même à fait dans le cadre du GRNC.
- Interroger de façon critique les évaluations effectuées et les résultats obtenus dans un processus d'évaluation pluraliste ne signifie pas forcément un désaccord avec le groupe et une déqualification du travail effectué.

De son point de vue, elle considère qu'il est important pour les experts indépendants de pouvoir participer à des travaux du type GRNC pour pouvoir poser des questions, même si elles sont dérangeantes, et obtenir toutes les informations disponibles. C'est à ce prix que se construit la confiance dans les processus de contrôle. Elle pense également que la participation d'une expertise pluraliste dans des travaux d'évaluation comme ceux du GRNC permet de transformer progressivement le système de contrôle et de surveillance des installations nucléaires pour le rendre plus ouvert.

4.1.2. Le point de vue de Monsieur BARBEY

Pour Monsieur BARBEY de l'ACRO, la constitution du GRNC a apporté une reconnaissance partielle du mouvement associatif et de son rôle dans l'évaluation des

risques et le contrôle des rejets des installations nucléaires. Il souligne cependant que, dans le cas du GRNC, cette participation ne s'est faite qu'au titre de l'expertise des membres qui ont été invités à participer au processus et qu'à ce titre, les associations n'avaient pas un rôle officiel. Cette situation n'est pas sans poser quelques difficultés pour les experts participants par rapport aux membres des associations qui ne sont pas directement impliqués.

Globalement, Monsieur BARBEY considère que le premier objectif de sa participation aux travaux du GRNC à savoir : « l'ouverture des boîtes noires » a été atteint. En effet sa participation, en tant qu'expert scientifique du mouvement associatif, se justifiait à ses yeux essentiellement par le souci de connaître et de comprendre l'ensemble des modèles de dispersion et d'exposition utilisés par les exploitants et les pouvoirs publics dans les procédures d'évaluation et d'autorisation relatives aux rejets radioactifs des installations nucléaires. Compte tenu des objectifs de l'ACRO, il est en effet indispensable de bien maîtriser ces procédures. Au-delà des « boîtes noires », c'est également de l'information sur les rejets qu'il venait chercher en intégrant le GRNC. Dans cette perspective, il considère qu'il a obtenu satisfaction et il note qu'à l'occasion de la démarche du GRNC, des progrès incontestables ont été réalisés par les exploitants et les experts institutionnels en matière de partage de l'information et de l'expertise.

Sur le plan de son implication personnelle dans les groupes de travail du GRNC, Monsieur BARBEY a eu l'impression d'avoir été en partie écouté, mais il regrette cependant de n'avoir pas été suivi sur un certain nombre de points qu'il considérait comme très importants et qui n'ont pas vraiment retenu l'attention des autres membres du groupe. Il considère néanmoins que sa participation a permis notamment de contribuer à une meilleure définition des groupes de référence susceptibles d'être les plus exposés, en prenant davantage en considération les pratiques locales qui peuvent influencer significativement sur les expositions. Il a apprécié également le fait que la Présidente du groupe ait toujours pris la précaution de rappeler que l'objectif n'était pas d'aboutir à une position unanime ni même consensuelle, mais était de mettre en commun toutes les informations et les interrogations des différents participants et de produire des textes dans lesquels les divergences éventuelles et les raisons de ces divergences apparaissaient clairement. Cette approche constitue à ses yeux la garantie nécessaire pour une réelle implication du mouvement associatif dans ce type de démarche.

Monsieur BARBEY souligne cependant que la présence du mouvement associatif dans le GRNC ne doit pas masquer l'important déséquilibre qui a prévalu tout au long du

processus entre les différents groupes d'acteurs en termes de moyens matériels, de potentiel humain, d'outils d'évaluation et même d'expérience dans un domaine traditionnellement réservé aux opérateurs et aux milieux institutionnels. De ce point de vue, il considère que le bénévolat qui caractérise la démarche associative touche à ses limites et qu'il convient d'engager une réflexion sur la façon dont pourrait s'organiser l'implication active de l'expertise associative à l'occasion de prochaines démarches similaires. Le manque de moyens et de soutien reste, pour lui, une des raisons principales de l'attitude de réserve que le milieu associatif doit conserver vis-à-vis d'expériences du type de celle du GRNC.

Sur le plan de la démarche dévaluation, Monsieur BARBEY considère qu'en matière de risque radiologique, compte tenu des incertitudes qui demeurent quant à l'impact sanitaire réel des rayonnements, en particulier à faibles niveaux d'exposition, il convient dans toute évaluation d'impact sanitaire d'adopter une approche « enveloppe » (conservatrice) car en l'absence de la mesure précise de l'incertitude liée aux calculs dits « réalistes », seule une telle démarche « enveloppe » garantit que les résultats finaux incluent la vraie valeur de l'impact. Pour lui, il importe de souligner, par ces réserves, les incertitudes qui existent sur le calcul du risque et donc les limites de l'exercice du GRNC afin d'éviter toute conclusion tranchée et définitive. La difficulté qui existe pour établir une relation de cause à effet dans le cas des leucémies du Nord-Cotentin ne constitue pas pour autant la preuve de l'absence de cette relation causale. Monsieur BARBEY mentionne également que le fait de chercher à comprendre les calculs et d'être d'accord sur les modèles utilisés ne signifie pas forcément une acceptation des résultats auxquels ils aboutissent dès lors que les incertitudes n'ont pas été évaluées. De plus, Monsieur BARBEY considère qu'il reste tout à fait possible que le groupe soit passé à côté d'une donnée importante qui aurait été susceptible de modifier significativement les résultats de l'étude.

Sur un plan plus général, parler de l'expertise pluraliste comme un élément de la construction de la confiance sociale ne va pas de soi. La présence du mouvement associatif dans les processus d'évaluation concernant l'impact des rejets des installations nucléaires ne signifie pas du tout que le mouvement associatif accepte ces rejets. Il ne faut pas que le terme de confiance sociale, qui est un terme devenu à la mode depuis un certain temps, masque la réalité des antagonismes et soit assimilé à l'acceptation pure et simple des situations qui sont concernées. Ce point est pour lui très important et il en veut pour preuve la difficulté qu'il a pu lui-même rencontrer, au sein de l'ACRO, du fait de sa participation en tant qu'expert aux travaux du GRNC. Participer ne signifie en aucun cas collaborer et a fortiori accepter les rejets. L'implication active dans les travaux du GRNC

ne signifie pas non plus une participation à la co-gestion du risque. Il s'agit davantage de la mise en place d'une concertation sur les impacts des rejets des installations nucléaires incluant des confrontations publiques sur l'évaluation du risque. Du point de vue du mouvement associatif, l'objectif primordial reste de maintenir la vigilance par rapport aux rejets des installations.

