

Mesures anthropogammamétriques et radiotoxilogiques urinaires d'une population de référence du Nord Cotentin

M. BOURGUIGNON*, E. DUBUQUOY*, J. BERNIÈRE*, J.C. MARTIN*,
J. RÉMÉNIÉRAS*, D. CRÉSCINI*, A. BIAU*, J. BLANC*,
H. CASSAGNOU*, R. MASSE*, J.F. LACRONIQUE*

(Manuscrit reçu le 30 octobre 1998, accepté le 7 décembre 1998)

RÉSUMÉ Les activités des différents sites nucléaires de la région du Nord Cotentin ont créé un marquage de l'environnement par des radio-isotopes artificiels. Les modélisations indiquent que la contamination éventuelle des habitants du Nord Cotentin, après un transfert complexe des radio-isotopes dans la nature, ne peut contribuer qu'à un excès de dose efficace d'une centaine de microSieverts par an. Le but de cette étude est d'apporter une évaluation directe chez l'homme des contaminations radioactives potentielles par anthropogammamétrie et examen radiotoxilogique urinaire. Soixante et onze pompiers de la Communauté Urbaine de Cherbourg dont un sous-groupe de 19 plongeurs ont été examinés. Aucun radio-isotope émetteur α , β et γ n'a été mis en évidence (valeurs inférieures aux seuils de mesure). Ces résultats confirment que la contamination éventuelle est infinitésimale excepté pour les actinides pour lesquels la démonstration n'est pas faite car les seuils de mesures sont trop élevés. Une étude similaire effectuée par Watson et Sumner dans la région de Dounreay indique que la contamination humaine éventuelle par les actinides est infinitésimale, et que la dosimétrie correspondante est de l'ordre de grandeur attendu par modélisation.

ABSTRACT Anthropogammametry and urine radiotoxicologic tests in a reference group of North Cotentin.

Nuclear activities in the North Cotentin have resulted in traces of artificial radionuclides in the environment? Modelisations have shown that an eventual contamination of inhabitants may eventually happen after a complex transfer pathway in nature, and that the corresponding effective dose cannot exceed hundred of microSieverts per year. The goal of the study has been to demonstrate potential radioactive contamination directly in humans by anthropogammametry and urine radiotoxicologic tests. Seventy one firemen of the Urban Community of Cherbourg, including a sub-group of 19 divers, were examined. No α , β et γ emitting radionuclides were identified (values below the detection threshold). These results confirm that the eventual human contamination is infinitesimal except for actinides for which the

* Office de Protection contre les Rayonnements Ionisants
31 rue de l'Ecluse, 78116 Le Vésinet Cedex, France.

demonstration was not obtained because the detection thresholds were too high. A similar study carried out by Watson et Sumner in the Dounreay area indicated that the eventual human contamination by actinides is infinitesimal, and that the corresponding effective dose is in the range of the values calculated by modelisation.

1. Introduction

Le département de la Manche est doté de quatre sites nucléaires : le centre de production d'Electricité de France à Flamanville ; l'usine de retraitement des combustibles nucléaires de Cogema à La Hague ; le Centre de la Manche de l'Agence Nationale pour la Gestion des Déchets Radioactifs (ANDRA) ; et l'Arsenal de Cherbourg.

Les activités de ces différents sites ont créé un marquage de l'environnement par des radio-isotopes artificiels. Les activités industrielles actuelles contribuent encore à ce marquage, mais à un niveau très faible ; en effet, les rejets toujours inférieurs aux limites autorisées tant par les autorités françaises qu'européennes, ont fortement diminués ces dernières années (Rapport annuel de l'OPRI 1995, 1996, 1997).

