



**Conséquences pour la population française de
l'ingestion de denrées contaminées à la suite de
l'accident de Tchernobyl**

Ph Renaud, Ph. Bérard, B. Le Guen

Rapport IPSN / 98-07

R
A
P
P
O
R
T

**Conséquences pour la population française de
l'ingestion de denrées contaminées à la suite de
l'accident de Tchernobyl**

Ph Renaud, Ph. Bérard, B. Le Guen

Rapport IPSN / 98- 07



INSTITUT DE PROTECTION ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

DÉPARTEMENT DE PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT

Service d'Études et de Recherches Radioécologiques dans les Milieux Naturels

CE/Cadarache - Bât. 159 - 13108 SAINT-PAUL-LEZ-DURANCE CEDEX, France - Télécopie : (33) 42.25.49.48 - Tél. : (33) 42.25.33.41

Demandeur	
Référence de la demande	Note DSIN-FAR/SD4/n°4176/98
Numéro de la fiche d'action	4011

Conséquences pour la population française de l'ingestion de denrées contaminées à la suite de l'accident de Tchernobyl

Ph. RENAUD - Ph. BERARD - B. LE GUEN

Rapport IPSN 98-07

Décembre 1998

	Réservé à l'unité		Autorisation de diffusion		
	Auteur(s)	Vérificateur*	Chef du SERNAT	Chef du DPRE	Directeur de l'IPSN
Noms	Ph. RENAUD	Ch. MOURLON	D. CALMET	J. C. BARESCUT	p/ M. LIVOLANT
Dates	07/03/99	18/03/99	19/4/1999	22/3/99	22/3/99
Signatures					D. Quéniart

* rapport sous assurance de la qualité

SOMMAIRE

1. INTRODUCTION	3
2. ANALYSE DES DONNÉES ANTHROPOGAMMAMETRIQUES DISPONIBLES	3
3. METHODOLOGIE.....	7
4. RESULTATS	8
4.1 EVOLUTION DES INCORPORATIONS DE ¹³⁷ Cs	8
4.2 EVOLUTION DES CHARGES CORPORELLES EN ¹³⁷ Cs.....	9
4.3 EVOLUTION DES EXCRETIONS DE ¹³⁷ Cs PAR VOIE URINAIRE.....	13
4.4 EVOLUTION DES INCORPORATIONS, DES ACTIVITES THYROÏDIENNES ET DES EXCRETIONS URINAIRES D' ¹³¹ I	15
5. CONCLUSION	17
6. REFERENCES	17

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient les organismes et laboratoires qui ont contribué à l'obtention des données qui sont à la base de ce rapport, notamment :

la **CO**mpagnie **GE**nérale des **MA**tières nucléaires (COGEMA) et plus particulièrement le Docteur Gelas

Electricité **De** France (EDF) et plus particulièrement le Docteur Chevalier

Le **Co**missariat à l'**E**nergie **A**tomique (CEA) et plus particulièrement le Docteur Giraud

1. Introduction

Le bilan des conséquences radioécologiques et dosimétriques en France de l'accident de Tchernobyl est présenté dans le rapport IPSN 97-03 (Renaud *et al*, 1997) établi sur la base de l'ensemble des données scientifiques disponibles et au moyen du logiciel ASTRAL développé par l'IPSN. Ce dernier a permis d'établir la carte des dépôts radioactifs moyens sur le sol français métropolitain et de localiser les zones pouvant présenter les dépôts les plus élevés, de déterminer les évolutions des concentrations en radionucléides des productions agricoles depuis mai 1986, tant pour les valeurs moyennes que pour les valeurs maximales atteintes, enfin d'évaluer les conséquences de l'accident en termes de doses en considérant celles reçues par la majeure partie de la population aussi bien que celles reçues par des personnes plus particulièrement exposées.

Le suivi médical des personnels travaillant sur les sites nucléaires comporte des contrôles des quantités, ou des activités, de radionucléides présents dans leur corps, leurs urines et leur glande thyroïde. Parmi les radionucléides couramment recherchés lors de ces contrôles anthropogammamétriques figurent le ^{137}Cs , le ^{134}Cs et l' ^{131}I .

A la suite de l'accident de Tchernobyl et d'après les estimations faites à l'aide d'ASTRAL, l'incorporation de ces trois radionucléides via l'alimentation a conduit, pour l'année 1986, à des doses efficaces engagées qui représentent entre 60 % et 70 % des doses totales pour cette année.

Ce document a pour objet de vérifier si l'estimation des doses dues à l'ingestion de denrées contaminées présentée dans le rapport précité est en accord avec les mesures des activités corporelles et des activités dans les urines faites de 1986 à 1989 sur certains personnels travaillant sur des sites du Commissariat à l'Energie Atomique (CEA), de la COmpagnie Générale des MATières nucléaires (COGEMA) et d'Electricité de France (EdF).

2. Analyse des données anthropogammamétriques disponibles

Les données anthropogammamétriques collectées pour cette étude sont :

- les activités corporelles de ^{134}Cs et ^{137}Cs pour les personnes travaillant sur les sites du CEA de Fontenay-aux-Roses, de Saclay et du Tricastin et sur les sites de la COGEMA de Marcoule et de La Hague.
- les activités de ^{134}Cs et de ^{137}Cs dans les urines prélevées sur des personnes travaillant sur les sites de production d'EdF de Bugey, Cattenom, Cruas, Creys, Dampierre, Fessenheim, Flamanville, Gravelines, Le Blayais, S^t Alban, S^t Laurent et du Tricastin.

La figure 1 présente la situation de ces sites par rapport aux zones de dépôts de ^{137}Cs définies dans le rapport IPSN 97-03. Au total, c'est plus de 60 000 contrôles anthropogammamétriques qui ont été pratiqués entre avril-mai 1986 et avril-mai 1989 sur ces 17 sites (tableau 1). Les documents de synthèse fournis par les services de médecine du travail du CEA, de la COGEMA et d'EdF comportent, pour chaque mois de cette période, les informations suivantes :

- le nombre de contrôles effectués
- le nombre de résultats situés au-dessous du seuil de mesure et la valeur de ce seuil
- les valeurs minimales, moyennes, et maximales des mesures enregistrées ainsi que les écarts-types

Des informations complémentaires pour expliquer certaines valeurs qui se distinguent particulièrement figurent également dans ces synthèses.

Les moyennes et écarts-types fournis ne sont pas toujours exploitables pour cette étude car ils ont été calculés en affectant une valeur d'activité nulle à tous les résultats qui se situaient en dessous des seuils de mesure. Il en résulte notamment que les moyennes annoncées sont d'autant plus sous-estimées que le nombre de résultats de contrôles situés au-dessous du seuil de mesure est important.

Ainsi à Marcoule, site de la COGEMA situé en zone 1, les activités corporelles de ^{137}Cs des personnes contrôlées sont rapidement toutes passées au-dessus du seuil de mesure, et il faut attendre le printemps 1988, soit deux ans après l'accident de Tchernobyl, pour que, progressivement, cette tendance s'inverse. En

revanche, sur le site de la Hague situé en zone 4, le dépassement du seuil de mesure n'a jamais concerné l'ensemble des personnes contrôlées (figure 2).

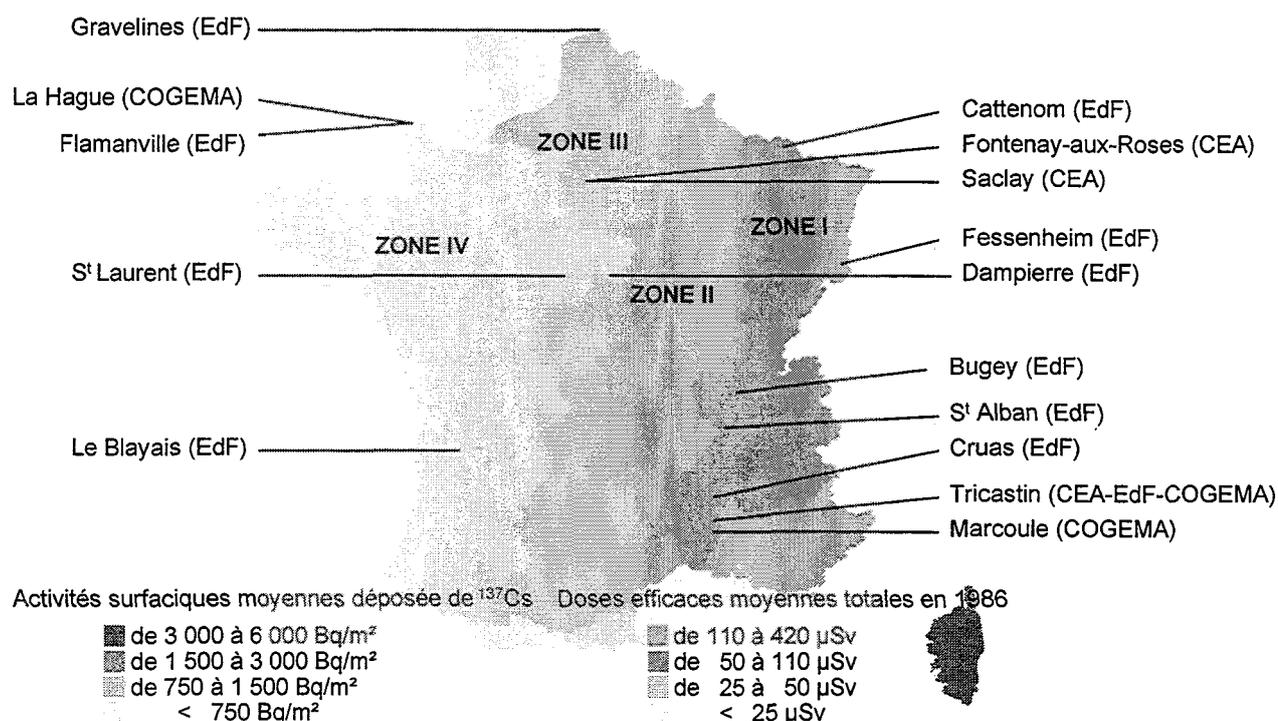


Figure 1 : situation des sites étudiés par rapport aux zones de dépôts de ^{137}Cs définies dans le rapport IPSN 97-03 et doses efficaces moyennes totales pour l'année 1986