4.1.3. Le point de vue de Monsieur DESBORDES

Contrairement aux autres experts du mouvement associatif, l'expert de la CRII-RAD n'a pas souhaité être associé aux conclusions du GRNC⁴. Néanmoins, Monsieur DESBORDES, Président de la CRII-RAD, a répondu favorablement à la demande d'entretien qui lui a été proposée afin de partager son opinion sur la démarche. N'ayant pas participé directement à l'ensemble des travaux du GRNC, mais ayant suivi de près ses divers développements, ses propos ont essentiellement porté sur les enseignements généraux que l'on pouvait tirer de cette expérience.

Tout d'abord, Monsieur DESBORDES explique que la CRII-RAD considère qu'il y a eu un excès de précipitation lors de l'élaboration des conclusions des travaux du GRNC ce qui n'a pas permis d'aplanir les divergences de fond. Dès lors, la CRII-RAD ne pouvait que se dissocier du document de synthèse. Du fait d'événements indépendants de leur volonté et compte tenu des délais imposés par la Présidente du GNRC, les experts de l'association considèrent qu'ils n'ont pas eu suffisamment de temps pour analyser et discuter les conclusions du GRNC. Dans ces conditions, ils ont donc préféré s'abstenir de contribuer aux conclusions. Au passage, Monsieur DESBORDES considère que l'expérience du GRNC devrait être qualifiée de plurielle plutôt que de pluraliste, dans la mesure où les moyens qui étaient à la disposition des différents participants n'étaient pas de même nature et en tout état de cause très disproportionnés, ce qui, de son point de vue, ne permet pas d'assurer le caractère pluraliste à l'expertise. Il souligne que les moyens disponibles n'ont pas été répartis de façon égale entre les différents acteurs et que, de plus, seuls quelques experts du mouvement associatif ont pu participer au GRNC qui de ce fait n'étaient pas vraiment représentatifs de l'ensemble de ce mouvement.

Ceci étant précisé, Monsieur DESBORDES considère que malgré les conclusions retenues par le GRNC, globalement les résultats ne sont pas vraiment rassurants pour les

⁴ Voir note de synthèse 99-26 : "Bilan de la participation de la CRII-RAD aux travaux du Groupe Radioécologie Nord-Cotentin", publiée en janvier 2000 (Responsable d'étude : Bruno CHAREYRON).

populations concernées, dans la mesure où les incertitudes associées aux différentes étapes du calcul n'ont pas été évaluées. Il estime que l'évaluation est loin d'être complète et il souhaite que les limites concernant les résultats soient davantage mises en évidence au niveau de la communication des membres du GRNC, en attendant de réaliser une analyse plus approfondie des incertitudes qu'il appelle de ses vœux.

Monsieur DESBORDES souligne également que la limitation de l'étude à la dose à la moelle osseuse et du risque de leucémie associé n'a pas permis d'explorer l'ensemble des interrogations associées aux effets potentiels de l'exposition aux rayonnements ionisants sur la santé. De même, il regrette que la question de la synergie avec d'autres toxiques n'ait pas été abordée. Il s'agit pour lui d'une approche partielle qui n'apporte pas de réponses très convaincantes aux interrogations initiales. Il lui paraît indispensable d'élargir l'analyse et notamment d'explorer les autres causes potentielles pour l'occurrence des leucémies avant de tirer toute conclusion sur l'innocuité des rejets des installations. Dans cette perspective, il lui semble nécessaire que des évaluations complémentaires soient réalisées avec une implication de médecins experts dans le groupe plénier.

Pour Monsieur DESBORDES, les conclusions adoptées par le groupe plénier sont trop affirmatives compte tenu des incertitudes qui demeurent. Par ailleurs, il regrette que les résultats de l'étude n'aient pas conduit à un débat sur l'option "rejets zéro" dans la perspective de la mise en œuvre de la convention OSPAR à laquelle la France a adhéré au plan international. Il précise qu'il s'agit d'un objectif à moyen terme qui doit être discuté dès à présent afin de déterminer le meilleur "chemin" qui permettra de l'atteindre dans un avenir pas trop éloigné. De ce point de vue, il considère qu'il convient de mener une réflexion sur la légitimité des rejets dans l'environnement. Même si les rejets actuels sont légaux dans la mesure où ils respectent les autorisations de rejets accordées pour l'exploitation des installations en question, il pense que sur le long terme, la légitimité de ces rejets doit être interrogée. Il pense en effet que compte tenu d'une part, des phénomènes d'accumulation et de transferts qui sont loin d'être vraiment maîtrisés sur le plan des connaissances et, d'autre part, de l'impossibilité de prédire les usages de l'environnement par les générations futures, il convient d'être prudent et donc de réduire au maximum toute forme de rejets qu'ils soient d'ailleurs radioactifs ou d'autres natures. Les rejets dans l'environnement deviendront dans les années à venir de plus en plus inacceptables et il faut donc dès maintenant se fixer comme objectif de tendre vers le rejet zéro en se fixant une échéance réaliste.

Monsieur DESBORDES estime que la mission du GRNC est restée trop limitée dans la mesure où l'approche s'est focalisée sur les expositions pour l'homme « ici et maintenant ». Il n'y a pas eu de véritable prise en compte de l'environnement en tant que tel, c'est-à-dire que le devenir de cet environnement et de son utilisation dans le futur n'ont pas été considérés. Notamment, il n'y a pas eu de réflexion sur de nombreux compartiments de l'environnement qui ne sont pas utilisés par l'homme pour le moment, mais qui sont susceptibles de l'être dans un avenir plus ou moins lointain. Il précise que c'est dans cette perspective que la CRII-RAD, dans le cadre du mouvement associatif, souhaite inscrire son action à venir, non pas dans un positionnement pour ou contre l'utilisation de l'énergie nucléaire, mais dans une attitude de précaution et de grande vigilance par rapport aux rejets des installations nucléaires.

4.2. Le point de vue du Collectif des "Mères en Colère"

La création du Collectif des "Mères en Colère" dès février 1997, juste après la parution de la seconde étude du Professeur VIEL, a joué un rôle important dans la dynamique qui a conduit à la mise en place du Comité SOULEAU, puis ensuite du GRNC. Bien que le Collectif n'ait pas participé directement au GRNC, des contacts assez réguliers eurent lieu au niveau de la Présidente Annie SUGIER qui a tenu tout au long du processus à informer le Collectif sur les développements des travaux. C'est à la demande de cette dernière qu'une rencontre a été organisée avec des représentantes du Collectif afin de recueillir leurs sentiments à la suite de la publication des résultats en juillet 1999.