Les radio-isotopes artificiels décelables en mer et sur terre font l'objet d'une surveillance rigoureuse et régulière de la part de l'Office de Protection contre les Rayonnements Ionisants et de la part des exploitants EDF, Cogema, ANDRA et le ministère de la Défense. Par ailleurs, l'Institut de Protection et de Sécurité Nucléaire étudie régulièrement le devenir des traces radioactives de manière à en préciser le devenir à long terme dans le milieu marin et pour identifier les mouvements des masses d'eau marine entre La Hague, la Grande Bretagne et La Scandinavie. Les résultats des contrôles sont publiés périodiquement par les différents organismes.

Le transfert des radio-isotopes artificiels dans la nature est complexe. Son étude repose sur des modèles mathématiques dont les résultats théoriques ont été confrontés aux mesures dans l'environnement (Sugier, 1998).

Le transfert à l'homme des radio-isotopes peut être direct par voie aérienne mais pour le public, il s'opère essentiellement par l'intermédiaire de la chaîne alimentaire. Ceci a également fait l'objet de modélisations. Les résultats indiquent que la contamination éventuelle des habitants du Nord Cotentin ne peut contribuer qu'à un surcroît de dose d'une centaine de microSieverts par an, cette augmentation d'un vingt-cinquième de la dose résultant de la radioactivité naturelle moyenne étant imperceptible au regard de la variabilité géographique de la radioactivité naturelle en France. Les conséquences sanitaires de ce marquage de l'environnement sont donc a priori modérées.

De nombreuses mesures sont réalisées sur les travailleurs exposés, mais à notre connaissance, aucune mesure directe de radioactivité artificielle chez les résidents n'a été effectuée dans la population du Nord Cotentin. Le but de ce travail a donc

été de réaliser la mesure directe des isotopes radioactifs artificiels par mesure dans le corps entier des émissions radioactives gamma (anthropogammamétrie) et par des examens radiotoxicologiques urinaires chez les individus d'un groupe de référence de la population du Nord Cotentin.

2. Matériels et méthodes

Les méthodes de mesure directe de contamination radioactive sont celles utilisées régulièrement pour les personnels des centres nucléaires.

2. 1. Population

L'étude a été menée au sein du corps des sapeurs pompiers de la Communauté Urbaine de Cherbourg (CUC) et avec l'agrément des autorités.

Ce groupe de référence a été choisi car il est constitué de deux sous-groupes. Le premier sous-groupe est formé de plongeurs sous-marins ($n = 19$) dont l'activité en mer est au minimum d'une journée par semaine au titre de l'entraînement. Le second sous-groupe est formé des pompiers non-plongeurs ($n = 52$). Le paramètre séparant les 2 sous-groupes est la fréquentation intense et habituelle du milieu marin.

Le corps des pompiers est constitué de 85 permanents, et seuls 71 d'entre eux sont concernés par l'étude sur la base du volontariat et du consentement éclairé.

Tous les participants à l'étude sont des hommes. Leur âge moyen est de 35 ans (20 ans à 54 ans). Leur durée moyenne de résidence dans la région est de 18,6 ans (1 an à 54 ans).

2. 2. Méthodes

Trois types d'examens médicaux ont été réalisés (deux examens anthropogammamétriques et un examen radiotoxicologique des urines).

2.2.1. Examen radiotoxicologique des urines

Les sapeurs-pompiers présentant la particularité d'un poste de travail de 24 heures, il a été aisé d'obtenir un recueil urinaire de 24 heures effectué pendant l'activité de service. Les urines ont été recueillies dans un flacon de polyéthylène de 2 litres avec un conservateur. Les échantillons ont été transférés à l'OPRI et les analyses

ont débuté dès réception. L'examen radiotoxicologique des urines a consisté en la recherche des 3 catégories d'émetteurs de rayonnements possibles correspondant aux radionucléides suivants :

- émetteurs alpha : plutonium 238, plutonium 239, américium 241 ;
- émetteurs bêta : tritium, carbone 14, produits de fission (strontium 90, yttrium 90, ...);
- émetteurs gamma : manganèse 54, cobalt 58, cobalt 60, argent 110m, iode 131, césium 134, césium 137, ruthénium 103, ruthénium-rhodium 106, etc.