Tableau 1 : nombres de contrôles anthropogammamétriques effectués sur chaque site de avril-mai 1986 à décembre 1988

Nombre de contrôles d'activité corporelle

Tricastin	Marcoule	La Hague	Fontenay-aux-Roses	Saclay	Total
2283	13031	14698	3760	6969	40741

Nombre de contrôles d'activité dans les urines

StAlb., Cru., Tric	Bugey, Creys	Fessen., Catten.	Gravelines	Flamanville	St Laur., Damp.	Le Blayais	Total
5307	4907	2636	2689	1644	4942	1980	23605

Les mêmes observations peuvent être faites sur les résultats des contrôles de ^{137}Cs dans les urines des personnels des sites de l'est de la France (St Alban, Cruas et Tricastin) où la proportion de résultats au-dessus du seuil de mesure a rapidement augmenté pour atteindre 80 % à 90 % dès le mois d'août 1986, alors que, sur un site plus à l'ouest (tel que Flamanville), cette proportion s'est maintenue entre 30 % et 70 % (figure 3). A partir du début de l'année 1988, elle a partout diminué rapidement et à la fin de l'année 1988, très peu de résultats de contrôles de ^{137}Cs dans les urines se situaient au-dessus du seuil de mesure.

Cette première analyse semble confirmer l'existence d'une différence entre l'est et l'ouest qui s'expliquerait par la décroissance des dépôts de ^{137}Cs d'est en ouest.

Les mesures d'activité corporelle et d'activité dans les urines en ^{134}Cs sont beaucoup moins nombreuses et exploitables que celles de ^{137}Cs . Ainsi, sur les sites de l'est du pays, comme Fessenheim ou Cattenom, le nombre de résultats de contrôles d'urines supérieurs au seuil de mesure n'a dépassé 30 % que durant quelques mois d'août 1986 à novembre 1986 (figure 4). Au Blayais, cette proportion est toujours restée, et souvent nettement, inférieure à 30%.

Le rapport initial des activités $^{137}\text{Cs}/^{134}\text{Cs}$, voisin de 2, constaté partout après l'accident de Tchernobyl, puis la décroissance du ^{134}Cs avec une période de deux ans (contre 30 ans pour le ^{137}Cs) expliquent que les contrôles anthropogammamétriques pratiqués dans le cadre de la médecine du travail, n'aient souvent pas permis de mesurer le ^{134}Cs . L'évolution du rapport $^{137}\text{Cs}/^{134}\text{Cs}$ dans les activités corporelles maximales mesurées sur les sites de Marcoule et Saclay (figure 5) est tout à fait conforme à l'évolution théorique

résultant de l'effet des deux périodes radioactives.

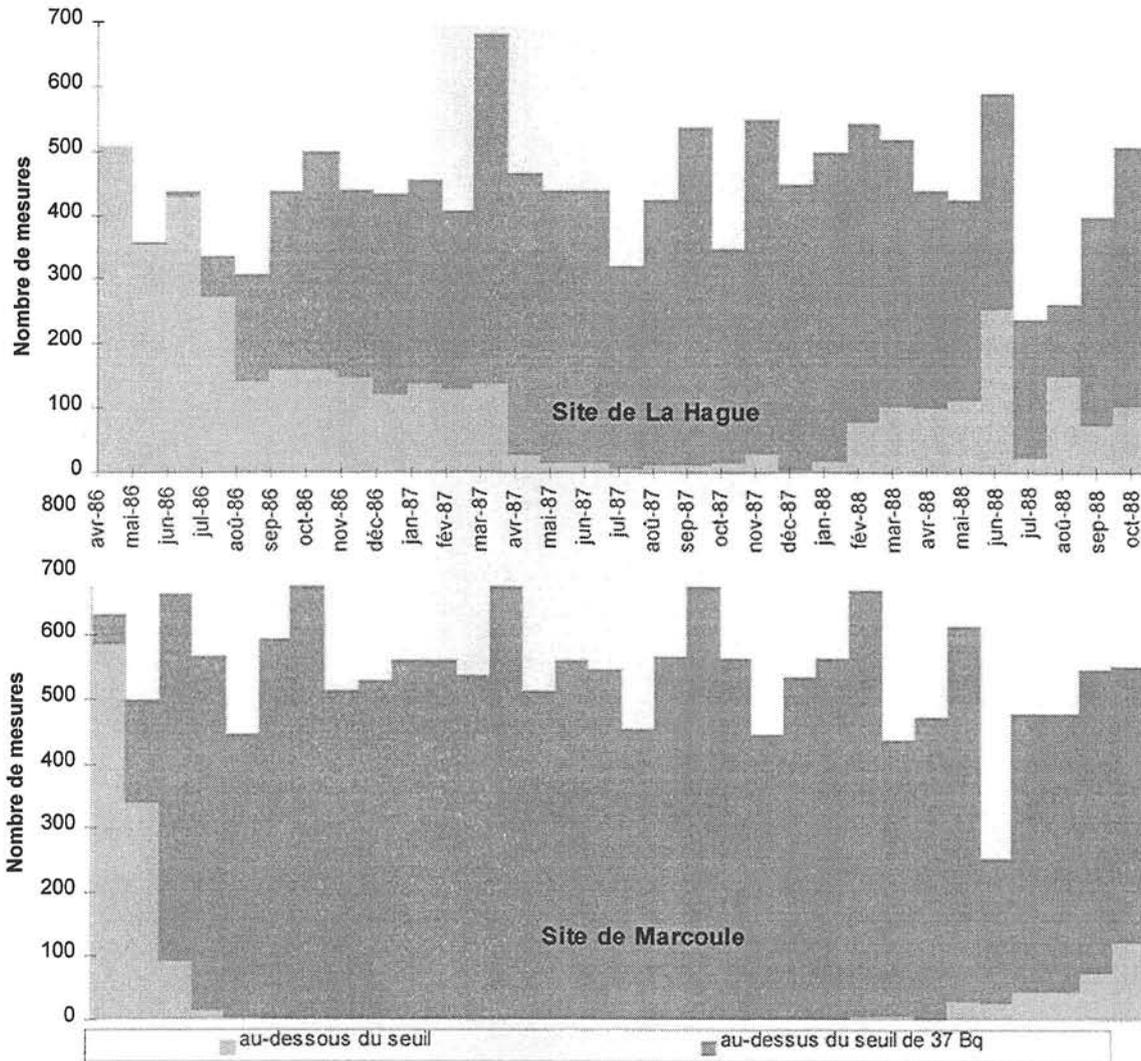


Figure 2 : Evolution du nombre mensuel de résultats de contrôles de charge corporelle en ^{137}Cs situés au-dessous et au-dessus du seuil de mesure de 37 Bq.

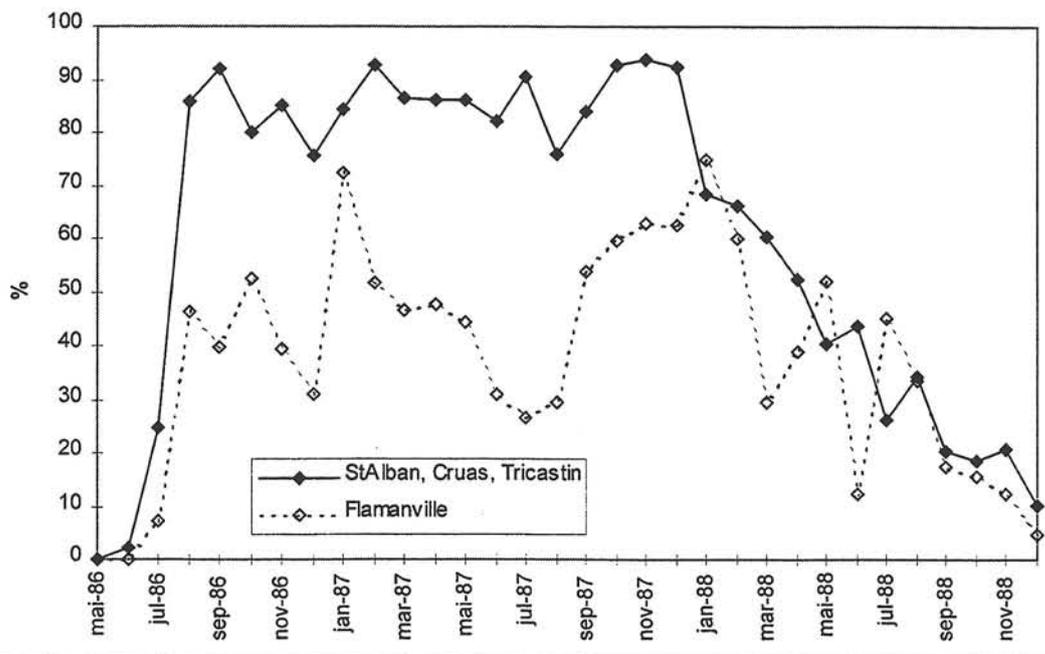


Figure 3 : Pourcentage de contrôles de ^{137}Cs dans les urines supérieurs au seuil de mesure de 0,3 Bq/l