Pour le Collectif des "Mères en Colère", la mise en place du GRNC a constitué une étape importante dans le processus d'information sur les rejets des installations nucléaires du Nord-Cotentin qu'elles appelaient de leurs vœux au moment de la création du Collectif. Dans cette perspective, les travaux du GRNC leur ont apporté des premiers éléments de réponse et les résultats quant au risque de leucémie ont été accueillis avec un certain soulagement car l'inquiétude parmi la population, et en particulier les familles ayant des jeunes enfants, était bien réelle. Cependant, l'évaluation du GRNC est loin de répondre à toutes les interrogations qui ont émergé au sein du Collectif au fur et à mesure de l'évolution des travaux du GRNC qui ont été suivis avec beaucoup d'attention. Le Collectif estime que si l'on peut pour le moment écarter l'hypothèse d'une relation directe entre les quatre leucémies observées dans le canton et les rejets des installations, les travaux du GRNC n'apportent aucun éclairage sur la possibilité d'autres effets sanitaires associés aux rayonnements que les seules leucémies. Par ailleurs, le Collectif considère que des doutes subsistent, que les incertitudes n'ont pas été évaluées et donc qu'il faut

continuer les investigations pour les autres facteurs de risque potentiel et en particulier les rejets chimiques qui n'ont pas été pris en compte par le GRNC.

Au-delà de l'interprétation des résultats, le Collectif souligne que la démarche du GRNC a permis de dépasser une situation qui était bloquée sur le plan de l'information, cette dernière étant uniquement destinée aux initiés et interprétables par ces derniers. Les membres du Collectif des "Mères en Colère" ont le sentiment d'avoir été pris au sérieux dans leur volonté de comprendre et de pouvoir obtenir une information indépendante, crédible et claire, ce qui n'avait jamais été le cas auparavant. Le fait que la Présidente du GRNC soit venue leur présenter les résultats avant de les rendre public a été ressenti par le Collectif comme une marque de respect qui a été appréciée. C'était en effet la première fois qu'une personnalité scientifique acceptait de passer le temps nécessaire à expliquer les résultats et à répondre à toutes les questions. Le Collectif souhaite pérenniser cette démarche et envisage d'engager des actions dans l'avenir qui lui permettront de maintenir le contact et le dialogue avec les scientifiques. Elles souhaitent également que le type d'approche qui a été développé dans le cadre du GRNC puisse être appliqué à d'autres activités industrielles.

La présence d'experts indépendants dans le GRNC, et en particulier d'experts du mouvement associatif local, a été un facteur de réassurance quant à la qualité et la crédibilité des travaux du GRNC. La démarche du GRNC de ce point de vue constitue un espoir quant à l'ouverture et l'indépendance du processus d'information sur les risques associés aux rejets des installations nucléaires de la région. Néanmoins, le Collectif considère que l'implication des associations locales ne peut pas se substituer à l'action du Collectif qui n'est pas de même nature. La présence d'experts connaissant bien la région n'est pas un gage automatique de la crédibilité des résultats et de ce point de vue le Collectif revendique une indépendance totale tant par rapport aux exploitants qu'aux mouvements associatifs et politiques et souhaite garder une entière autonomie d'action dans l'avenir.

L'expérience du GRNC a permis « d'ouvrir un processus » au niveau local qu'il convient désormais de poursuivre. C'est dans cette logique que le Collectif veut continuer à exister afin d'être tenu informé régulièrement sur la vie des installations nucléaires de la région et en particulier l'usine COGEMA de La Hague. Le Collectif considère que les doutes et les réserves qui ont été émises par le mouvement associatif doivent rester présents à l'esprit et impliquent de ne pas relâcher la vigilance.

Concrètement, les membres du Collectif des "Mères en Colère" ont décidé de poursuivre « à leur manière » les travaux du GRNC pour comprendre ce qui se passe dans leur environnement direct et quotidien. C'est pour ces mères à ce prix qu'elles pourront trouver une certaine forme de quiétude. Dans cette optique, le Collectif des "Mères en Colère" s'est engagé dans l'organisation d'un rassemblement international de laboratoires radiologiques mobiles à l'automne 2000. Ce rassemblement a été conçu pour « *compléter les informations sur les rejets de routine des installations nucléaires dans le Cotentin, ainsi que la radioactivité naturelle du massif granitique par la réalisation de mesures sur des lieux désignés par les habitants intéressés par cette démarche. Il s'agit dans l'esprit du Collectif des "Mères en Colère" de prolonger et d'enrichir les travaux du GRNC en contribuant à l'implication directe de la population* ».

4.3. Quels enseignements tirer du GRNC ?

Avant d'aborder les enseignements susceptibles d'être tirés du processus mis en place par le GRNC, il est important de souligner les éléments qui en font la spécificité.

Il convient tout d'abord de rappeler que le groupe a commencé ses travaux dans un contexte de forte inquiétude suscitée par la publication des travaux du Professeur VIEL. La controverse sur l'existence d'un excès de leucémie et son attribution éventuelle au fonctionnement des installations nucléaires a rapidement pris une dimension nationale.

Dans la polémique qui s'est alors développée, les arguments techniques apportés par les différents groupes d'experts épidémiologistes ont essentiellement porté sur la méthodologie adoptée par le Professeur VIEL et sur la formulation de la conclusion de son étude quant à la possible relation de cause à effet entre la radioactivité et le développement de leucémies dans la population des jeunes de moins de 25 ans. Il en est résulté une crise de confiance grave et une inquiétude réelle portant à la fois sur le risque sanitaire mais également sur l'incidence socio-économique de cette situation au plan régional. Le fait que la controverse se soit d'emblée située au plan du risque sanitaire a rendu inopérantes les tentatives de réassurance des populations basées sur la référence au système de contrôle de la conformité réglementaire des rejets qui existe depuis l'origine de l'exploitation des installations.

Ce système, centré sur les mesures de rejets et les mesures d'environnement afférentes, ne permettait pas d'apporter une preuve convaincante que les doses associées à ces rejets ne pouvaient être à l'origine de l'éventuel excès de leucémies mis en évidence par l'étude

épidémiologique du Professeur VIEL. L'expérience du GRNC revêt donc un caractère spécifique compte tenu de la nature du contexte dans lequel ce groupe a été mis en place, ce qui a justifié la mise en œuvre de moyens exceptionnels.

Par ailleurs, le fait que dans le Nord-Cotentin quatre sites nucléaires soient susceptibles de contribuer à l'exposition des populations a apporté une dimension supplémentaire de complexité, qui a évidemment pesé sur les travaux du groupe. Le processus d'élargissement de l'expertise a conduit, compte tenu de l'importance des enjeux (la polémique visait notamment l'usine nucléaire française la plus importante par ses rejets radioactifs et souvent mise en cause par les opposants à l'énergie nucléaire), à impliquer des associations aussi bien locales que nationales.