Les urines sont séparées en trois échantillons, préparés et conditionnés pour les comptages de la façon suivante :

Pour les émetteurs alpha, les urines sont marquées par une quantité connue de traceurs spécifiques (^{242}Pu et ^{243}Am) avant minéralisation. Les émetteurs alpha copécipités par le phosphate de calcium sont extraits puis séparés par chromatographie d'échange d'ions et chromatographie de partage. Les phases contenant respectivement du plutonium et de l'américium sont copécipitées sur filtre en couche très mince par le fluorure de lanthane. Le système de détection utilisé est une chambre à grille (Eurysis) permettant l'obtention d'un spectre de raies. L'analyse spectrométrique consiste à identifier le radio-isotope par la position du pic alpha qui lui est spécifique, et de le quantifier par la mesure de surface sous le pic en comparaison de celle obtenue par utilisation d'un étalon d'activité connue. Les traceurs permettent de mesurer le rendement de la préparation.

Pour les émetteurs bêta, deux cas de figure sont à considérer :

- pour la recherche du tritium et du carbone 14, une méthode directe par scintillation liquide est utilisée. Un aliquote d'urine est ajouté au milieu scintillant détecteur dans un flacon de 20ml en polyéthylène. Un compteur à scintillation liquide (Packard) enregistre le spectre continu des rayonnements bêta émis. L'identification et la quantification des radio-isotopes sont obtenues pour chaque plage d'énergie spécifique, et sont comparées avec un spectre réalisé avec une solution étalon d'activité connue ;
- la recherche des produits de fission émetteurs bêta nécessite une préparation sélective des radio-isotopes recherchés. Un réactif à base d'oxalate d'ammonium est utilisé comme agent précipitant. Le précipité obtenu a été placé dans un compteur proportionnel à bas bruit de fond (fabrication OPRI, marque déposée BBF). L'étalonnage est effectué pour un étalon d'activité connue de même caractéristique que l'échantillon. Le rendement moyen de la préparation est mesuré par obtention d'un précipité d'une solution étalon d'activité connue et de sa mesure par le compteur dans les mêmes conditions expérimentales.

La recherche des radio-isotopes émetteurs gamma est effectuée par mesure directe sur l'échantillon urinaire placé dans un flacon de polyéthylène normalisé permettant des volumes de 100 à 500 mL par fraction de 100 mL. La spectrométrie a été

réalisée au moyen d'un détecteur germanium hyper-pur (Ortec-Canberra) pour la plage d'énergie allant de 10 keV à 2000 keV. Des solutions étalons d'activité connue et d'énergies différentes sont utilisées pour la calibration et la quantification.

Même en l'absence de raie visible sur un spectre, une quantification peut être effectuée à l'énergie correspondante. Le résultat est exprimé sous forme d'une valeur seuil signifiant que la limite de détection de la méthode est atteinte.

2.2.2. Examens anthropogammamétriques

Les examens anthropogammamétriques permettent la recherche des émetteurs gamma du corps humain. Ils ont été réalisés au moyen d'un véhicule d'intervention de l'OPRI : camionnette Renault de type Master équipée de quatre sièges dits « Gemini » avec chacun deux détecteurs à scintillations NaI(Tl), l'un placé au niveau du thorax, et l'autre en face de la thyroïde pour la détection plus particulière de l'iode radioactif. Les détecteurs et la personne contrôlée en position assise sont protégés du rayonnement ambiant par les renforts plombés du siège et du dossier. Les signaux provenant des détecteurs sont simultanément recueillis par un spectromètre analyseur multicanaux pendant toute la durée de l'enregistrement.

Ces équipements d'intervention de l'OPRI ont été déplacés à Cherbourg : les mesures d'une durée de 20 minutes ont été effectuées sur le site même de la caserne des pompiers.