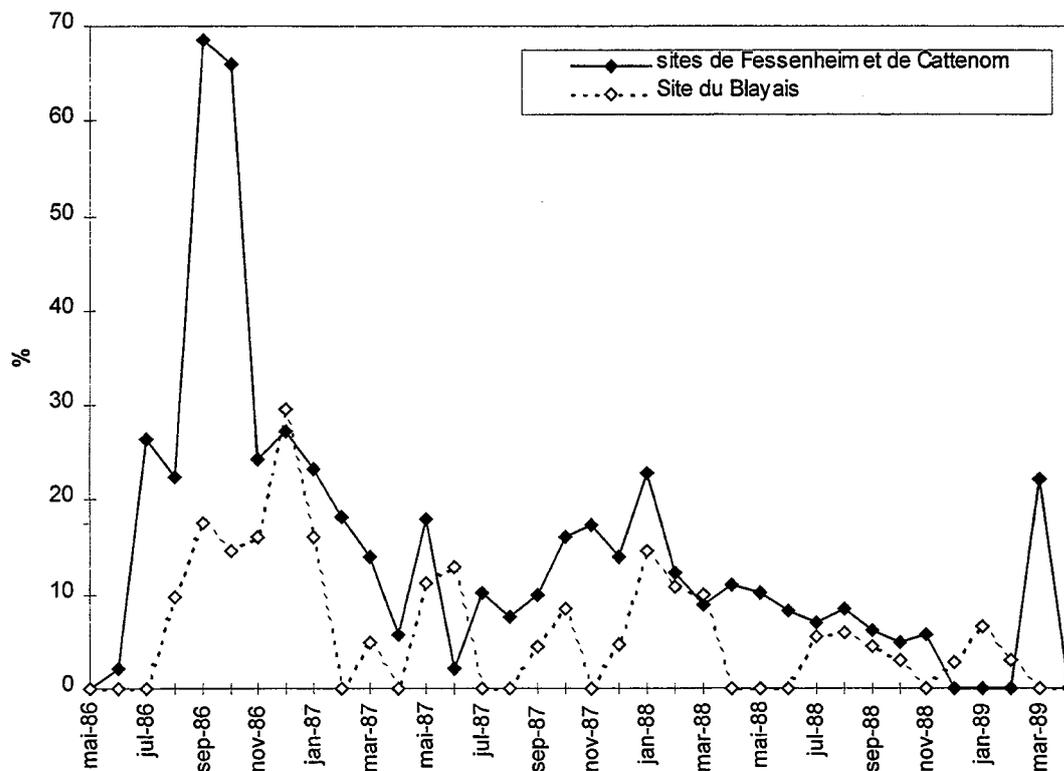


Figure 4 : Pourcentage de résultats de contrôles de ^{134}Cs dans les urines supérieurs au seuil de mesure de 0,3 Bq/l

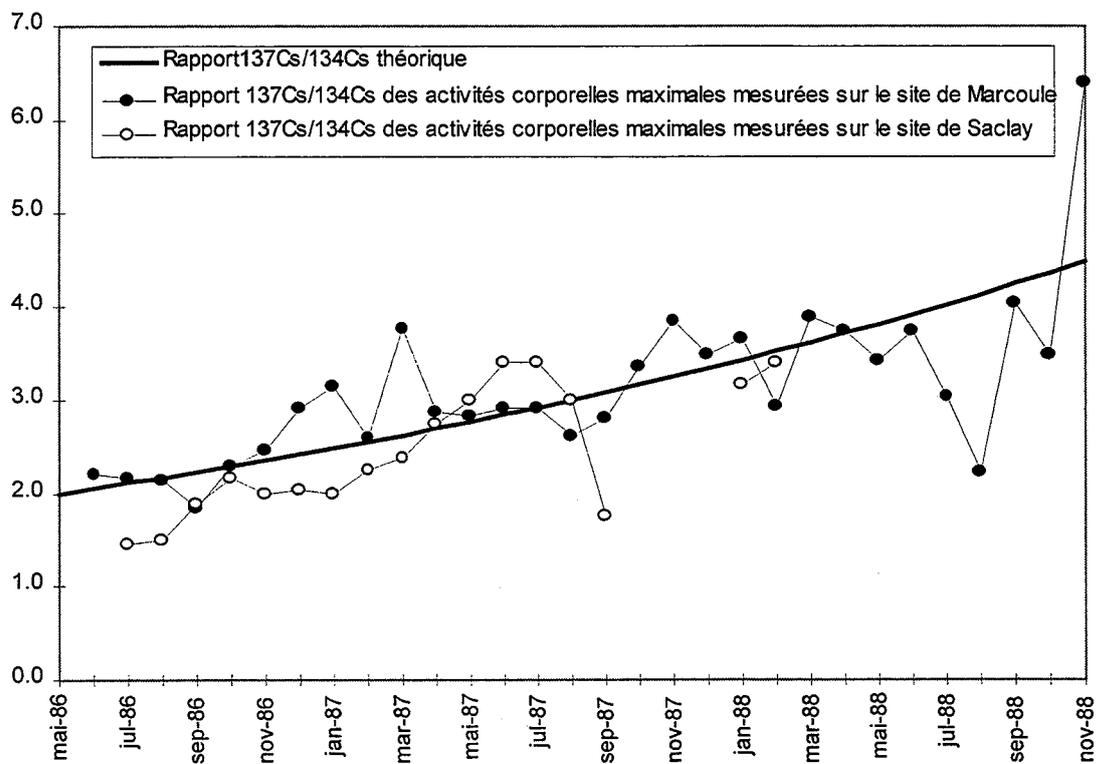


Figure 5 : Evolution du rapport des activités corporelles $^{137}\text{Cs}/^{134}\text{Cs}$ entre mai 1986 et novembre 1988 et comparaison avec le rapport théorique

3. Méthodologie

Dans le même esprit que dans rapport IPSN 97-03, les estimations obtenues par la modélisation concernant les transferts dans la chaîne alimentaire jusqu'à l'homme, ont été confrontées aux données anthropogammamétriques collectées.

L'analyse de ces données (cf chapitre précédent) a montré que, d'une part cette confrontation peut être limitée au seul ^{137}Cs , d'autre part que, le plus souvent, seules les valeurs maximales enregistrées sont exploitables, les moyennes fournies n'ayant de signification que pour les mois où tous les résultats des contrôles se trouvaient être au-dessus du seuil de mesure. Il en est de même pour les valeurs minimales mesurées qui ne sont présentées que lorsqu'elles sont supérieures à ce seuil.

Les incorporations quotidiennes de ^{137}Cs et d' ^{131}I par les personnes résidant dans chacune des zones définies dans le rapport IPSN 97-03 ont été estimées à l'aide du logiciel ASTRAL. Ces estimations tiennent compte des conditions météorologiques dans lesquelles se sont effectués les dépôts de radioactivité, des contaminations des productions agricoles et des aliments et de leur évolution. Elles ont été obtenues en utilisant une ration alimentaire moyenne pour laquelle les aliments sont supposés provenir en totalité de la zone où vit la personne considérée. Cette hypothèse simplificatrice sera discutée dans ce qui suit.

A partir des incorporations quotidiennes de ^{137}Cs et d' ^{131}I ainsi estimées, des évaluations des activités corporelles théoriques moyennes en ^{137}Cs , et de l'activité d' ^{131}I dans la thyroïde ont été faites à l'aide du logiciel COVODIX¹. Les activités excrétées quotidiennement dans les urines ont été calculées de la même manière.

Pour le ^{137}Cs , ces évaluations ont ensuite été comparées aux mesures anthropogammamétriques collectées.

Il n'existe pas de données anthropogammamétriques exploitables pour l' ^{131}I . Les causes en sont l'utilisation de seuils de mesure trop élevés en relation avec un important bruit de fond durant les premiers jours de mai 1986, puis la décroissance radioactive rapide de ce radionucléide. Les calculs faits pour évaluer les activités d' ^{131}I dans la thyroïde à partir des concentrations de ce radionucléide dans la chaîne alimentaire, permettent de vérifier cette hypothèse.

¹ Afin d'établir une correspondance entre l'incorporation d'un radionucléide, sa rétention dans les différents organes et son élimination par excrétion urinaire et fécale, l'IPSN a développé entre 1996 et 1998, deux logiciels DECODIX et COVODIX (Gibert B *et al*, 1998, Malarbet J. L. 1998). Ces deux codes de calculs sont fondés sur les modèles biocinétiques publiés par la CIPR. Ils permettent de traiter des incorporations aiguës ou chroniques de radionucléides après inhalation, ingestion ou injection.

Dans le cas d'une incorporation par inhalation, ces programmes sont fondés sur les publications 66, 67 et 78 de la CIPR, pour l'ingestion, ils sont fondés sur les publications 30, 56, 67 et 78 de la CIPR. Le logiciel DECODIX permet à partir des résultats radiotoxicologiques d'estimer les absorptions sanguines et les incorporations. Le logiciel COVODIX, permet, pour une incorporation par ingestion ou inhalation, d'estimer les rétentions et les excrétions journalières résultantes sur de longues durées. L'approche réaliste retenue permet également de tenir compte des périodes réelles de non exposition. Dans cette étude, le logiciel ASTRAL estimant des incorporations quotidiennes variables d'un jour à l'autre, c'est le logiciel COVODIX qui a été utilisé pour estimer les rétentions et les excrétions chez l'homme.