Il convient en outre de souligner que certaines difficultés techniques rencontrées par le groupe provenaient du fait que les données nécessaires à la reconstruction des doses et à l'évaluation sanitaire n'étaient pas disponibles : données de rejets insuffisantes en regard de l'exigence d'exhaustivité, données d'environnement dispersées et parfois lacunaires, intercomparaison des modèles restant à faire, méconnaissance des doses liées à l'irradiation naturelle et médicale.

La spécificité de cette expérience étant posée, il importe également de souligner les enseignements et les leçons qui pourront en être tirés dans le futur et les outils à utiliser, aussi bien dans le contexte du Nord-Cotentin que dans d'autres contextes. Ce retour d'expérience concerne non seulement les nombreux outils techniques qui ont été élaborés mais également les processus de concertation dont le caractère pluraliste et la transparence ont largement contribué à accroître l'efficacité et la crédibilité de ce travail d'évaluation.

Il reste aussi à examiner les conditions dans lesquelles certains dispositifs mis en place à l'occasion de cette expérience pourraient être repris dans l'avenir, compte tenu de leur impact sur la qualité et la crédibilité du dispositif de surveillance de l'environnement. Il s'agit notamment du principe d'échange de données entre les différentes composantes de l'expertise ainsi que du maintien (dans des conditions à définir) du réseau d'expertise pluraliste constitué.

Certaines dimensions de l'expérience du GRNC se situent dans la perspective ouverte par plusieurs réflexions ou orientations juridiques et réglementaires récentes. Il convient donc d'examiner celle-ci à la lumière de ces réflexions. On peut souligner en particulier l'arrêté du 26 novembre 1999 qui institue l'élaboration par les exploitants de rapports annuels

destinés à être rendus publics. Ceux-ci comportent à la fois le bilan des mesures de surveillance des rejets et des mesures effectuées dans l'environnement, ainsi que l'estimation réaliste des doses reçues par les groupes de population les plus exposés résultant de l'exploitation des installations nucléaires.

En règle générale, l'impact dosimétrique des installations nucléaires est évalué a priori dans le contexte de la demande d'autorisation de rejets. L'évaluation a priori de l'impact s'inscrit dans une logique d'appréciation des niveaux de rejets d'une installation donnée et s'appuie sur des modèles génériques établis au niveau international. A cette étape, les évaluations réalisées par l'exploitant s'appuient nécessairement sur des hypothèses conservatives afin de ne pas sous-estimer l'impact. Dans les procédures de révision, par contre, l'exploitant dispose d'un retour d'expérience sur le marquage réel de l'environnement et peut donc affiner le réalisme de ses évaluations. L'évaluation de l'impact prend également en compte la détection d'incidents éventuels. L'existence d'autres installations ou d'autres pratiques à l'origine d'une exposition aux rayonnements ionisants (hors du champ médical) doit être en principe prise en compte dans l'appréciation des doses reçues par les groupes de référence, mais en pratique, l'évaluation de l'impact se restreint à l'installation concernée par l'autorisation.

A cet égard, la démarche suivie par le GRNC apporte un changement significatif : l'impact dosimétrique est ici appréhendé du point de vue des populations exposées en réalité à un ensemble d'installations et d'activités (y compris l'irradiation médicale) ainsi que des sources naturelles d'irradiation. La démarche implique donc une mise en perspective des risques. Elle rejoint en cela dans une certaine mesure celle des plans régionaux issus de la loi de décembre 1996 sur la qualité de l'air qui s'appuient à la fois sur un inventaire des émissions et sur une évaluation des effets sur la santé publique [24].

Comme on l'a vu, la reconstitution dosimétrique repose largement sur des modèles correctement calés grâce aux mesures dans l'environnement. Pour être réaliste, cette reconstitution nécessite une bonne connaissance du "terme source". De ce point de vue, l'expérience du GRNC a notablement contribué à améliorer cette connaissance, surtout dans le cas des usines COGEMA de La Hague. La comptabilisation aussi exhaustive que possible des radionucléides dans l'environnement nécessite une modification des méthodes de mesure afin de leur conférer la sensibilité nécessaire à la détection de faibles niveaux de concentration. Une telle comptabilisation n'est pas nécessairement justifiée en routine dès lors que l'on a pu démontrer que les radionucléides dominants du point de vue dosimétrique ont bien été pris en compte. Cependant, à chaque évolution du processus

industriel, une nouvelle analyse aussi exhaustive que possible doit être effectuée.

4.3.1. Vers une forme d'expertise pluraliste

Le GRNC, un processus innovant d'expertise pluraliste

L'élargissement du GRNC par rapport au cadre traditionnel de discussion entre les exploitants et les représentants d'organismes d'expertise a contribué à améliorer à la fois la qualité des travaux et sans doute leur crédibilité. En effet, la présence de représentants d'organismes non institutionnels et d'experts étrangers a enrichi les travaux par l'apport de compétences et de sensibilités complémentaires indispensables à une analyse critique. En retour, le travail en commun sur une longue durée et la confrontation des points de vue parfois très différents ont sans doute permis aux acteurs de mieux appréhender les logiques et les valeurs portées par les uns et les autres et *in fine* contribué à une meilleure compréhension mutuelle, sans pour autant remettre en cause des convictions souvent très affirmées.

Du point de vue de la population, la mise en place d'une expertise pluraliste est clairement un gage de qualité des résultats, soumis plus que jamais à la confrontation et au débat contradictoire. Il est désormais admis que l'expertise, bien que fondée sur les acquis de la science, implique inévitablement des choix plus ou moins implicites effectués notamment pour contourner les incertitudes scientifiques et les lacunes de connaissances. La confrontation d'experts représentant des sensibilités différentes au sein de la population d'une part, comme d'experts de disciplines différentes d'autre part, conduit à mettre en lumière ces choix implicites et permet donc de mieux distinguer ce qui relève de la science et de la technique et ce qui relève des valeurs et de l'intime conviction.

Il est clair que la présence d'experts du mouvement associatif peu suspects de concessions vis-à-vis des exploitants, des autorités et des experts institutionnels, ne peut que contribuer à "ne rien laisser dans l'ombre" et à éviter ce que certains considéreraient comme des "impasses" préjudiciables à la crédibilité d'ensemble du processus d'évaluation. Ainsi par exemple, la démarche d'exhaustivité adoptée par le groupe l'a-t-elle conduit à identifier le Chlore 36 comme un radionucléide susceptible de contribuer très significativement à la dose résultant des rejets gazeux de l'usine de retraitement de La Hague. Après des mesures spécifiques effectuées sur ce radionucléide, qu'il n'avait pas été jugé utile de réaliser jusqu'à présent, le groupe a pu conclure que l'impact dosimétrique du Chlore 36 était en réalité très faible.