Les données de chaque spectre ont été sauvegardées en mémoire pour analyse ultérieure : identification et quantification des raies visibles, et quantification au seuil dans des fenêtres d'énergie spécifiques en l'absence de raie identifiable. Pour cet appareillage, le seuil de détection est de l'ordre de 300 Bq pour le césium 137 et d'une dizaine de Bq pour l'iode 131 dans les conditions expérimentales d'enregistrement.

L'ensemble des mesures a été effectué en une seule journée pour chacun des 3 groupes de pompiers pendant leur travail posté de 24 heures.

Un second examen anthropogammamétrique a été réalisé à l'aide de l'appareil ACCUSCAN (Canberra) du service de médecine du Travail de la Direction des Constructions Navales, mis à la disposition de l'OPRI pour la réalisation de l'étude. Ce second examen, réalisé à distance du premier a pour but d'obtenir une identification plus précise des radio-isotopes émetteurs gamma avec un détecteur au germanium hyper-pur :

– la résolution en énergie de l'Accuscan de l'ordre de 1 % permet une meilleure identification des radioéléments que le compteur Gemini dont la résolution en énergie est de l'ordre de 10 % ;

– le compteur défile par paliers successifs devant le corps humain de la personne contrôlée en position assise, du cou à l’abdomen, et couvre ainsi une plus grande surface de détection que le compteur Gemini.

Le spectre de raies est obtenu par sommation de tous les spectres correspondants aux paliers successifs. Chaque acquisition a duré 15 minutes.

L’ensemble des mesures a également été effectué en une seule journée pour chacun des trois groupes de pompiers pendant leur activité professionnelle. L’exploitation des spectres a été réalisée en différé à l’OPRI selon la méthode déjà décrite d’identification et de quantification des raies.

Pour les anthropogammamétries, les étalonnages ont été effectués avec un modèle du corps humain appelé fantôme contenant des étalons d’activité connue et placé devant le détecteur dans les mêmes circonstances expérimentales que les pompiers.

3. Résultats

Tenant compte des nécessités du service, la répartition des 71 volontaires pour les différents examens est présentée dans le tableau suivant (Tab. I).

TABLEAU I
Répartition des volontaires pour les examens pratiqués.
Numbers of volunteers per category of test.

Examen urinaire	Anthropo Gemini	Anthropo Arsenal	
+	+	+	46
+		+	5
	+	+	7
+			4
	+		8
		+	1
55	61	59	

3.1. Résultats des examens radiotoxicologiques des urines

Pour l’ensemble des radio-isotopes émetteurs alpha et bêta recherchés, il n’y a aucune activité significative mesurable. Les seuils de mesure sont indiqués dans le tableau II.

TABLEAU II

Résultats des examens radiotoxologiques urinaires.

Results of urine radiotoxicologic tests.

Radio-isotopes	Seuil moyen	Écart type	Seuils Min/Max
Émetteurs alpha			
Américium 241	2,5 mBq/L	0,9 mBq/L	1,0/5,8 mBq/L
Plutonium 238	2,2 mBq/L	0,8 mBq/L	0,8/5,3 mBq/L
Plutonium 239	2,6 mBq/L	1,0 mBq/L	0,6/5,9 mBq/L
Émetteurs bêta			
Tritium	45,9 Bq/L	5,7 Bq/L	37/56 Bq/L
Carbone 14	51,8 Bq/L	16,5 Bq/L	33/82 Bq/L
Bêta-oxalates	102,6 mBq/L	30,2 mBq/L	75/120 mBq/L

Les différents spectres gamma ne montrent aucune raie de radioactivité autre que celle du potassium 40, radio-isotope naturel dont chaque être humain vivant contient environ 60 Bq par kilogramme de poids corporel.

3.2. Résultats des examens anthropogammamétriques

Un spectre obtenu avec le compteur Gemini est présenté sur la figure 1.

Les spectres comportent quatre courbes dont deux correspondent au détecteur situé devant le thorax, les deux autres correspondant à la sonde explorant spécifiquement la thyroïde. Les spectres bruts superposent la radioactivité naturelle ambiante à la radioactivité que l'organisme est susceptible de contenir.