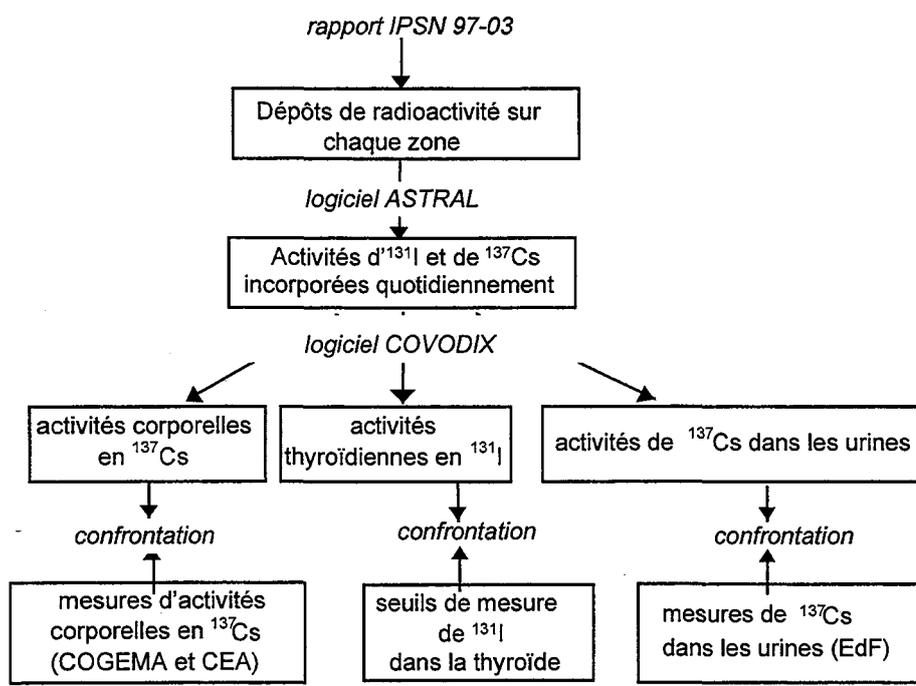


Figure 6 : Schéma de principe de l'étude

4. Résultats

4.1 Evolution des incorporations de ¹³⁷Cs

Pour chacune des zones de la figure 1 définies sur la base des dépôts de ¹³⁷Cs, le logiciel ASTRAL fournit des estimations de l'incorporation de ce radionucléide par la population. Chaque zone étant délimitée à partir de la définition d'une activité surfacique minimale et d'une activité surfacique maximale, ASTRAL fournit les estimations d'incorporation correspondant à ces deux valeurs. Il s'agit d'estimations moyennes à l'échelle de la population d'un département dans son ensemble. Elles ne reflètent ni les hétérogénéités locales des dépôts, notamment les valeurs maximales mises en évidence et expliquées dans le rapport IPSN 97-03, ni d'éventuelles habitudes alimentaires particulières. La figure 7 présente les estimations des valeurs minimales et maximales des incorporations moyennes de ¹³⁷Cs dans les départements de la zone 1, la plus touchée de France.

Avant l'accident de Tchernobyl, l'incorporation de ¹³⁷Cs peut être estimée à 0,24 Bq/j. Elle résulte principalement des retombées des essais atmosphériques d'armes nucléaires. Dès le mois de mai 1986, l'incorporation de ¹³⁷Cs atteint 50 Bq/j, dus à la consommation de lait frais et de légumes feuilles (salade, épinard, poireau...) directement contaminés par les dépôts. La diminution rapide de l'incorporation qui suit est due à la diminution de l'activité de ces denrées. Les ressauts sont dus à la prise en compte par la modélisation des arrivées successives sur le marché de conserves dérivées des productions agricoles contaminées. Au printemps 1987, ce sont les viandes et les produits à base de céréales qui contribuent pour l'essentiel à l'incorporation de ¹³⁷Cs à un niveau dix fois inférieur à la valeur juste après l'accident.

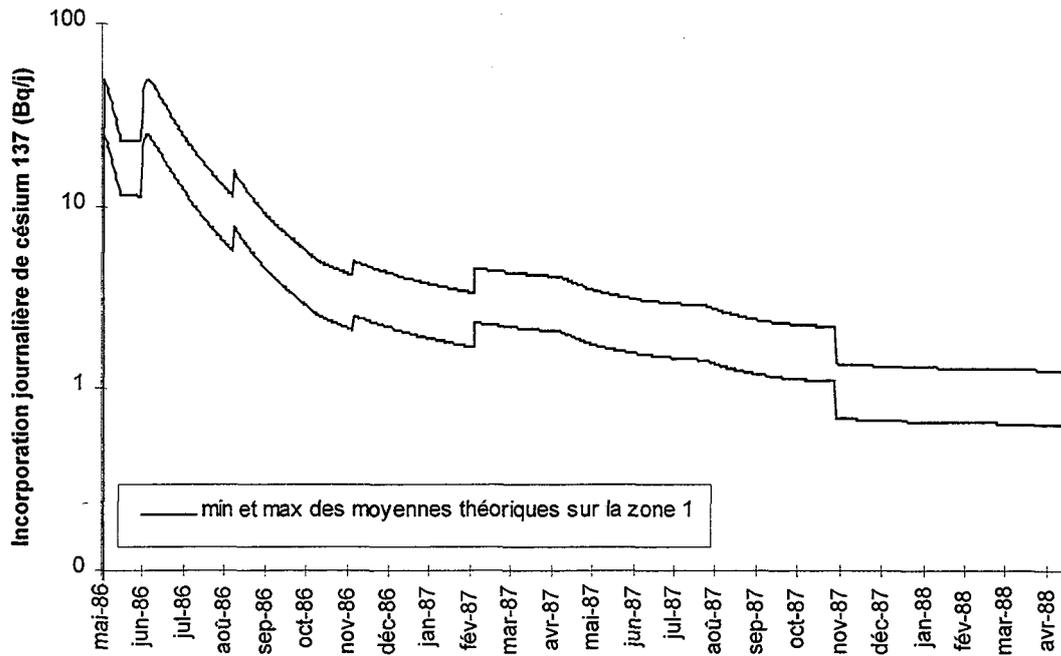


Figure 7 : Evolution des incorporations journalières de ^{137}Cs pour la zone 1

4.2 Evolution des activités corporelles de ^{137}Cs

Avant mai 1986, l'activité corporelle moyenne en ^{137}Cs des français résultant des retombées des essais atmosphériques d'armes nucléaires peut être estimée comprise entre 30 et 40 Bq. Ceci explique que les résultats des contrôles anthropogammamétriques effectués par la plupart des laboratoires avant l'accident de Tchernobyl étaient le plus souvent négatifs car en dessous du seuil de mesure de 37 Bq. Avec un seuil de mesure deux fois plus bas, les contrôles pratiqués en avril 1986 par le laboratoire du site de Tricastin ont permis de mesurer effectivement dans certains cas les activités corporelles en ^{137}Cs dues aux essais d'armes (figure 8).

Dès le mois de mai 1986, tous les contrôles fait sur ce site ont enregistré une augmentation des incorporations de ^{137}Cs due à l'accident de Tchernobyl. La lente diminution des activités corporelles après le mois d'août 1986 traduit l'épuration globale des aliments, notamment des légumes feuilles, du lait puis de la viande, combinée à l'élimination biocinétique du césium par l'organisme.

L'évolution des activités maximales mesurées sur ce site de la zone 1 correspond assez bien à celle des estimations maximales obtenues à l'aide des logiciels ASTRAL et COVODIX pour cette zone. Durant l'année 1986, les résultats des mesures sont cependant inférieurs aux valeurs théoriques. Ceci s'explique probablement par l'utilisation, en quantités plus importantes que celles considérées pour les calculs, de produits de conservation, lait notamment, pour lesquels les délais de consommation sont allongés, ce qui entraîne un étalement dans le temps des activités incorporées et donc une augmentation moins rapide que prévue des activités corporelles.

Les valeurs minimales mesurées correspondent à celles que l'on pourrait attendre en zone 3, moins touchée par les dépôts. Deux raisons peuvent expliquer cet étalement l'amplitude des résultats de mesures. En effet, bien que le site du Tricastin se trouve dans la zone 1, les personnes travaillant sur ce site résident dans des départements appartenant aux zones 1 (Drôme, Gard et Ardèche) et 2 (Vaucluse et Bouches-du-Rhône). Il est cependant probable que la cause principale soit liée à l'origine des aliments consommés ; les personnes travaillant sur le site du Tricastin consomment vraisemblablement des denrées provenant de régions de France ou d'Europe moins touchées par les retombées de Tchernobyl (ouest de la France, Espagne par exemple).

La confrontation entre résultats de calculs et résultats de mesures a été faite également pour le site de Marcoule, situé en zone 1, et a donné des résultats similaires (figure 9). La corrélation entre les estimations maximales obtenues par calcul et les mesures est très forte sur ce site avec un coefficient de corrélation égal

à 0,98.

