

RAPPORT FINAL*Réf. Rapport IRSN/DSDRE/GT n°3***Réflexions sur les études menées à l'IRSN
pour l'estimation des conséquences de l'accident
de Tchernobyl en France**

TABLE DES MATIERES

RESUME / CONCLUSIONS-----	3
ANNEXE AU RESUME / CONCLUSIONS : COMPOSITION DU GROUPE DE TRAVAIL ET LETTRES DE MISSION-----	11
CHAPITRE 1 : Eléments de réponses aux critiques adressées à l'IPSN-----	16
<i>Annexe au chapitre 1 : Détails des critiques portées à l'encontre de l'IPSN</i> -----	25
CHAPITRE 2 : Informations complémentaires sur les aspects réglementaires (niveaux d'intervention) -----	31
CHAPITRE 3 : Informations complémentaires sur l'historique des cartes publiées par les différents intervenants-----	37
CHAPITRE 4 : Exposés et débats dans le cadre du groupe de travail -----	48
Thème 1 : Les mesures de radioactivité effectuées en France en mai et juin 1986-----	48
Thème 2 : Les cartes de la contamination des sols par le césium 137-----	51
Thème 3 : Les cartes de contamination des sols français par le césium 137 -----	53
Thème 4 : Les méthodes géostatistiques permettant de réaliser les cartes de contamination-----	56
Thème 5 : Les doses à la thyroïde calculées depuis 1986 – origines des variations observées -----	57
Thème 6 : Le risque de cancer de la thyroïde lié aux retombées de l'accident de Tchernobyl en France-----	62
Thème 7 : Les profils de distribution thyroïdienne de l'iode par microscopie ionique analytique -----	65
CONCLUSIONS -----	67
ANNEXES GENERALES : Copies de documents marquants cités dans le rapport -----	68
1- Note de l'IPSN du 20 avril 1996 retraçant l'historique sur la polémique relative aux cancers de la thyroïde dans la région PACA durant la période 1984-1994 -----	69
2- Lettre du 11 janvier 2002 de A. Sugier au Directeur Général de la Recherche à la Commission Européenne -----	71
3- Extrait du rapport Tchernobyl +16 sur l'Atlas Européen -----	72
4- Extrait du rapport Tchernobyl +10, estimation du nombre de cancers mortels-----	73
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES -----	73

RESUME / CONCLUSIONS

1- INTRODUCTION

Près de vingt ans après la catastrophe de Tchernobyl qui s'est produite le 26 avril 1986, la France est sans doute l'un des rares pays d'Europe, en dehors des Républiques de l'ex-URSS directement affectées par les retombées radioactives, où la polémique sur la gestion de la crise et de ses conséquences se poursuit encore.

Les enquêtes d'opinion publiées chaque année par l'Institut de Radioprotection et de Sécurité Nucléaire sur la perception des risques sociaux, naturels et industriels, montrent, s'agissant du nucléaire, que les critiques sur le manque de transparence dans ce domaine font référence notamment à la façon dont la population a été informée lors de la catastrophe de Tchernobyl.

C'est pour contribuer à la reconstruction du dialogue et de la confiance avec le public sur ce sujet qu'en septembre 2001 Michel Livolant, directeur de l'Institut de Protection et de Sécurité Nucléaire (IPSN) confiait à Daniel Robeau, coordinateur des études sur les conséquences de l'accident de Tchernobyl, une mission¹ consistant à répondre aux questions et aux critiques adressées à l'Institut, sur la gestion de cette crise par l'organisme public de recherche et d'expertise. A cette époque, l'association française des malades de la thyroïde, la CRIIRAD et des personnes physiques malades de la thyroïde avaient porté plainte contre X. Le texte de cette plainte a servi de base pour identifier les critiques faites à l'Institut et auxquelles il convenait de répondre.

Cette mission n'était pas encore achevée lorsque est intervenue la création de l'Institut de Radioprotection et de Sécurité Nucléaire (IRSN) en février 2002 par la fusion de l'IPSN et de l'Office de Protection contre les Rayonnements Ionisants (lui-même issu de l'ancien Service Central de Protection contre les Rayonnements Ionisants, organisme de contrôle au moment de l'accident de Tchernobyl). Daniel Quéniart, administrateur provisoire de l'IRSN, confirmait en septembre 2002 la mission confiée à Daniel Robeau, en lui demandant d'animer un groupe de travail chargé d'apprécier la pertinence des éléments d'information rassemblés. Il précisait que les résultats de ce travail pourraient contribuer aux réflexions du professeur André Aurengo.