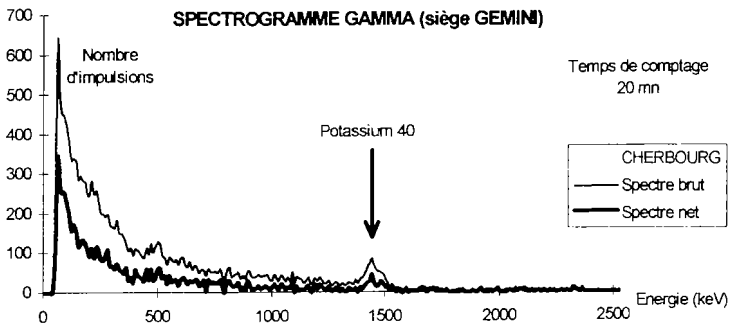
L'élévation dans les basses énergies est habituelle et le seul pic nettement visible est celui du potassium 40 à 1460 keV.

Après soustraction du bruit de fond ambiant enregistré entre les examens, on n'observe pas de raie correspondant à une radioactivité artificielle significative.

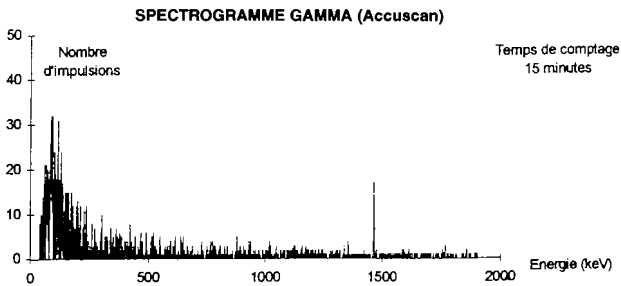
Un spectre net d'anthropogammamétrie (dont le bruit de fond ambiant a été soustrait) obtenu avec l'Accuscan est présenté sur la figure 2.

Le pic correspondant au potassium 40 naturel est bien visible sous la forme d'une raie fine, en comparaison du pic élargi obtenu avec le compteur Gemini, du fait d'une résolution en énergie plus faible. Il n'y pas d'autre raie identifiable de façon significative.

Une quantification des seuils de mesure aux plages d'énergie correspondant à l'iode 131 et au césium 137 permet d'évaluer les performances des mesures anthropogammamétriques. Les valeurs sont indiquées dans le tableau III.



*Fig. 1. – Spectre anthropogammamétrique obtenu avec l'appareillage Gemini.
Anthropogammamétrique spectrum obtained with the Gemini equipment.*



*Fig. 2. – Spectre anthropogammamétrique obtenu avec l'appareillage Accuscan.
Anthropogammamétrique spectrum obtained with the Accuscan equipment.*

TABLEAU III

Résultats des examens anthropogammamétriques.

Results of anthropogammatic examinations
(min, max and mean threshold values, standard deviation for).

Anthropogamma	Seuil moyen	Écart type	Seuils Min/Max
Gemini			
Iode 131	11 Bq	1 Bq	10/17 Bq
Césium 137	320 Bq	38 Bq	285/479 Bq
Arsenal			
Iode 131	108 Bq	11 Bq	80/130 Bq
Césium 137	126 Bq	26 Bq	70/170 Bq

Enfin, aucune activité significative n'étant mise en évidence, une analyse des résultats par sous groupe de plongeur et de non plongeur n'a pas été pratiquée.

Chacun des pompiers examinés a été destinataire des résultats des examens le concernant.

4. Discussion

Ces études anthropogammamétriques et radiotoxicologiques urinaires d'une population de référence du Nord Cotentin ont été entreprises afin de répondre à l'inquiétude de la population en ce qui concerne sa contamination éventuelle lors de la fréquentation du milieu marin.