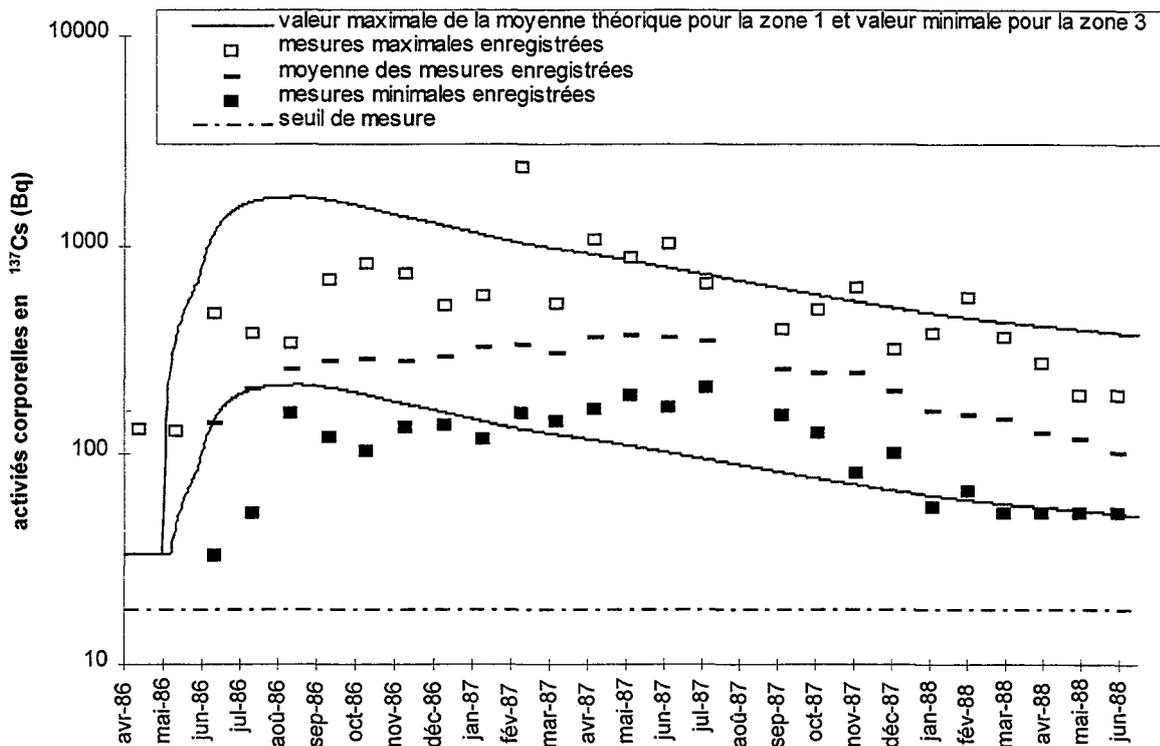


Figure 8 : Evolution des activités corporelles des personnes travaillant sur le site du Tricastin (26)

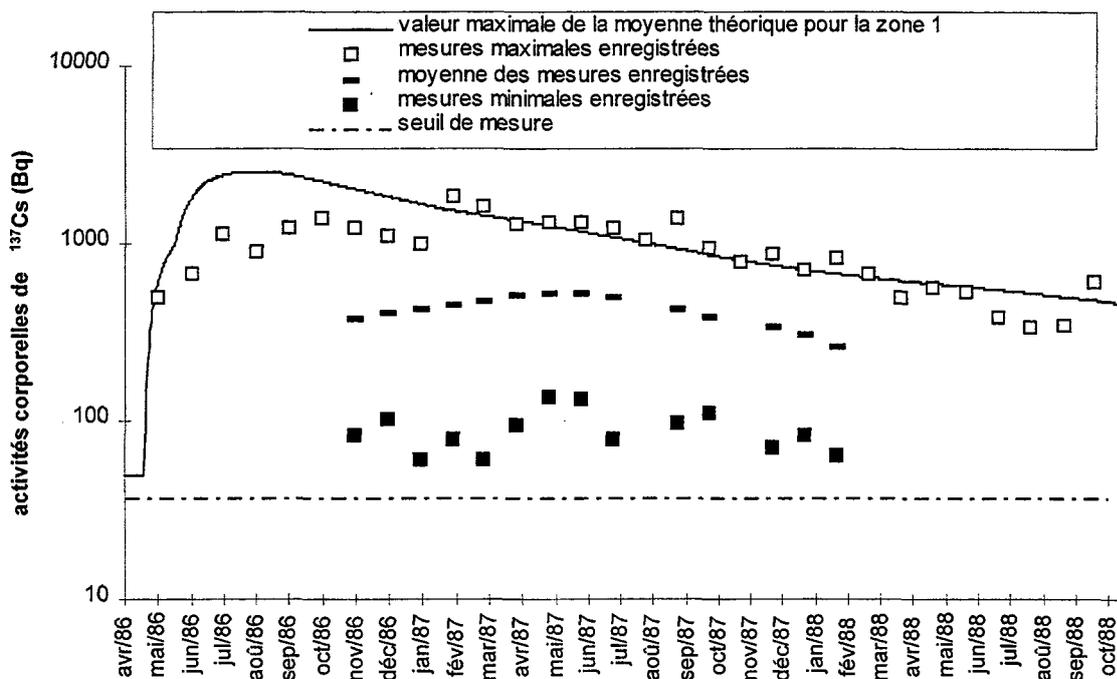


Figure 9 : Evolution des activités corporelles en ^{137}Cs des personnes travaillant sur le site de Marcoule (30)

Lorsque l'on examine les mesures faites à La Hague (figure 10), la première constatation qui s'impose est la similitude des activités maximales enregistrées avec celles des sites les plus touchés de l'est du pays (Marcoule et Tricastin). Ces valeurs maximales sont très supérieures aux prévisions faites pour la zone 4. Il en est de même, mais dans une moindre mesure, pour celles enregistrées sur le site de Fontenay-aux-Roses (figure 11). Ces résultats de mesures montrent que certaines personnes habitant dans le centre et l'ouest du pays ont pu ingérer autant de ^{137}Cs que celles résidant dans l'est. Il n'est pas possible de comparer les moyennes en raison des résultats de contrôles en dessous des seuils de mesure (cf chapitre 3). Néanmoins, l'existence même de ces résultats négatifs montre que, pour d'autres personnes, les incorporations sont restées à un niveau plus de trente fois moindre. Il est probable que ce sont encore les habitudes alimentaires et l'origine des denrées consommées qui sont la cause de cette importante disparité.

Il apparaît que, même pour une contamination extrêmement étendue comme celle consécutive à l'accident de Tchernobyl, l'hypothèse d'autarcie agricole ou alimentaire, souvent considérée dans les études théoriques, ne correspond pas à la réalité dans un pays comme la France où les échanges commerciaux de denrées sont très développés, sauf peut-être pour des personnes bien identifiées ayant des habitudes alimentaires particulières.

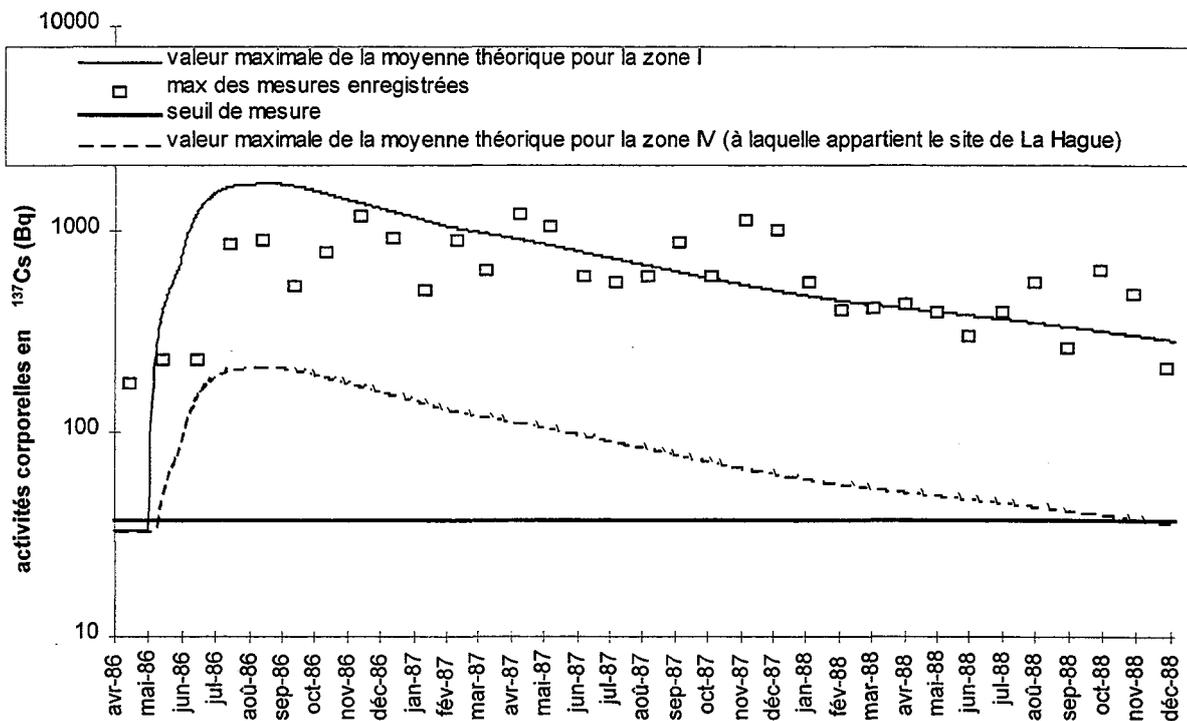


Figure 10 : Evolution des activités corporelles en ^{137}Cs des personnes travaillant sur le site de La Hague (50)