Il faut souligner en effet, qu'en février 2002, en raison d'une vive polémique sur la représentativité de la cartographie de la contamination en France figurant dans "l'Atlas des dépôts de césium en Europe après l'accident de Tchernobyl, publié par la Commission Européenne", les ministres de la santé et de l'environnement avaient confié au professeur André Aurengo une mission² portant sur « la cartographie de la contamination du territoire français suite à l'accident de Tchernobyl [...] »

2- MODE D'APPROCHE ADOPTE

Le groupe de travail mis en place par l'IRSN comprenait des experts et des représentants de la société civile (institutionnels, journalistes, associatifs, etc.).

Pour éclairer la démarche du groupe, des exposés techniques ont été faits par des spécialistes de l'Institut sur les travaux réalisés par l'organisme public d'expertise et de

¹ La composition du Groupe de travail et les lettres de mission correspondantes sont jointes en première partie du présent rapport.

² Lettre de mission également jointe en première partie du rapport.

recherche en appui de ses publications sur le thème des retombées de l'accident de Tchernobyl. Il n'y a pas eu formellement d'avis des membres du groupe sur les éléments rassemblés par l'Institut en réponse aux questions et aux critiques qui lui étaient faites mais des débats sur les thèmes techniques correspondants lors des quatre réunions qui se sont tenues en 2002 et 2003.

Le présent document comporte les chapitres suivants, qui rendent compte de l'approche retenue :

- Chapitre 1 : Réponses de l'Institut aux principales questions et critiques qui lui sont adressées;
- Chapitres 2 et 3 : Informations complémentaires sur les aspects réglementaires et sur l'historique des cartes publiées par les différents intervenants ;
- Chapitre 4 : Exposés et débats dans le cadre du groupe de travail.

3- REPONSES DE L'INSTITUT AUX PRINCIPALES QUESTIONS ET CRITIQUES

Les réponses ont été regroupées par thèmes : la communication sur les mesures réalisées, les représentations cartographiques, les appréciations des niveaux d'exposition de la population ainsi que l'appréciation de l'impact sanitaire.

- **Communication sur les mesures réalisées**

En mai 1986, l'IPSN avait pour mission d'effectuer des recherches en radioécologie et non d'assurer le contrôle de la radioactivité que ce soit dans l'environnement ou dans la chaîne alimentaire, ce dernier relevant alors uniquement du SCPRI dont les prérogatives étaient respectées par les différents acteurs du nucléaire. L'IPSN, intervenant en appui de l'organisme de contrôle, le SCPRI, c'est à celui-ci que l'Institut communiquait toutes ses données. Ainsi, dans l'un de ses premiers rapports sur le sujet, l'IPSN indique que « tout au long du déroulement de l'accident, il a échangé les résultats des mesures pratiquées au CEA avec le Professeur Pellerin, Directeur du SCPRI »³.

Par ailleurs, il faut rappeler que l'Institut avait accès, en tant que Direction du Commissariat à l'Energie Atomique (CEA), à l'ensemble des résultats des mesures effectuées dans le périmètre et l'environnement proche des Centres d'Etudes Nucléaires du CEA. Après l'accident de Tchernobyl, le CEA a demandé à l'IPSN de collecter et d'harmoniser l'ensemble de mesures réalisées par les centres CEA en incluant les résultats des stations de mesure de l'IPSN^{4,5}.

³ Rapport CEA/IPSN 2/86, révision 3, page 91.

⁴ Un exemple traduisant cette stricte définition des rôles est celui des mesures réalisées par l'Institut le 14 mai 1986 sur des salades achetées au marché de La Bocca, dans le Var, par un chef de service de l'Institut. Dans la note adressée à la direction du CEA, il est précisé que l'achat de ces salades a été "un choix volontaire orienté par l'abondance des pluies locales des deux premiers jours de mai". Il est également précisé que "les résultats des mesures (de l'ordre de 7300 Bq pour la salade non lavée) sont transmis au professeur Pellerin à qui ils vont être commentés" (note interne n°491 de J-F. Petit, datée du 14/05/1986). Cet exemple confirme la procédure suivie et le caractère exceptionnel de ce type de mesures pour l'IPSN.