La démarche de l'OPRI, office public dont le rôle est d'assurer la protection de la population et des travailleurs contre les rayonnements ionisants, a été de mener la recherche directe de contaminations humaines éventuelles selon la ligne directrice suivante :

- les résultats du contrôle de l'environnement par l'OPRI ne permettent pas d'envisager une contribution significative des radio-isotopes artificiels à l'exposition aux rayonnements ionisants dans la région du Nord Cotentin ;
- néanmoins si des contaminations humaines significatives étaient directement mises en évidence chez l'homme, des actions immédiates de prévention seraient à entreprendre sans attendre l'apparition d'effets significatifs sur la santé qui ne pourraient être mis en évidence par des études épidémiologiques que tardivement, plusieurs années après ;
- en revanche, l'absence de contaminations humaines significatives confirmerait que la population du Nord Cotentin n'est pas exposée à un risque lié aux radio-isotopes artificiels par la fréquentation du milieu marin et par extension dans la vie courante.

En dehors de la confirmation attendue, l'étude a été l'occasion d'une rencontre de type médecin-patient (qui n'est pas malade, mais a besoin d'une consultation pour se rassurer), dans une démarche responsable de la part des professionnels de la santé. Cette rencontre réussie contribue à rétablir la confiance, et restaurer si nécessaire la crédibilité des pouvoirs publics.

Le corps des pompiers de la communauté urbaine de Cherbourg a été choisi car les pompiers sont des habitants de la région comme les autres et y vivent depuis suffisamment longtemps (18,6 années en moyenne). De plus, les 19 pompiers plongeurs sous-marins, exposés pendant au moins une journée par semaine (durée de leur entraînement hebdomadaire) aux radio-isotopes artificiels potentiellement présents dans la mer, constituent un sous-groupe à risque. Du fait de la normalité de

tous les résultats, on peut considérer que le corps des pompiers est bien un groupe de référence, représentatif de la population du Nord Cotentin, dont l'étude est particulièrement intéressante du fait de son mode de vie et de sa fréquentation du milieu marin. Le corps des pompiers de Cherbourg présente aussi l'avantage d'être facile à étudier, dans la mesure où la vie professionnelle de corps permet une mobilisation facilitée du fait de l'unité de lieu de travail.

D'autres groupes pourraient être choisis, comme des groupes scolaires ou universitaires, pour des études ultérieures le cas échéant. Un autre groupe particulier pourrait tout simplement être celui des personnes dont l'activité professionnelle se situe dans le domaine nucléaire en Normandie pour 1/3 de leur vie et qui pour les 2/3 du temps sont des habitants de la Normandie. Une telle étude pourrait être effectuée rétrospectivement et pourrait consister en la compilation de toutes les données de surveillance effectuée par les exploitants au titre de la médecine du travail. Par ailleurs, l'OPRI a surveillé pendant quelques mois deux marins-pêcheurs, plongeurs professionnels du Cotentin, opérant à proximité du lieu de rejet de l'usine, qui ont bénéficié en 1997 d'un examen radiotoxicologique urinaire et d'une surveillance dosimétrique externe mensuelle par film photographique porté pendant leur activité de pêche. Tous les résultats obtenus chez ces 2 pêcheurs sont normaux et ne traduisent pas d'exposition décelable aux radio-isotopes artificiels.

Soixante et onze des 85 pompiers de la CUC ont été examinés. La non exhaustivité du recrutement au sein du corps est le fait du volontariat des pompiers, et ne peut donc pas être retenue comme un biais de l'étude.

Les examens effectués chez les pompiers sont ceux de la surveillance des travailleurs du nucléaire dans le cadre de la médecine du travail.

Pour la recherche par anthropogammamétrie de la présence dans le corps de radio-isotopes émetteurs de rayonnements gamma, il s'agit de répondre à une double problématique de détection : soit utiliser des détecteurs sensibles (scintillateurs NaI) dont la résolution en énergie est assez faible, et donc risquer de ne pas pouvoir identifier un radioisotope par la place de son pic dans le spectre, soit utiliser un compteur au Germanium dont la résolution en énergie est excellente mais dont la sensibilité est moindre.