La mise en place d'un forum a permis aux différents groupes d'experts engagés d'évaluer tout d'abord leur crédibilité réciproque, ce qui constitue un préalable au débat. Ainsi, un consensus s'est-il peu à peu dégagé sur la qualité des mesures réalisées par les différents participants. L'existence d'une structure regroupant les experts de sensibilité sociale différente a permis de traiter les points de divergence, voire de polémique, autrement que sur le seul mode de l'invective. Des solutions peuvent alors être recherchées en commun.

En intégrant des composantes et des sensibilités locales, l'expertise pluraliste permet l'enrichissement des modèles d'évaluation sur la base d'une meilleure connaissance des habitudes de vie locales.

Ainsi par exemple sur la question des zones de pêche, à la demande des experts de l'ACRO qui se sont fait l'écho de questionnements de la population, le GRNC a-t-il été conduit à prendre en compte un scénario particulier pour les "pêcheurs des Huquets" opérant sur une zone de pêche (Les Huquets de Jobourg) située à 1 km du point de rejet, et soumise à des niveaux de contamination 4 à 5 fois plus élevés que ceux du groupe de référence "pêcheurs" initialement proposé par l'exploitant et situé sur la zone de Goury à une distance de 7 km de la conduite.

De la même manière, l'expertise pluraliste a apporté un éclairage sur les pratiques locales et les modes de vie notamment dans la perspective d'une évaluation rétrospective. C'est ainsi qu'a été prise en compte, à la demande des experts du mouvement associatif, une modification des régimes alimentaires pour certains scénarios.

D'autres expériences comparables

Bien que distincte à bien des égards, une expérience conduite par le Département de l'Energie (DOE) aux Etats-Unis mérite d'être évoquée. Elle a trait à l'implication des habitants de zones contaminées par des installations nucléaires (notamment Rocky Flats, Hanford et Los Alamos) dans les décisions relatives à la décontamination des zones de résidence [25]. En vue de l'évaluation de l'impact sanitaire de ces sites, les études menées par le DOE et le Center for Disease Control d'Atlanta ont été soumises à une commission composée de citoyens locaux et de chercheurs choisis par eux. La reconstruction des doses autour du site a donné lieu à la création d'un "citizen environmental sampling committee", qui a lui-même recouru à des consultants. Le fait que ce comité ait abouti à des résultats cohérents avec ceux obtenus par les organismes officiels a contribué significativement à reconstruire la crédibilité de ces derniers.

En France, l'évaluation de l'exposition de la population résidant autour du site de Salsigne au nord de Carcassonne, coordonnée en 1997 par le Réseau National de Santé Publique [26], présente de nombreux traits communs avec la démarche du GNRC. L'objectif de cette évaluation était d'estimer de façon la plus précise possible l'exposition récente aux principaux polluants identifiés dans la région de Salsigne, en particulier le plomb, le cadmium, l'arsenic et les cyanures provenant du complexe minier et industriel de la Combe du Saut, afin d'identifier d'éventuels groupes à risque et d'étudier la morbidité déclarée par la population résidente. Cette expérience d'évaluation a été engagée dès l'origine avec la participation active de la population concernée puisqu'elle comprenait des prélèvements biologiques (urine et cheveux) et un questionnaire concernant les différents facteurs de risque relatifs aux caractéristiques personnelles des personnes impliquées, à leur lieu de résidence, aux habitudes alimentaires et de boisson, à leur activité professionnelle, ainsi qu'un questionnaire relevant les divers symptômes ressentis et la pathologie traitée médicalement. La démarche a permis de montrer que les résidents de la région sont soumis à une surexposition à l'arsenic mais que cette dernière reste de faible amplitude et n'est pas de nature à entraîner des problèmes sanitaires dans l'avenir. Evidemment ce résultat ne préjuge en rien de l'impact sanitaire des expositions passées qui ont été plus importantes et que seules des études épidémiologiques pourraient éventuellement mettre en évidence. L'expérience de Salsigne montre d'une part, que la reconstitution des expositions est une démarche commune à de nombreux facteurs de risque et, d'autre part, que les personnes exposées peuvent éventuellement participer directement à cette reconstitution. Concrètement, l'évaluation de Salsigne a permis d'identifier les principaux facteurs de risque, comme par exemple la consommation des produits du jardin lorsque ce dernier est inondable ou encore la consommation d'eau de puits ou de vin de production locale. A partir de ces résultats, les pouvoirs publics ont pu mettre en œuvre des recommandations et la population modifier certaines de ses habitudes afin de réduire les expositions.

4.3.2. Vers une approche complémentaire de la surveillance des rejets

L'une des questions importantes qui émerge des travaux du GRNC est celle des objectifs de la surveillance de l'environnement. Parmi les 500 000 "déterminations de concentration" traitées par le groupe, l'écrasante majorité est en fait constituée par des mesures de routine effectuées pour s'assurer qu'il n'y a pas de dysfonctionnement des installations.

Il faut observer par contre le fait que les mesures susceptibles de contribuer à la reconstitution la plus réaliste et la plus exhaustive des doses reçues par les populations sont en nombre beaucoup plus restreint. Par ailleurs, ces mesures ne concernent pas seulement les radionucléides rejetés par les installations, mais également des radionucléides qui sont présents dans l'environnement (radioactivité naturelle, retombées des essais et de l'accident de Tchernobyl,...). Pour appréhender le devenir des radionucléides dans l'environnement et leur contribution à l'exposition des populations il est donc indispensable d'envisager d'autres mesures que celles qui sont réalisées actuellement en routine. De telles mesures participeraient simultanément de l'effort de surveillance de la qualité globale de l'environnement, au même titre que les mesures faites sur les polluants non radioactifs, et de la surveillance sanitaire des populations. Ces deux types de mesures sont sans aucun doute justifiés et se complètent. Il faudrait, sur la base du travail réalisé, s'interroger sur l'équilibre à trouver entre ceux-ci dans le futur.

Dans la perspective de la reconstitution des doses d'origine environnementale reçues par la population, la constitution d'une base de données radioécologiques de référence s'avère nécessaire. La mise en place d'une telle base n'est pas sans poser de problèmes techniques en particulier en ce qui concerne la difficulté de mesurer des niveaux très faibles d'activité.

Deux types de données sont utiles à cet égard : les mesures sur des produits de consommation locale et les mesures effectuées sur des " bio-indicateurs ", pour caler les modèles de transfert. Ces modèles sont indispensables à deux points de vue. Ils permettent d'une part, d'orienter en amont le choix des points de prélèvement et de mesure et ils assurent, d'autre part, le calcul des doses qu'il serait impossible de déterminer à partir des seules mesures dans l'environnement.

Cet effort de mesure devrait porter en priorité sur les radionucléides dont les travaux du GRNC ont montré l'importance, du point de vue de leur contribution à la dose reçue par les populations. Dans un souci de recherche du réalisme, les points de prélèvement et de mesure devraient tenir compte des spécificités locales relatives aux modes de vie et d'alimentation des divers groupes de population.