⁵ Ces mesures ont fait l'objet de publications dès 1986 : Rapport CEA/IPSN/DPS 86/03 du 27 juin 1986 et Rapports CEA/IPSN 2/86, révision 2 de juin 1986 et révision 3 d'octobre 1986 (L'accident de Tchernobyl).

Pour l'essentiel cependant, en tant qu'organisme de recherche, l'IPSN réalisait de sa propre initiative, des études de terrain. C'est ainsi qu'en mai 1986 il a mené des campagnes de mesures sur trois bassins qui ont été parmi ceux ayant reçu les dépôts les plus importants; ceci démontre que l'Institut n'avait pas la volonté de sous-estimer les retombées même si, comme on l'a vu, il limitait son devoir d'alerte à sa relation avec l'autorité de sûreté et de contrôle. En cohérence avec cette conception, sans doute "étroite" de sa mission, il s'est adressé, non pas au public pour faire état de ses travaux, mais à la communauté scientifique au cours de séminaires dont les travaux ont fait l'objet de publications. Il a également répondu à des organismes qui s'adressaient directement à lui sur des points particuliers ; par exemple, il a fourni des conseils à des services publics sur certaines pratiques de mesure de la radioactivité et sur leur interprétation. Au besoin et sur demande d'organismes nationaux ou de sociétés privées, il a réalisé des mesures de radioactivité sur des échantillons (conseil aux pouvoirs publics sur la mesure des carcasses de chevaux importés de pays de l'est, sur la commercialisation de récoltes, mesures sur des gibiers migrateurs, mesures sur des personnes : enfants corses, personnel naviguant, voyageurs, etc.).

- **Représentations cartographiques**

L'Institut n'avait pas considéré qu'il devait réaliser des cartographies dont l'objet aurait été de rendre compte de la contamination de l'ensemble du territoire français concerné. Il a, par contre, fourni des représentations partielles de la contamination en réponse à des demandes qui lui étaient faites ou afin d'illustrer des études de terrain de type radioécologique. Ainsi, dès le début de l'accident, l'IPSN a régulièrement fourni au Bureau régional pour l'Europe de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), à la demande de ce dernier, les données sur les mesures d'iode et de césium dont il disposait.

De 1986 à 1989, les études radioécologiques menées par l'IPSN n'ont pas donné lieu à l'établissement de cartographies au sens indiqué plus haut. Ce n'est qu'à partir de 1997, après qu'un modèle eut établi un lien fiable entre résultats de mesure de contamination des sols et pluie, que des représentations cartographiques ont été réalisées. Ce travail aurait certes pu être engagé plus tôt ; cependant, pour l'IPSN, il ne présentait pas un caractère prioritaire dans le cadre de ses missions.

Un moteur important pour la poursuite et l'approfondissement des études de l'IPSN sur l'accident a été la décision prise par la direction de l'Institut, au début des années 90, de publier chaque année, à la date anniversaire de la catastrophe, un rapport faisant la synthèse des travaux publiés sur le sujet. Il faut souligner que l'année 1996 a marqué un tournant, avec la présentation dans le rapport Tchernobyl + 10 d'un chapitre consacré à l'impact sanitaire des retombées de la catastrophe en France. Une impulsion nouvelle a ainsi été donnée aux études correspondantes, notamment sur la cartographie et l'impact sanitaire qui ont fait l'objet, régulièrement, de synthèses dans les rapports anniversaires. Bien que les motivations de ces orientations nouvelles n'avaient pas été explicitées, il ne fait aucun doute qu'elles traduisaient la volonté de la direction de l'Institut de répondre aux préoccupations du public.