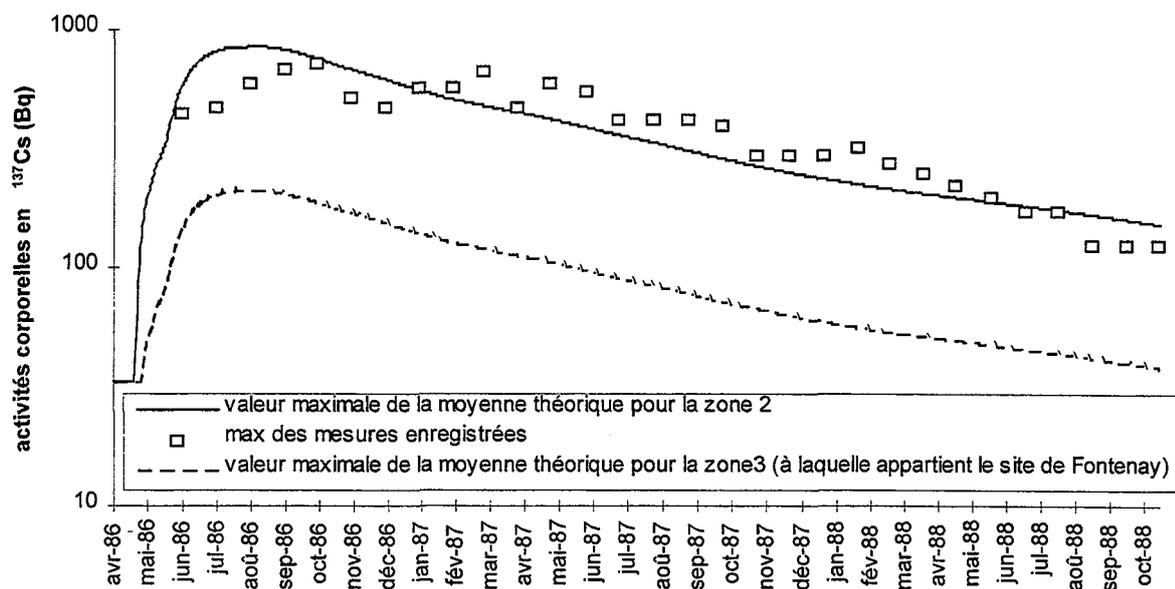


Figure 11 : Evolution des activités corporelles en ^{137}Cs des personnes travaillant sur le site de Fontenay-aux-Roses (92)

Des valeurs élevées qui se distinguent significativement des autres valeurs ont dans certains cas pu être expliquées par les laboratoires de mesures qui, en se renseignant sur les personnes concernées, ont souvent mis en évidence des séjours de ces personnes sur des sites significativement plus touchés de France ou d'Europe.

Ceci peut être illustré par l'exemple du site de Saclay (figure 12). La personne qui présentait en décembre 1986 une activité corporelle mesurée de 2700 Bq de ^{137}Cs venait de passer 40 jours de vacances à Belgrade et consommait beaucoup de laitages. En juillet 1987, la mesure de 1040 Bq correspond à une personne qui avait passé 6 mois en Italie du Nord de novembre 1986 à mai 1987.

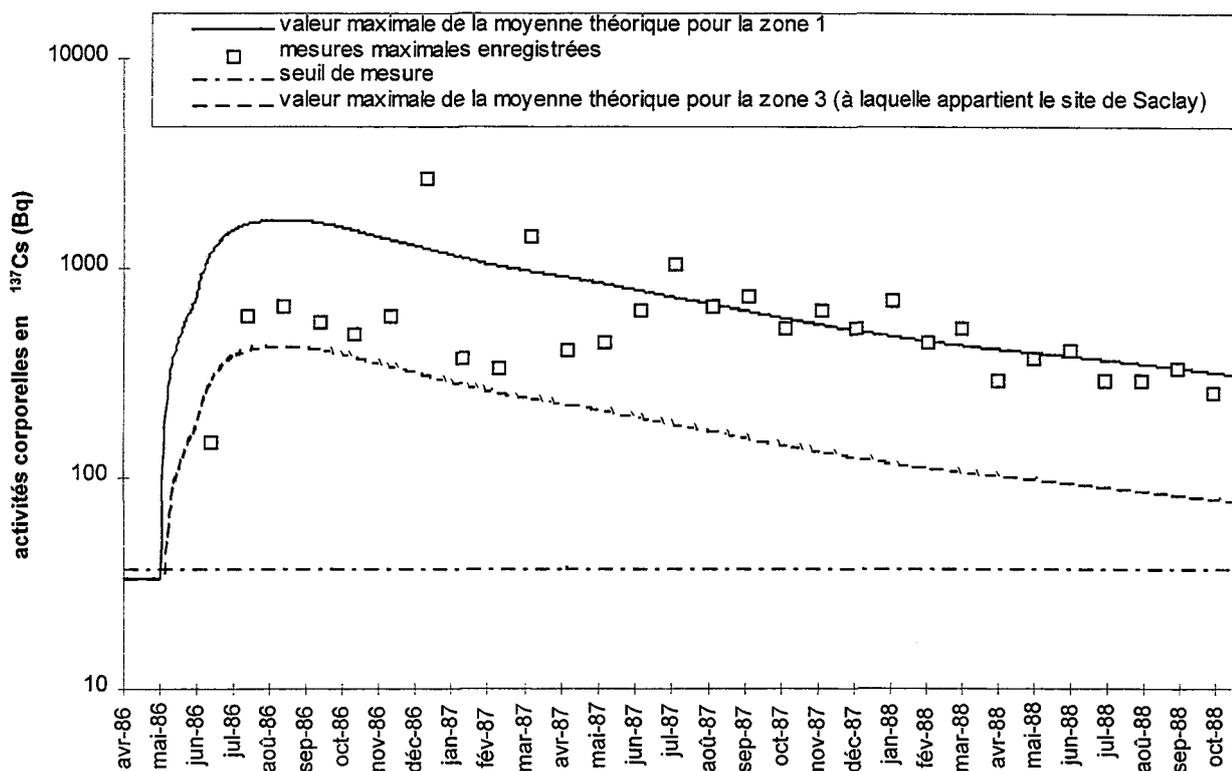


Figure 12 : Evolution des activités corporelles en ^{137}Cs des personnes travaillant sur le site de Saclay (91)

4.3 Evolution des excréments de ^{137}Cs par voie urinaire

Les résultats des mesures de l'activité du ^{137}Cs dans les urines des personnels des sites d'EDF sont cohérents avec les résultats des mesures d'activité corporelle faites sur les sites du CEA et de la COGEMA. Elles témoignent des mêmes niveaux d'incorporation de ce radionucléide dans les mois qui ont suivi l'accident de Tchernobyl.

Pour les sites de l'est de la France, les valeurs maximales enregistrées concordent assez bien avec les prévisions des modèles (figures 13 et 14).

Pour les autres sites, elles confirment que certaines personnes habitant dans le centre et l'ouest du pays ont pu incorporer, et donc éliminer, une activité de ^{137}Cs presque égale à celle des personnes résidant dans l'est (figure 15).

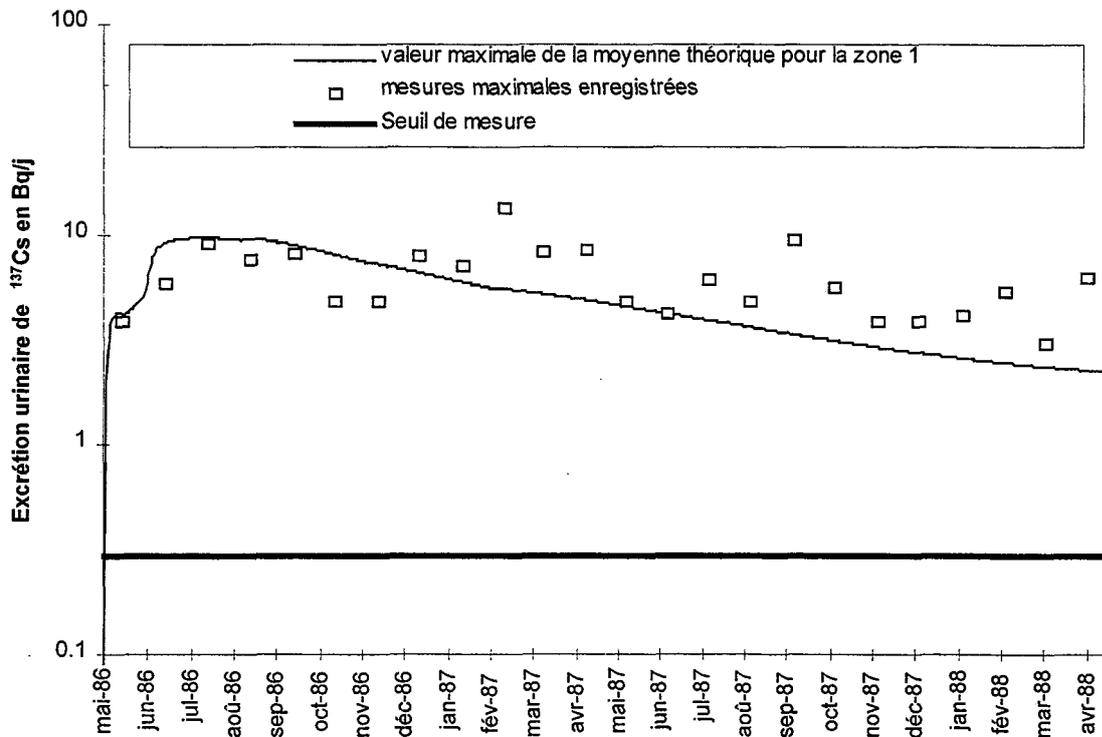


Figure 13 : Evolution des activités excrétées par voie urinaire par les personnels travaillant sur les sites de Fessenheim (68) et de Cattenom (57).