REFERENCES

- [1] BLACK D., **Investigation of the possible Increased Incidences of Cancer in West Cumbria**, London, HMSO, 1984.
- [2] VIEL J.F., POBEL D., CARRE A., **Incidence of Leukemia in Young People around the La Hague Nuclear Waste Reprocessing Plant: a Sensitivity Analysis**, StatMed, Vol. 14, pp. 2459-2472, 1995.
- [3] POBEL D., VIEL J.F., **Case-Control Study of Leukemia among Young People near La Hague Nuclear Reprocessing Plant: the Environmental Hypothesis Revisited**, British Medical Journal, Vol. 314, pp. 101-106, 1997.
- [4] Rapport de C. Souleau, Juin 1997.
- [5] SPIRA A., BOUTOU O., **Rayonnements ionisants et santé. Mesure des expositions, surveillance épidémiologique et veille sociologique**. Paris, La Documentation Française, 1998.
- [6] GROUPE RADIOECOLOGIE NORD COTENTIN, Rapport d'avancement N°1, Novembre 1997.
- [7] GROUPE RADIOECOLOGIE NORD COTENTIN, Rapport d'avancement N°2, Mai 1998.
- [8] GROUPE RADIOECOLOGIE NORD COTENTIN, Note méthodologique, Juillet 1998.
- [9] GROUPE RADIOECOLOGIE NORD COTENTIN, **Estimation des niveaux d'exposition aux rayonnements ionisants et des risques de leucémies associés de populations du Nord-Cotentin**, Rapport de Synthèse, Juillet 1999.
- [10] Décret n°95-540 du 4 mai 1995 **relatif aux rejets d'effluents liquides et gazeux et aux prélèvements d'eau des installations nucléaires de base**, Journal Officiel du 6 Mai 1995.
- [11] Directive 96/29/EURATOM du Conseil du 13 mai 1996 fixant les **normes de base relatives à la protection sanitaire de la population et des travailleurs contre les dangers résultant des rayonnements ionisants**, Journal Officiel des Communautés Européennes, N°L159/1 du 29 Juin 1996.
- [12] COMMITTEE ON MEDICAL ASPECTS OF RADIATION IN THE ENVIRONMENT, **The Implications of the New Data on the Releases from Sellafield in the 1950s for the Conclusions of the Report on the Investigation of the Possible Increased Incidence of Cancer in West Cumbria**, United Kingdom, London, Department of Health, COMARE, First Report, 1986.
- [13] COMMITTEE ON MEDICAL ASPECTS OF RADIATION IN THE ENVIRONMENT, **Investigation of the possible Increased Incidence of Leukaemia in Young People near the Dounreay Nuclear Establishment, Caithness, Scotland**, United Kingdom, London, Department of Health, COMARE, Second Report, 1988.

- [14] COMMITTEE ON MEDICAL ASPECTS OF RADIATION IN THE ENVIRONMENT, **Report on the Incidence of Childhood Cancer in the West Berkshire and North Hampshire Area, in which are Situated the Atomic Weapons Research Establishment, Aldermaston and the Royal Ordnance Factory, Burghfield**, United Kingdom, London, Department of Health, COMARE, Third Report, 1989.
- [15] COMMITTEE ON MEDICAL ASPECTS OF RADIATION IN THE ENVIRONMENT, **The Incidence of Cancer and Leukemia in Young People in the Vicinity of the Sellafield Site, West Cumbria**. United Kingdom, London, Department of Health, COMARE, Fourth Report, 1996.
- [16] GROUPE RADIOECOLOGIE NORD COTENTIN, **Inventaire des rejets radioactifs des installations nucléaires**, Rapport Final du GT1, Volume 1, Juillet 1999.
- [17] GROUPE RADIOECOLOGIE NORD COTENTIN, **Revue critique des mesures dans l'environnement**, Rapport Final du GT2, Volume 2, Juillet 1999.
- [18] GROUPE RADIOECOLOGIE NORD COTENTIN, **Modèles de transfert des radionucléides dans l'environnement**, Rapport final du GT3, Volume 3, Juillet 1999.
- [19] GROUPE RADIOECOLOGIE NORD COTENTIN, **Estimation des doses et des risques de leucémies associés**, Rapport final du GT4, Volume 4, Juillet 1999.
- [20] UNITED NATIONS SCIENTIFIC COMMITTEE ON THE EFFECTS OF ATOMIC RADIATION, **Sources and Effects of Ionising Radiation**, United Nations, New York, 1994.
- [21] BOARD ON RADIATION EFFECTS RESEARCH, **Health Effects of Exposure to Low Levels of Ionising Radiations**, Committee on the Biological Effects of Ionising Radiations, National Research Council, Ed. Washington, D.C., National Academy Press (BEIR V), 1990.
- [22] MUIRHEAD C., KNEALE G.W., **Pre-natal Irradiation and Childhood Cancer**, Journal of Radiological Protection, Vol. 9, pp. 209-212, 1989.
- [23] DEGRANGE J.P., SCHNEIDER T., MUIRHEAD C., HAYLOCK R., **ASQRAD : un logiciel pour l'évaluation du risque radiologique**, Radioprotection, Vol. 32, N°2, pp. 237-244, 1997.
- [24] Loi n°96-1236 du 30 décembre 1996 sur **l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie**, Journal Officiel du 1er Janvier 1997.
- [25] TILL J., **Building Credibility in Public Studies**, American Scientist, Vol 83, Sept-Oct 1995, 468-473.
- [26] FRERY N. et al., **Enquête sur l'exposition de la population aux polluants d'origine industrielle (région de Salsigne)**, Réseau National de Santé Publique, 1998.

ANNEXE : INSTITUTIONS ET ORGANISMES REPRESENTES DANS LE GRNC

LES ORGANISMES PUBLICS D'EXPERTISE ET DE CONTROLE

L'Office de Protection contre les Rayonnements Ionisants (OPRI) est un établissement public dépendant des Ministères chargés du Travail et de la Santé. Les principales orientations de sa mission sont explicitées dans son décret de création du 19 juillet 1994 :

- participer à l'application des lois et règlements dans le domaine de la radioprotection, en procédant à tous les contrôles que nécessite la mise en œuvre des rayonnements ionisants,
- conseiller les pouvoirs publics sur les mesures médicales et sanitaires à prendre en cas d'incident ou d'accident, assurer à cet effet une veille permanente et intervenir en situation d'urgence radiologique,
- contribuer à la formation et à l'information des professionnels exposés et de la population,
- organiser et coordonner la réflexion sur l'évolution des normes de radioprotection et des techniques de mesure des rayonnements.

En application de la réglementation, l'OPRI exerce en particulier la surveillance de la radioactivité émise par les installations nucléaires du Nord-Cotentin : les usines COGEMA de La Hague, le Centre de stockage de la Manche, le CNPE de Flamanville. Le contrôle du port militaire de Cherbourg s'exerce en vertu d'une convention signée avec l'Etat Major de la Marine Nationale.