En 1997, à la demande conjointe de la Direction Générale de la Santé (DGS) et de la Direction de la Sûreté des Installations Nucléaires (DSIN), l'IPSN a édité un rapport⁶ sur les conséquences radioécologiques et dosimétriques de l'accident de Tchernobyl en France. Ce rapport rassemblait et interprétait l'ensemble des informations connues sur la contamination des produits agricoles due aux retombées radioactives de cet accident. Pour la première fois les pouvoirs publics adressaient une demande venant en appui des travaux menés par l'Institut dans ce domaine. Le rapport a été présenté le 16 décembre 1997 au Conseil Supérieur de la Sûreté et de l'Information Nucléaires (CSSIN) et a été

⁶ *Conséquences radioécologiques et dosimétriques de l'accident de Tchernobyl en France – Novembre 1997/Rapport IPSN 97-03*

largement diffusé aux médias, associations, services de l'Etat et collectivités territoriales concernés. L'IPSN y présente deux sortes de cartes : celles qui donnent des valeurs moyennes de la contamination et qui correspondent aux surfaces agricoles sur l'ensemble du territoire ; celles qui représentent des zones plus contaminées, décelées ponctuellement dans plusieurs régions de France dans le cadre des études de terrain citées précédemment. L'Institut s'était donné comme objectif d'apprécier l'impact en termes de doses, ce qui impliquait la connaissance des contaminations des produits alimentaires ; il avait donc tendance à mettre l'accent sur des valeurs moyennes de contamination sans pour autant masquer l'existence de valeurs plus élevées, comme cela a pu lui être reproché.

Ce n'est que tardivement, en octobre 2000, que l'OPRI et l'IPSN ont été saisis, par les pouvoirs publics, d'une demande de réalisation d'une campagne de mesures en Corse, à la suite d'une interrogation adressée au préfet par les élus de l'Assemblée de Corse. Il faut rappeler qu'avec les Alpes-Maritimes, la Drôme et le Jura, les deux départements de Corse font partie des départements français les plus touchés par les retombées de l'accident de Tchernobyl.

Enfin, comme cela est indiqué dans le paragraphe consacré à l'historique des cartes publiées par les différents intervenants, c'est à l'occasion du 17^{ème} anniversaire de l'accident de la catastrophe de Tchernobyl et suite à la polémique sur la représentativité de l'Atlas Européen, que l'IRSN a réalisé et rendu public une cartographie complète de la contamination du territoire national.

- **Appréciation des niveaux d'exposition de la population**

Une critique récurrente adressée à l'Institut porte sur les fluctuations des doses calculées aux populations selon le moment de leur publication. Cette critique n'est pas justifiée car, au contraire, l'examen des résultats publiés permet de montrer une forte cohérence des doses publiées de 1986 à aujourd'hui. Il faut toutefois distinguer les doses selon les niveaux de contamination considérés.

Ainsi pour les territoires où la contamination des sols est parmi les plus élevées, en Corse par exemple, l'IPSN, en juillet et décembre 1986, en réponse à une question du Dr Fauconnier, médecin généraliste en Corse, estimait que la dose à la thyroïde pouvait atteindre 90 mSv pour un enfant de 10 ans vivant en Balagne. Cette dose a été estimée sur la base des résultats de mesures du lait de brebis consommé quotidiennement, mesures effectuées par le SCPRI en mai 1986 (4000 Bq/l). Ceci était confirmé dans un rapport publié en janvier 2002 (« caractéristiques particulières ayant pu amener à des doses à la thyroïde dépassant 50 mSv et pouvant exceptionnellement atteindre 150 mSv »⁷).

A partir des résultats de mesures, rassemblés en 1997, sur la contamination par l'iode 131 des différents produits agricoles, des estimations de doses à la thyroïde ont été faites, dans le rapport de l'IPSN⁸ et de l'Institut de Veille Sanitaire (InVs) publié en 2000, pour des enfants âgés en 1986, de 3 mois à 10 ans, qui résidaient dans l'est de la France. Ce rapport, sur l'évaluation des conséquences sanitaires de l'accident de Tchernobyl en France, a été réalisé à la demande de la DGS et de la DSIN. Les résultats de ces estimations de dose à la thyroïde s'échelonnent entre 2 mSv et 10 mSv pour une

⁷ Valeurs à comparer avec les niveaux d'intervention recommandés par la CIPR (Publication 40) pour la protection de la thyroïde : l'administration d'iode stable qui permet de "saturer" la glande et donc l'incorporation d'iode radioactif n'est pas justifiée pour des doses inférieures à 50 mSv à la thyroïde, elle est justifiée dans tous les cas pour des doses supérieures à 500 mSv et sujette à jugements circonstanciels entre ces deux valeurs ; pour informations complémentaires, se reporter au Chapitre 2 de ce rapport.