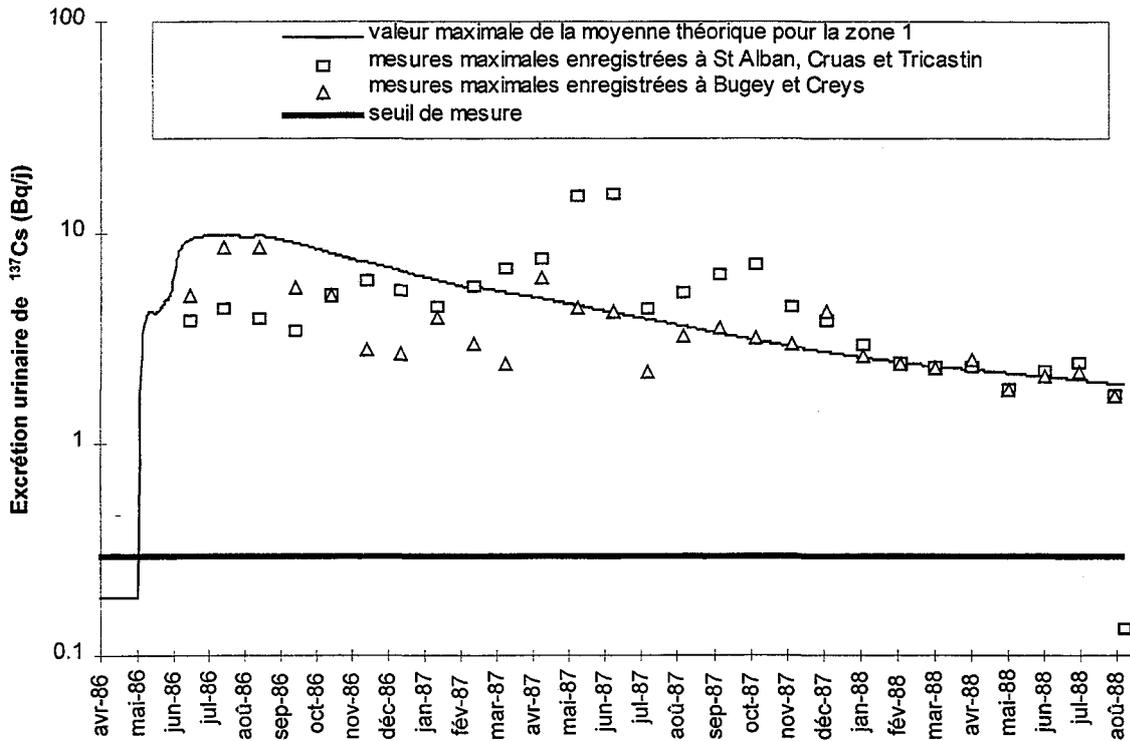


Figure 14 : Evolution des activités excrétées par voie urinaire par les personnels travaillant sur les sites de St Alban (38), Cruas(07), Tricastin (26), Bugey (01) et Creys (38).

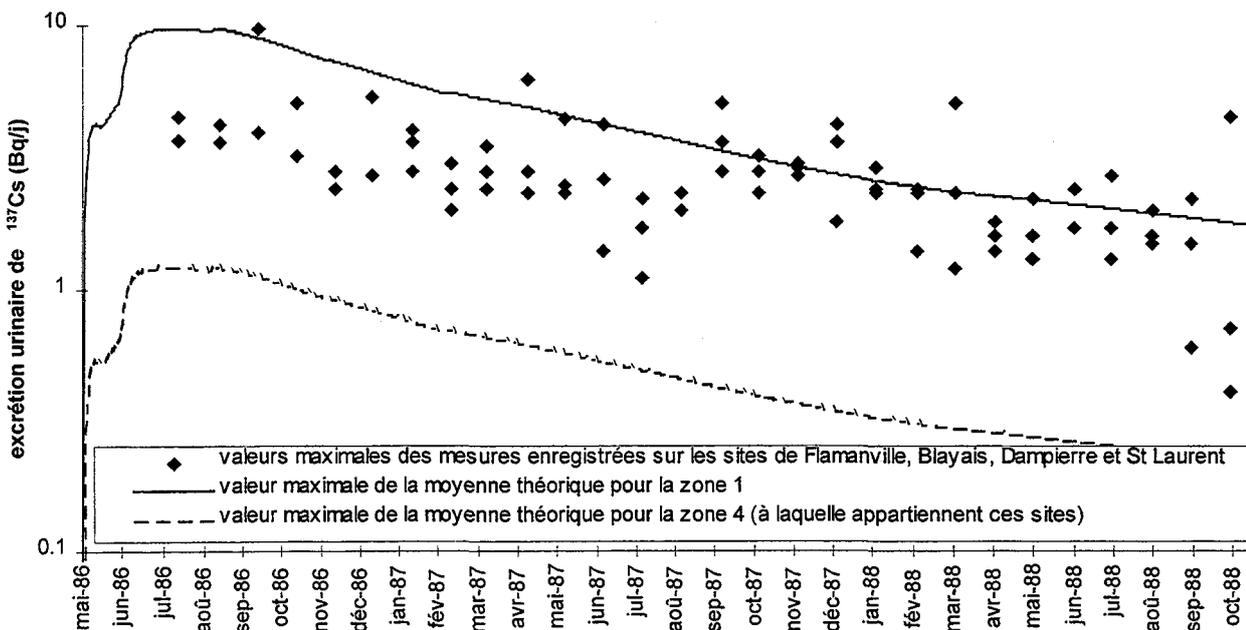


Figure 15 : Evolution des activités de ^{137}Cs excrétées par voie urinaire par les personnels travaillant sur les sites de Flamanville (50), Le Blayais (33), St Laurent (41), Dampierre (45).

4.4 Evolution des incorporations, des activités thyroïdiennes et des excréctions urinaires d'¹³¹I

Comme dans le cas du césium, les incorporations maximales d'¹³¹I par ingestion ont été estimées pour chaque zone à l'aide du logiciel ASTRAL. La figure 14 représente les valeurs obtenues pour de la zone 1.

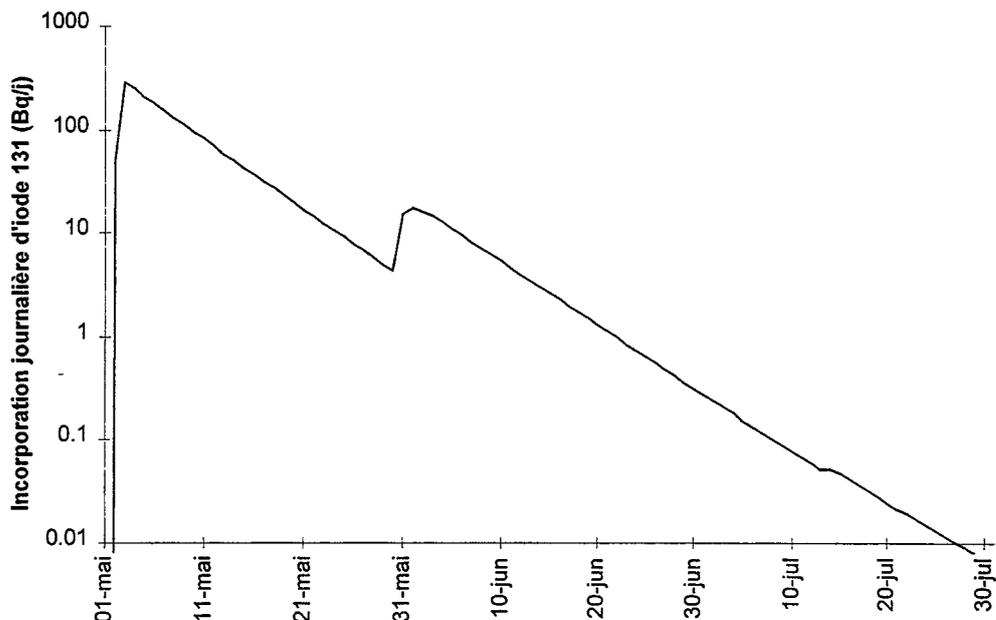


Figure 16 : Valeurs des incorporations journalières théoriques d'iode 131 pour la zone 1

Comme on ne dispose de mesures de ce radionucléide ni dans la thyroïde, ni dans les urines, les prévisions des valeurs maximales d'activité dans la thyroïde et dans les urines faites à l'aide du logiciel COVODIX ont été comparées aux seuils de mesure, comme indiqué dans la présentation de la méthodologie.

Cette comparaison, présentée dans la figure 17, montre que les activités maximales théoriques dans la thyroïde n'ont que peu dépassé le seuil de mesure et ce durant 2 à 3 semaines seulement. De plus, ces valeurs sont vraisemblablement surestimées par rapport à la réalité. Comme cela a été constaté pour le ¹³⁷Cs, il est probable que la proportion de produits de conservation (dont la consommation est différée), soit plus importante dans la réalité que celle considérée dans le logiciel ASTRAL, ce qui entraîne une surestimation de l'activité incorporée d'autant plus grande dans les premières semaines de mai 1986 que la période de l'iode 131 est courte (8 jours). Par ailleurs, le modèle COVODIX, dans sa version actuelle, utilise un coefficient de rétention moyen de l'¹³¹I préconisé par la CIPR qui est lié à la charge thyroïdienne en iode stable. La France étant sous influence océanique, la teneur en iode stable de l'air et des aliments y est élevée, ce qui implique que la thyroïde des Français a pu incorporer moins d'iode 131 que les valeurs calculées avec le coefficient moyen de la CIPR.

Ceci expliquerait pourquoi les activités d'iode 131 dans la thyroïde des personnes contrôlées sont restées en dessous du seuil de mesure (figure 17).

Compte tenu de leur évolution théorique et du seuil de mesure usuel (figure 18), les activités d'¹³¹I dans les urines auraient peut-être pu témoigner des incorporations d'¹³¹I. Cependant cette analyse n'est pas effectuée de manière systématique dans la surveillance de routine des personnels, mais seulement en cas d'incident. Aussi, il existe peu de données représentatives et aucune n'a été exploitée pour cette étude.