Pour cette première étude, nous avons choisi d'utiliser les deux méthodes de façon complémentaire afin de combiner leurs qualités respectives. Les compteurs à scintillation NaI équipant les véhicules d'intervention de l'OPRI ont été choisis car ils permettent la réalisation des examens sur le site même de la caserne des pompiers. Le seul compteur au Germanium ultra-pur disponible à Cherbourg et compatible avec les contraintes de l'étude est celui de la Direction des Constructions Navales. Les examens y ont été effectués par une équipe de l'OPRI afin de garantir une indépendance totale de réalisation de l'étude.

Les examens radiotoxicologiques urinaires qui ont été effectués sont également ceux qui sont réalisés en routine pour les travailleurs du nucléaire. Les radio-isotopes recherchés sont ceux qui sont susceptibles d'être retrouvés dans le milieu marin après avoir été rejetés dans les effluents des installations nucléaires du Nord Cotentin.

Les résultats des anthropogammamétries et des examens radiotoxicologiques urinaires des pompiers sont normaux ; ce sont les mêmes résultats que ceux que l'on obtient en pratiquant ces examens chez des personnes non contaminées. Ces résultats normaux, permettent de tirer les conclusions suivantes :

- puisqu'aucun des pompiers ne présente de contamination décelable, l'activité de plongée en milieu marin exercée par certains d'entre eux ne présente donc pas un facteur de risque significatif de contamination par les radioéléments artificiels présents dans la mer ;
- les pompiers étant représentatifs de la population du Nord Cotentin, c'est toute cette population qui peut être rassurée par les résultats normaux observés chez les pompiers. Ceci demeure sans doute vrai pour les enfants, et en particulier ceux qui fréquentent les plages, bien que le facteur de transfert des radio-isotopes peu solubles soit nettement plus élevé dans cette tranche de la population. Ce qui témoigne en ce sens est le niveau très faible de ces éléments dans la chaîne alimentaire, leur faible absorption intestinale et la confirmation chez l'adulte qu'il n'y a pas eu de lacune décelable dans le programme de surveillance sanitaire de l'exposition.

En toute rigueur scientifique, il faut interpréter la signification de la normalité des résultats observés. En effet, la normalité est d'abord définie dans cette étude par l'absence de raie visible sur le spectre, aux énergies spécifiques des rayonnements recherchés. Une évaluation quantitative est alors effectuée dans les fenêtres en énergie spécifiques des rayonnements recherchés. Les comptages observés dans ces fenêtres en énergie peuvent correspondre à l'isotope recherché présent en faible quantité mais aussi et surtout à d'autres rayonnements diffusés dans cette fenêtre. On calcule alors un seuil de mesure, valeur en dessous de laquelle on ne peut pas donner de valeur quantitative exacte car la méthode n'est pas suffisamment précise pour mesurer des valeurs plus faibles. Il s'agit là d'une limite intrinsèque à toute méthode de mesure ou d'observation. Cette même valeur seuil serait également calculée chez des sujets exempts de toute contamination.

La valeur calculée du seuil présente une petite variabilité qui résulte de la prise en compte de différents paramètres et en particulier le taux de comptage réel dans la fenêtre en énergie et les erreurs de mesure. C'est la raison pour laquelle la valeur moyenne, l'écart-type et les valeurs extrêmes des seuils sont donnés dans les tableaux de résultats.

On ne peut donc pas exclure la possibilité de contaminations, qui, si elles existent, sont inférieures aux seuils de mesure. Quelles pourraient donc être les vraies valeurs ?