⁸ Evaluations des conséquences sanitaires de l'accident de Tchernobyl en France : dispositif de surveillance épidémiologique, état des connaissances, évaluations des risques et perspectives - Décembre 2000 - IPSN-InVs, réf. IPSN/00-15b

alimentation standard. Ces résultats sont du même ordre que ceux estimés en mai 1986 (par exemple 6,6 mSv pour l'enfant de la région de Dijon (centre CEA de Valduc) où la contamination du lait en césium 137 a été mesurée à 480 Bq/l). A titre d'élément de comparaison, il faut rappeler que la Commission Internationale de Protection Radiologique (CIPR) recommandait dans sa Publication 40 (1984) d'envisager des mesures de protection pour réduire les niveaux d'exposition à l'iode radioactif à partir de 50 mSv par an à la thyroïde, avec une obligation d'intervenir si la dose était dix fois supérieure à ce niveau (cf. chapitre 2).

- **Appréciation de l'impact sanitaire**

Les critiques formulées laissent entendre que l'Institut a sous estimé l'impact sanitaire des retombées de l'accident de Tchernobyl, notamment en France, en remettant en cause la relation linéaire sans seuil, entre la dose et les effets, et en n'étant pas clair sur l'évolution de l'incidence des cancers de la thyroïde en France, dans la région PACA.

Il est indéniable que l'Institut a centré l'essentiel de ses interventions au moment de l'accident et pendant les premières années qui ont suivi la crise, sur les causes de l'accident et sur les mesures dans l'environnement. Par contre, à partir du dixième anniversaire, l'IPSN s'est efforcé d'approfondir l'évaluation de l'impact sanitaire non seulement autour de la centrale accidentée dans les républiques de l'ex-URSS, mais aussi en France. Ces évaluations ont été faites en appliquant la relation dose/effet (linéarité sans seuil).

S'agissant des conséquences sur la santé, dans les républiques de l'ex-URSS, l'IPSN a considéré qu'il était important de ne pas limiter la quantification des effets aux intervenants des premiers jours et aux cancers de la thyroïde chez les enfants et d'utiliser les facteurs de risques associés à la relation linéaire sans seuil pour disposer d'une appréciation plus exhaustive des effets attendus⁹. Il a souligné la difficulté de ce type d'estimation, en raison de l'incertitude sur les niveaux d'exposition, de la contribution possible de mesures de protection, des grandes incertitudes inhérentes à la relation linéaire sans seuil au niveau des doses reçues par la plus grande partie des populations et de l'usage de la dose collective pour estimer de façon prospective les effets radio-induits¹⁰. Les ordres de grandeurs retenus par l'IPSN sont cohérents avec ceux des organisations internationales compétentes dans ce domaine (conférence de l'AIEA/OMS/CCE/UNSCEAR/...[cf. annexe 4]).

A la même époque, des organismes d'autres pays ont procédé à des estimations qui donnaient des résultats du même ordre de grandeur. Ces estimations homogènes ont permis de recadrer l'appréciation des effets qui, dans les années qui ont suivi l'accident, n'étaient pas interprétables (limitation aux seuls morts immédiats ou extension à de très larges groupes de populations en utilisant de façon inappropriée la dose collective).

En ce qui concerne l'impact sanitaire en France, l'IPSN a fait état en 1996, dans le cadre de la préparation du rapport anniversaire de l'accident de Tchernobyl, des données du registre des cancers de la région PACA et d'une augmentation des cancers de la thyroïde, sans pour autant les attribuer aux retombées de l'accident de Tchernobyl. Le présent rapport précise que dès que l'Institut eut connaissance de nouvelles données mettant en cause les précédentes données, il a publié un communiqué de démenti¹¹. Ces polémiques témoignent du problème récurrent de la qualité du suivi de l'incidence des cancers par les registres qui n'a été que partiellement résolu aujourd'hui.

⁹ *Tchernobyl 10 ans après. Rapport IPSN, dossier de presse, 17 avril 1996.*

¹⁰ *Dose collective, indications et contre-indications. Document IPSN, EDP sciences, 2002.*

¹¹ *Note interne à l'adresse du Comité directeur de l'IPSN, datée du 20 avril 1996 et communiqué de presse du 3 avril 1996.*

Dès lors l'Institut a préféré fonder sa démarche sur l'utilisation du collationnement des résultats de mesures, l'estimation des doses et l'application de la relation dose/effet afin d'identifier l'intérêt et la faisabilité d'études épidémiologiques.