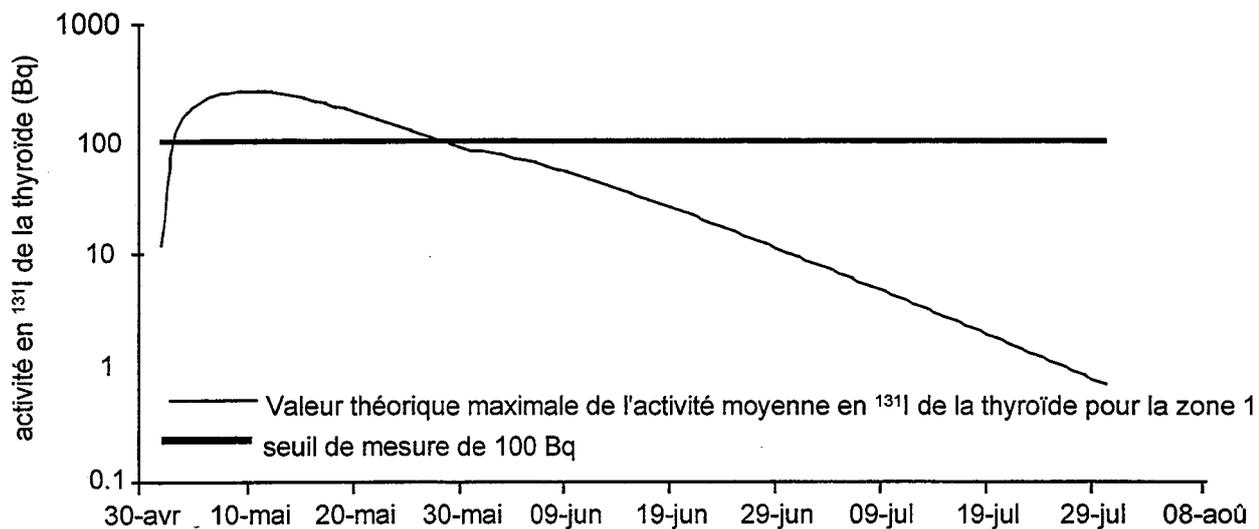


Figure 17 : Réentions maximales d' ^{131}I dans la thyroïde estimées pour la zone 1 avec comparaison au seuil de mesure usuel.

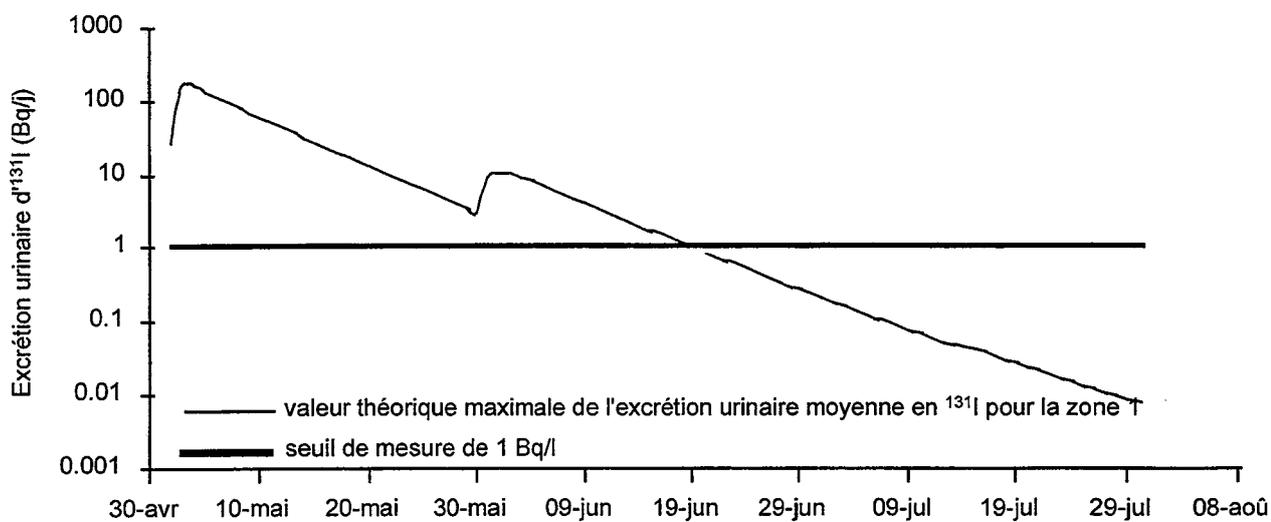


Figure 18 : Excrétions urinaires maximales d' ^{131}I estimées pour la zone 1, avec comparaison au seuil de mesure usuel.

5. Conclusion

Cette étude montre que les estimations fournies grâce à l'utilisation en association des logiciels ASTRAL et COVODIX (le premier calculant les incorporations quotidiennes de ^{137}Cs et d' ^{131}I , le second les activités corporelles, thyroïdiennes et les excréations urinaires qui s'ensuivent) sont globalement cohérents avec les résultats des mesures anthropogammamétriques effectuées dans les mois qui ont suivi l'accident de Tchernobyl sur les personnels de 17 sites d'Electricité de France, du Commissariat à l'Energie Atomique et de la Compagnie Générale des Matières nucléaires, répartis sur l'ensemble du territoire.

La confrontation des valeurs maximales mesurées et calculées permet notamment de vérifier que les incorporations de ^{137}Cs par les habitants de l'est du pays, les plus touchés par les retombées de l'accident de Tchernobyl, n'ont pas dépassé les valeurs précédemment calculées à l'aide du logiciel ASTRAL (voir le rapport IPSN 97-03).

Toutefois, les activités maximales corporelles et les activités maximales dans les urines, enregistrées sur les sites situés à l'ouest, montrent que certaines personnes habitant dans des régions moins touchées du pays ont pu ingérer autant de ^{137}Cs que celles résidant dans l'est. Les doses maximales reçues du fait de l'accident de Tchernobyl par les habitants des régions de l'ouest de la France ont donc pu être sous-évaluées dans le rapport IPSN 97-03.

Une précédente étude analytique des contrôles anthropogammamétriques avait déjà mis en évidence qu'il n'existait pas de différence significative entre l'est et l'ouest du pays en ce qui concerne les valeurs maximales atteintes (CEA-EdF-SSA, 1987). En particulier, les doses maximales engagées apparaîtraient très voisines pour les sites de La Hague, Saclay, Fontenay-aux-Roses, Pierrelatte et Cadarache.

Ceci est probablement dû aux habitudes alimentaires et à l'origine variée des productions agro-alimentaires.

Néanmoins, le nombre des résultats de contrôles anthropogammamétriques situés en dessous des seuils de mesure tend à montrer qu'en moyenne, la population de l'ouest du pays a été moins exposée que celle de l'est, conformément à ce que permettait de supposer la constatation de dépôts radioactifs décroissants d'est en ouest.

7. Références

Gibert B, Le Guen B. and Bérard Ph. Uranium dust concentration measured in a conversion plant by aerosol sampling and application for dose calculation. *Radiation Protection Dosimetry*, 79 (1-4) 77-81 1998.

International Commission of Radiological Protection, Limits for Intakes of Radionuclides by Workers, Pergamon Press Publication for ICRP n°30, (Elsevier, Oxford) 1978.

International Commission of Radiological Protection, Individual Monitoring for Intakes of Radionuclides by Workers : Design and Interpretation, Pergamon Press Publication for ICRP n°54, (Elsevier, Oxford) 1987.

International Commission of Radiological Protection, Age Dependent Doses to Members of the Public from Intake of Radionuclides, Part 1, Pergamon Press Publication for ICRP n°56, (Elsevier, Oxford) 1987.

International Commission of Radiological Protection, Human Respiratory Tract Model for Radiological Protection, Pergamon Press Publication for ICRP n°66, (Elsevier, Oxford) 1993.

International Commission of Radiological Protection, Age Dependent Doses to Members of the Public from Intake of Radionuclides, Part 2, Pergamon Press Publication for ICRP n°67, (Elsevier, Oxford) 1993.

International Commission of Radiological Protection, Age Dependent Doses to Members of the Public from Intake of Radionuclides, Part 3, Pergamon Press Publication for ICRP n°69, (Elsevier, Oxford) 1994.

International Commission of Radiological Protection, Age Dependent Doses to Members of the Public from Intake of Radionuclides, Part 4, Pergamon Press Publication for ICRP n°71, (Elsevier, Oxford) 1995.

International Commission of Radiological Protection, Age Dependent Doses to Members of the Public from Intake of Radionuclides, Part 5, Compilation of ingestion and inhalation dose coefficients. Pergamon Press Publication for ICRP n°72, (Elsevier, Oxford) 1995.

International Commission of Radiological Protection, Individual monitoring for internal exposure of workers Pergamon Press Publication for ICRP n°78, (Elsevier, Oxford) 1998.

Laboratoire d'Analyses Médicales du groupe CEA, du Service de médecine du travail d'EdF-GdF et du Service de Santé des Armées, Suivi de la contamination humaine en césium à la suite de l'accident de Tchernobyl, *RADIOPROTECTION*, vol 22, 4, pp309-324. 1987

Malarbet J. L. Calculations of radionuclide organ retentions from ICRP biokinetic recycling models. *Radiation Protection Dosimetry*, 79 (1-4) 379-381 1998.

Renaud Ph., Beaugelin K., Maubert H., Ledenvic Ph., Conséquences radioécologiques et dosimétriques de l'accident de Tchernobyl en France. Rapport IPSN 97-03. 1997.