L'Institut de Protection et de Sûreté Nucléaire (IPSN) effectue des recherches et des expertises pour la maîtrise des risques nucléaires et de leurs conséquences sur l'homme et l'environnement. Il a pour mission d'apporter son concours aux autorités ainsi qu'à tous les acteurs de sûreté et de radioprotection en situation normale ou accidentelle, notamment par l'apport d'une expertise radioécologique et dosimétrique.

Dans le cadre du Groupe Radioécologie Nord-Cotentin, l'IPSN a joué un rôle notable d'appui technique. Les experts de l'Institut ont été sollicités pour réaliser les calculs nécessaires afin de faciliter le travail d'analyse du groupe. De plus, les représentants de l'IPSN dans le GRNC ont été fortement impliqués dans l'animation et le secrétariat

technique et administratif des groupes de travail. Ils ont largement contribué au travail de relecture des documents d'analyse. L'IPSN a facilité le déroulement du processus en prenant à sa charge l'organisation matérielle des sessions du groupe.

LES EXPLOITANTS

COGEMA est un groupe industriel dont les activités couvrent l'ensemble du cycle du combustible (extraction du minerai, conversion, enrichissement, fabrication du combustible, retraitement, transport). Les usines de retraitement de combustibles usés de COGEMA se situent à La Hague à 20 km à l'Ouest de Cherbourg, à l'extrémité Nord-Ouest de la presqu'île du Cotentin. Elles s'étendent sur une superficie de 290 hectares (220 hectares, auxquels s'ajoute une zone de liaison avec la mer couvrant 70 hectares). Environ 6000 personnes travaillent sur le site. Une moitié d'entre eux est du personnel d'entreprises extérieures à COGEMA.

L'Etablissement de La Hague abrite plusieurs usines de retraitement. UP2-800 et UP3-A sont techniquement capables de retraiter chacune 800 tonnes/an de combustibles usés. L'usine UP2-400 est capable de retraiter 400 tonnes de combustibles usés par an.

L'Agence Nationale pour la gestion des Déchets Radioactifs (ANDRA) est chargée des opérations à long terme de gestion des déchets radioactifs. La loi du 30 décembre 1991 a transformé l'ANDRA, auparavant simple service créé en 1979 au sein du CEA, en Etablissement Public à caractère Industriel et Commercial (EPIC), indépendant des producteurs de déchets, et lui a confié :

- une mission de recherche : l'étude de solutions de stockage,
- une mission industrielle : la construction, l'exploitation et la surveillance des stockages,
- une mission d'inventaire : ce qui conduit notamment à la publication annuelle de l'inventaire des déchets radioactifs en France.

Electricité De France (EDF) est le premier électricien mondial. Avec près de 30 millions de clients en France et 15 millions à l'étranger, il produit plus de 400 milliards de kWh et a un chiffre d'affaires de plus de 180 milliards de francs. La production d'électricité est assurée par un parc composé de centrales hydrauliques (15% de la production), de centrales thermiques à flamme (5%) et de 58 réacteurs nucléaires (80%).

Le Groupe d'Etudes Atomiques (GEA) est un organisme d'études et de recherches en Radioécologie, rattaché à la cellule "environnement - sécurité nucléaire - hygiène, sécurité et conditions de travail" de l'état-major de la Marine. Etabli à Cherbourg, le GEA s'intéresse plus particulièrement à la surveillance radiologique en Manche ; aux études radioécologiques concernant la diffusion des effluents liquides et gazeux et la détermination de l'activité des radionucléides (notamment la définition de méthodes de détermination) ; au suivi de l'ensemble des matériels des services de surveillance radiologique de la marine et des laboratoires d'analyses de surveillance et d'expertise de la marine ; à l'analyse et l'archivage des données relatives au suivi de la surveillance radiologique des sites nucléaires de la marine qui lui sont transmises par les autorités responsables.

LA CSPI

La Commission Spéciale et Permanente d'Information près de l'Etablissement de La Hague (CSPI) a été créée en 1981 pour informer la population du fonctionnement de l'usine COGEMA de La Hague et de ses effets éventuels sur l'environnement. Elle est présidée par le député de la circonscription de Cherbourg et est composée de 36 membres se répartissant en collègues (18 élus, 6 représentants des unions locales de syndicats salariés, 6 personnalités scientifiques et 6 représentants d'associations et de mouvements de défense de l'environnement). Les réunions ordinaires se tiennent chaque trimestre en présence de la presse locale. Elles sont ouvertes sur demande aux associations et organisations syndicales ou professionnelles non représentées au sein des collègues.

Les membres de la CSPI participant au Groupe Radioécologie Nord-Cotentin ont également participé au titre d'experts indépendants, représentant d'associations locales et/ou nationales.

LES LABORATOIRES ET ORGANISMES D'EXPERTISE NON INSTITUTIONNELS

L'Association pour le Contrôle de la Radioactivité dans l'Ouest (ACRO) est une association à vocation d'information et d'expertise. Dotée d'un laboratoire d'analyses, sa mission consiste à mettre à disposition de tous (collectivités, entreprises, particuliers) des outils de contrôle pour la surveillance de l'environnement et des produits alimentaires et industriels. Son indépendance est assurée par la pluralité de ses membres et la diversité de ses ressources financières. L'ACRO est basée dans l'agglomération de Caen et dispose de trois antennes régionales qui lui permettent de siéger au sein de plusieurs instances locales d'information établies auprès d'installations nucléaires. Dans le Nord-Cotentin, l'ACRO siège à la CSPI près de l'établissement de La Hague, ainsi qu'à la Commission de surveillance du Centre de stockage de la Manche où elle est la seule association.

La Commission de Recherche et d'Information Indépendante sur la Radioactivité (CRII-RAD) est une association à but non lucratif (loi 1901) agréée pour la protection de l'environnement. Elle s'est créée en 1986, en réaction aux informations délivrées par les services officiels concernant l'impact de la catastrophe de Tchernobyl sur le territoire français. Les principes qu'elle entend défendre sont : le droit à l'information sur toutes les questions relatives aux rayonnements et le droit à la protection contre les effets des rayonnements. Afin de réaliser des contre-expertises de terrain et d'élaborer une information indépendante de l'Etat et des exploitants, la CRII-RAD s'est dotée d'un laboratoire d'analyse de la radioactivité équipé, notamment, d'une chaîne de mesure par spectrométrie gamma et d'un scintillateur liquide. Depuis 1994, son équipe scientifique est intervenue à plusieurs reprises autour du site de La Hague. Sur ses fonds propres, à la demande de Greenpeace ou pour le compte du Tribunal de Grande Instance de Cherbourg, elle a ainsi pu réaliser des contrôles de l'état radiologique de l'environnement, des mesures radiométriques sur la conduite de rejet en mer des effluents liquides des installations de traitement ou des analyses contradictoires.