Ainsi, dans une conclusion de l'étude réalisée en 1997 (cf. référence page 4), il était indiqué qu'il ne paraissait pas justifié de mener une approche épidémiologique portant sur l'ensemble de la France ; cela pouvait l'être en revanche s'agissant "des cancers de la thyroïde de l'enfant dans quelques zones de l'Est de la France (Jura et Corse par exemple), afin de répondre aux interrogations multiples de la population et du corps médical, bien que les doses estimées ne semblent pas devoir conduire à un excès de risque observable."

Affirmant explicitement sa démarche en 2000, l'IPSN, en association avec l'InVS et à la demande de la DGS, a mené une étude (cf. référence citée en page 5) visant à estimer les conséquences des retombées de l'accident de Tchernobyl, dans le but d'analyser la pertinence et la faisabilité des études épidémiologiques qui pourraient être conduites pour mettre en évidence ou exclure un éventuel impact sur la santé.

Une dernière critique porte sur la sous-estimation des effets de natures différentes qui pourraient être induits par les conditions particulières d'exposition des personnes vivant dans les territoires contaminés (incorporation de radionucléides sur de longues périodes). Cette critique concerne principalement le débat sur les pathologies développées par les populations vivant dans les républiques de l'ex-URSS. En réponse à cette critique il faut préciser que l'Institut a lancé le programme expérimental ENVIRHOM. Son objectif est d'étudier les phénomènes de bio-accumulation dans les écosystèmes et chez l'homme, dans des situations d'exposition chronique à des radionucléides présents dans l'environnement à faibles niveaux, dans un contexte de multipollutions. Dans le rapport anniversaire Tchernobyl +16, l'Institut rendait compte du lancement de ce programme.

4- COMPLEMENTS D'INFORMATIONS SUR LES ASPECTS REGLEMENTAIRES

Le présent rapport étant limité aux critiques adressées à l'organisme public de recherche et d'expertise, la polémique sur la gestion de la crise elle-même, c'est à dire sur les décisions prises pour la protection de la population (interdiction de certains aliments,...) n'est pas abordée. On peut cependant se poser la question du rôle de l'organisme que doit jouer l'Institut dans ce type de situation, en particulier en amont de la crise, s'agissant de l'élaboration et de l'application d'une réglementation adaptée.

On notera à la lecture de l'historique des textes sur la protection en situation accidentelle, que la réflexion des spécialistes de la radioprotection sur ce sujet arrive relativement tard dans l'histoire de la radioprotection. Ainsi la Commission Internationale de Protection Radiologique (CIPR), qui constitue l'organisme de référence pour les agences réglementaires, n'a publié de recommandations spécifiques sur les situations accidentelles qu'en 1984 (CIPR 40) en proposant des niveaux d'intervention quantifiés pour la mise en oeuvre des actions de protection (confinement, évacuation, distribution de pastilles d'iode...). Dans le cadre européen, la Directive Euratom sur la radioprotection, qui date de 1980 (80/836 - Euratom) prescrit que les Etats membres prennent toute mesure dès que les doses dépassent les limites de dose annuelles pour le public, ce qui est peu explicite et ne correspond plus à la doctrine actuelle. Dans le contexte de l'accident de Tchernobyl, un groupe d'experts s'est réuni à Bruxelles le 2 mai 1986 pour définir des niveaux d'intervention plus adaptés à ce type de situation (recommandations du 6 mai sur les 500 Bq par litre de lait à ne pas dépasser pour les nourrissons). D'autres textes vont se succéder (notamment le règlement du 30 mai 1986 fixant à 600 Bq/kg la valeur maximale à ne pas dépasser dans les autres aliments). D'autres groupes d'experts ont également été mobilisés dans d'autres instances qui ont produit des normes ou des guides multiples.

A l'étranger, au niveau national, le National Radiological Protection Board (NRPB) britannique, à la différence de son homologue français l'IPSN, émettait alors des notes de doctrine en appui aux autorités sur les questions touchant à la réglementation. Ainsi, en mars 1986, un mois avant l'accident, le NRPB publiait un rapport reprenant les valeurs de la CIPR 40 en indiquant que, dans certaines conditions le dépassement de ces niveaux d'intervention devrait se traduire par l'interdiction du lait à plus de 2000 Bq/l pour les nourrissons. On voit ainsi tout l'intérêt qu'il y a pour les pouvoirs publics à s'appuyer sur ce type d'expertise.