Une publication de Watson et Sumner apporte une réponse plus précise dans un contexte semblable en Ecosse (Watson, 1996) même si les niveaux des rejets diffèrent sensiblement. Ces auteurs ont réalisé une recherche de contamination humaine par les radioéléments artificiels chez des habitants de Dounreay où se situe un centre de retraitement des combustibles nucléaires, dans la région duquel a été observée une augmentation significative de 3 cas de leucémies de l'enfant. Leur étude a été focalisée en particulier sur la mesure des actinides émetteurs alpha, le plutonium 239 dans les urines, et l'américium 241 directement sur les os du crâne. Ces examens ont été réalisés pour établir ou rejeter un lien de causalité entre une exposition aux radio-isotopes artificiels et l'apparition de leucémies chez l'enfant, observées en excès dans cette région. Soixante-six personnes de Dounreay ont été comparées à 42 témoins vivant à distance du site.

Les valeurs mesurées dans cette étude pour le plutonium 239 sont beaucoup plus basses – c'est-à-dire précises – que les nôtres car la méthode utilisée était très différente et réalisée par un laboratoire spécialisé de Brookhaven (USA) capable d'atteindre un seuil à 3 microbecquerels de plutonium 239 par échantillon avec une méthode d'analyse de traces de fission après exposition à des neutrons thermiques. C'est effectivement l'ordre de grandeur des valeurs mesurées chez la majorité des personnes examinées. La dosimétrie efficace annuelle correspondante est de l'ordre de 20 μ Sv. La valeur maximale de contamination mesurée chez un enfant leucémique était de 16,6 μ Bq/L d'urines, alors que 3 cas contrôles avaient des valeurs supérieures.

Pour l'américium 241, la mesure a été effectuée directement sur les os du crâne, superficiels, et donc peu atténuateurs des rayonnements gamma de 60 keV à l'aide de détecteurs « phoswich » NaI/CsI. La limite de détection de l'appareillage utilisé était de 3,8 Bq pour le crâne, soit un équivalent d'environ 24 Bq pour le corps entier. Aucune des personnes examinées, témoins et malades, ne dépassait la valeur seuil pour l'américium 241. L'intérêt de l'américium 241 est sa descendance du plutonium 241 dont il est la trace.

Nous n'avons pas pu mener notre étude de recherche de contamination radioactive éventuelle par les actinides chez les pompiers par les méthodes de Watson et Sumner car ces méthodes ne sont pas à la disposition de l'OPRI qui n'a pas actuellement les moyens de leur financement.

La réalisation de telles études approfondies devrait néanmoins être envisagée à brève échéance. En effet, l'évolution prochaine des normes de surveillance des travailleurs et de la population dans le cadre de la transposition des directives européennes (Directives Euratom, 1996 & 1997) invite à un effort accru d'analyse permettant de quantifier des valeurs d'excrétion urinaire nettement inférieures au mBq/l pour le plutonium dans les urines. Cette évolution est nécessaire car au seuil actuel de nos mesures une dose significative peut être déduite par application des modèles métaboliques reconnus et validés par la communauté scientifique internationale, sans que nous puissions en démontrer l'inexactitude.

Remerciements : *L'OPRI remercie la Communauté Urbaine de Cherbourg qui a autorisé cette étude et les sapeurs-pompiers de la CUC pour leur participation active et volontaire à sa réalisation. Les autorités de la Direction des Constructions Navales et les Médecins du Travail de la DCN sont également remerciés pour leur accueil.*

RÉFÉRENCES

- Directive (1996) 96/29/Euratom du Conseil 1996. J. O. des communautés européennes, vol. **39**, 1996.
Directive (1997) 97/43/Euratom du Conseil 1997. J. O. des communautés européennes, vol. **40**, 1997.
Rapport annuel de l'Office de Protection contre les Rayonnements Ionisants (1995).
Rapport annuel de l'Office de Protection contre les Rayonnements Ionisants (1996).
Rapport annuel de l'Office de Protection contre les Rayonnements Ionisants (1997).
Sugier A. (1997) Premier rapport d'étape du Comité « Radioécologie Nord Cotentin ».
Watson WS., Sumner DJ. (1996) The measurement of radioactivity in people living near the Dounreay Nuclear Establishment, Caithness, Scotland. *Int. J. Radiat. Biol.*, **70**, 2 : 117-130.