Depuis vingt cinq ans, il existe, en France, un **Groupement de Scientifiques pour l'Information sur l'Energie Nucléaire (GSIEN)**, qui diffuse de l'information sur les nombreuses questions que soulèvent le développement de l'industrie nucléaire en France : sûreté et radioprotection entre autres. En réclamant l'accès à la documentation, la pluralité des analyses, afin d'obliger les services officiels à fournir une information sincère, le GSIEN a témoigné qu'une fraction de la communauté scientifique française

souhaitait des structures d'évaluation indépendantes d'un des plus importants programmes nucléaires au monde. Le GSIEN a contribué à l'émergence d'une expertise indépendante qu'il considère comme indispensable à la participation de tous aux grandes décisions engageant l'avenir du pays. C'est pourquoi des membres du GSIEN acceptent de participer à des groupes pluralistes tels celui de radioécologie du Nord-Cotentin.

Le Laboratoire Départemental d'Analyse de la Manche (LDA 50) est un service du Conseil Général de la Manche, créé en 1947. Son effectif est de 56 agents. Pratiquant des analyses dans le domaine de la biologie vétérinaire, la sécurité alimentaire, l'environnement, le LDA 50 est véritablement un laboratoire de santé publique. Il réalise des analyses de mesures de radioactivité dans les aliments et l'environnement depuis 1972. Depuis le début 1999, le Conseil Général diffuse trois fois par an, à l'ensemble des habitants de la Manche (210 000 exemplaires), une brochure à vocation pédagogique présentant les résultats de ses mesures de radioactivité dans le département de la Manche.

Le Centre d'étude sur l'Evaluation de la Protection dans le domaine Nucléaire (CEPN) est une association à but non lucratif, créée en 1976 par Electricité de France et le Commissariat à l'Energie Atomique français pour constituer un pôle de recherche et d'études dans les domaines de l'optimisation de la radioprotection et la comparaison des risques pour la santé et l'environnement associés aux systèmes énergétiques.

Depuis 1993, les membres de l'association sont au nombre de trois : Electricité de France (EDF), Commissariat à l'Energie Atomique représenté par l'Institut de Protection et de Sûreté Nucléaire (CEA-IPSN), Compagnie Générale des Matières Nucléaires (COGEMA). En tant que groupe de recherche, le CEPN bénéficie des recommandations d'un Conseil Scientifique qui regroupe des Universitaires, des Industriels et des représentants des organismes d'expertise et des Autorités françaises et Européennes. Le programme du CEPN s'articule autour des cinq thèmes suivants : méthodes d'évaluation et de gestion du risque radiologique ; protection radiologique des travailleurs dans les domaines nucléaire et médical ; impacts sanitaires et environnementaux des installations nucléaires ; enjeux économiques et sociaux de la gestion des déchets radioactifs ; implication des acteurs dans la gestion décentralisée du risque radiologique.

L'Institut des Sciences et Techniques de l'Environnement (ISTE) est une composante de l'Université de Franche Comté. Il regroupe une cinquantaine d'Enseignant-chercheurs qui appartiennent à différents Laboratoires universitaires et qui

se fédèrent dans le cadre de l'ISTE afin de mener des recherches dans le domaine de l'environnement. Les différentes thématiques étudiées concernent l'étude des polluants atmosphériques, la recherche de bio-indicateurs ou de bio-accumulateurs, la connaissance des conséquences des stress sur les différents maillons de l'environnement. L'ensemble de ces thèmes concernent non seulement des éléments radioactifs naturels et artificiel mais aussi les métaux lourds, les pesticides, ...

Dans le domaine de la radioactivité, l'ISTE a une longue expérience dans la métrologie du radon, des émetteurs gamma, beta et alpha en général. De plus, l'approche pluridisciplinaire permet l'analyse et l'utilisation des résultats au niveau chimique, écophysiologique et environnemental. Parmi les études réalisées ou en cours peuvent être citées : la mise en place d'un réseau de mesure du radon dans la région du Kouzbass en Russie et les études des transferts du césium dans des environnements forestiers en Bulgarie, Russie, Suisse et France.

LES ORGANISMES D'EXPERTISE ETRANGERS

Le **National Radiological Protection Board** (NRPB) est un organisme britannique indépendant chargé de la recherche pour la protection de l'homme contre les rayonnements ionisants, ainsi que de l'information et de l'expertise en matière de radioprotection auprès des Ministères et autres organismes gouvernementaux, et de l'assistance technique auprès des acteurs concernés par les risques liés aux rayonnements ionisants. Son financement est assuré d'une part, par le Ministère de la Santé, d'autre part, par ses prestations. Aujourd'hui à l'AIEA, le Dr A D Wrixon, appuyé par une équipe britannique, a fait bénéficier le GRNC de l'expérience acquise par le NRPB dans des études similaires et a notamment fourni une revue critique de la méthodologie d'évaluation construite par le groupe.

L'Office Fédéral de Radioprotection (BfS - Allemagne) est une Autorité Fédérale autonome rattachée au Ministère de l'Environnement, de la Protection de la Nature et de la Sûreté Nucléaire (BMU). Le BfS réalise des activités scientifiques et administratives pour le compte du Gouvernement dans le domaine de la radioprotection, de la sûreté nucléaire, du transport des matières radioactives, de la construction et de l'exploitation des installations fédérales d'entreposage et de stockage des déchets radioactifs. Au sein du BfS, l'Institut d'Hygiène Radiologique a plus particulièrement en charge l'expertise, la recherche et le développement en biologie et médecine nucléaires, en radioécologie ainsi que dans le domaine de la protection en situation d'urgence.

L'Office Fédéral de la Santé Publique (OFSP - Suisse) est l'organisme national indépendant responsable de la protection de la population contre les nuisances susceptibles de mettre en danger la santé. Dans le domaine des rayonnements ionisants, la Division Radioprotection de l'OFSP est l'instance compétente pour les autorisations d'utilisation des rayonnements ionisants en médecine, dans l'industrie et la recherche et pour la surveillance de la radioactivité de l'environnement. Les actions clé de cette Division ont été l'élaboration d'une législation moderne en harmonie avec les concepts internationaux, son application dans la pratique et les actions visant à réduire les doses de rayonnements les plus élevées de la population suisse. La stratégie du programme national Radon et l'enregistrement central des doses accumulées par les personnes professionnellement exposées aux rayonnements s'inscrivent dans cette démarche. La coordination du programme de surveillance de la radioactivité de l'environnement, la publication des résultats compilés et leur appréciation du point de vue de la santé font partie intégrante des missions de l'OFSP.