En France, le SCPRI avait mis en place des réseaux de mesures et de prélèvements, mais la réglementation française, à la différence d'autres pays, ne comportait pas de valeurs quantifiées à ne pas dépasser en cas d'accident (niveaux d'intervention). Le point de vue qui prévalait était que l'application de niveaux d'intervention dépend des caractéristiques de chaque site et de chaque situation accidentelle. Il convenait donc de définir au cas par cas, les niveaux d'intervention en fonction des caractéristiques particulières de chaque situation accidentelle.

Ces sujets continuent à être d'actualité avec notamment la polémique sur les révisions en cours du Codex Alimentarius¹² et les prochaines révisions des textes de la CIPR.

5- COMPLEMENTS D'INFORMATION SUR LA SUCCESSION DES CARTES ETABLIES PAR LES DIFFERENTS INTERVENANTS

La représentation des niveaux de contamination des sols constitue un élément clé des débats sur la gestion de la crise. Il est donc apparu utile, dans le cadre de ce rapport, de faire l'inventaire des cartes produites par les différents intervenants.

La cartographie de la contamination par le césium 137 du territoire français dans l'Atlas européen publié en 1998 par la Direction Générale de la Recherche de la Commission Européenne, a constitué un sujet de polémique du fait des niveaux de contamination très faibles indiqués sur l'ensemble du territoire français et notamment dans les zones les plus touchées par les retombées. En réponse à la polémique déclenchée par la CRIIRAD, l'IPSN, dans ses échanges avec les éditeurs de l'Atlas, tout comme lors des interventions publiques de ses experts, a souligné n'avoir transmis aucune donnée à la Commission Européenne pour l'établissement de cet Atlas – ce qui était un dysfonctionnement regrettable – et indiqué que cette carte ne rendait pas compte de la réalité du niveau de contamination du fait du faible nombre de mesures réalisées pour l'établir¹³. L'institut s'était engagé à établir une nouvelle carte utilisant l'ensemble des données pertinentes dont il disposait. Ce qu'il a fait et qui est reproduit sur les cartes figurant dans le rapport publié lors du 17^{ème} anniversaire de l'accident de Tchernobyl.

Pourquoi l'Institut, qui avait considéré qu'il n'était pas nécessaire de réaliser une cartographie complète du territoire français, a-t-il finalement décidé de le faire ? Cette décision, comme celle qui a consisté, à partir du dixième anniversaire, à présenter des études sur l'impact de la catastrophe de Tchernobyl en France, traduit la volonté de l'Institut de répondre aux interrogations du public sur un sujet fortement polémique. L'Atlas Européen ne constituait certes pas un outil de gestion de la crise, puisqu'il n'avait

¹² Normes internationales pour l'alimentation sous l'égide de l'OMS (Organisation Mondiale de la Santé) et la FAO (Organisation Mondiale pour l'Alimentation et l'Agriculture). Lettres du 11 janvier 2002.

¹³ Déclaration d'Annie Sugier, directrice de la protection à l'IPSN, à la journée d'information scientifique sur les conséquences de l'accident de Tchernobyl, en Corse le 31 janvier 2002. Lettre du 11 janvier 2002 d'Annie Sugier au Directeur Général de la Recherche de la Commission Européenne ; lettre du 6 février 2002 de Michel Livolant, Directeur de l'IPSN, au Ministre Délégué à la Santé.

été publié qu'en 1998, mais il avait valeur de symbole et polarisait les critiques de ceux qui y voyaient une volonté des organismes institutionnels de persister dans la désinformation. Ainsi, la CRIIRAD publiait en 2002 son propre Atlas¹⁴. D'où l'établissement de la carte qui fut versée au dossier du groupe présidé par le professeur Aurengo.

6- CONCLUSIONS

Le présent document qui limite la réflexion à l'action d'un intervenant, l'organisme de recherche et d'expertise, l'IPSN, alors direction au sein du CEA, devenu aujourd'hui l'IRSN, organisme indépendant, ne répond que très partiellement aux interrogations du public sur la gestion de la crise de Tchernobyl en France. Les documents rassemblés permettent cependant de souligner :

➤ un décalage entre les attentes de la société et les possibilités d'expression publique de l'IPSN qui, dans les années 80, était au sein du CEA chargé de recherche et d'expertise, et non du contrôle de la radioactivité dans l'environnement ;

➤ l'effort de l'Institut, notamment à partir du dixième anniversaire de la catastrophe, pour amorcer le dialogue avec la société civile notamment en répondant, à partir d'une succession d'études et de travaux sur le terrain, aux interrogations qui lui parvenaient sur l'impact de la catastrophe en France.

On peut comprendre, à la lecture des questions et des critiques adressées à l'organisme public de recherche et d'expertise, qu'il y a un lien entre cette appréciation par l'opinion publique du rôle joué par l'Institut dans la gestion de la crise et les évolutions qui ont été décidées par les pouvoirs publics, quant au statut et à la place de l'IPSN et de l'OPRI dans le système du contrôle du nucléaire (autonomie d'abord puis indépendance).

¹⁴ *Contaminations radioactives : Atlas France et Europe, 2002 – CRIIRAD et André Paris – Ed. Y. Michel.*

Annexes au résumé / conclusions

**COMPOSITION DU GROUPE DE TRAVAIL
SUR LES CONSEQUENCES DES RETOMBÉES DE L'ACCIDENT DE TCHERNOBYL
SUR LE TERRITOIRE FRANÇAIS**

CHATARD	Jean- Charles	JOURNALISTE
CHENAL	Christian	PROFESSEUR DE MEDECINE CHU RENNES
GAGNIERE	Bertrand	IRSN
HUBERT	Philippe	IRSN
JOURDAIN	Jean-René	IRSN
LINDEN	Gerno	IRSN
METIVIER	Jean-Michel	IRSN
MISEREY	Yves	JOURNALISTE LE FIGARO
MOUCHET	Chantal	SECRETAIRE DE LA CLI DU GARD
PROVOST	Pierre-Jacques	JOURNALISTE PROLEPSIS
RENAUD	Philippe	IRSN
ROBEAU	Daniel	IRSN
SABATIER	Marie-Anne	ENSEIGNANTE
SAUT	Catherine	SECRETAIRE DE LA SEIVA
SUGIER	Annie	IRSN
ZERBIB	Jean-Claude	ANCIEN INGENIEUR AU CEA

IRSN

Exp. : D. QUÉNIART
Administrateur provisoire de l'IRSN

Dest. : D. ROBEAU
Adjoint de la Directrice à la Protection

NOTE : IRSN/Dir

N° : 02-3379
Date : 18 septembre 2002

Objet : Polémique Tchernobyl

Référence : Note IPSN 01-4672 du 5 novembre 2001

En prolongement de la mission qui vous avait été confiée par le Directeur de l'IPSN par note citée en référence, concernant les réponses à apporter aux questions et critiques qui sont adressées à l'institut sur le dossier Tchernobyl, je vous demande de bien vouloir animer un groupe de travail dont l'objectif sera d'apprécier la pertinence des éléments d'informations que vous avez rassemblés et de les compléter si nécessaire.

Ces résultats pourront contribuer aux réflexions du groupe de travail présidé par le professeur Aurengo sur la cartographie des contaminations sur le territoire français.

D. Quéniart

Daniel QUÉNIART

Copie :

Annie SUGIER



Exp. : Le Directeur

Dest. : Le Chef du DPHD
Le Chef du DPRE

NOTE :

N° : 01-4672

Date : 5/11/01

Objet : Polémique Tchernobyl

Réf :

L'IPSN publie tous les ans un dossier sur le suivi des conséquences de l'accident de Tchernobyl et réalise régulièrement des études spécifiques sur ce sujet.

Nous sommes en outre régulièrement interrogés sur les mesures réalisées par l'IPSN en France à l'époque de l'accident, les publications dont elles ont fait l'objet ainsi que sur les différentes prises de position tant des responsables de l'IPSN que de ses experts.

J'ai demandé à Daniel Robeau d'établir une liste des principales questions ou critiques qui nous sont adressées sur ces thèmes et de rassembler dans un même document les réponses qui peuvent leur être apportées, avec l'aide des personnes compétentes de vos départements.

Vous trouverez ci-joint le dossier préparatoire établi par D. Robeau.

Une première version du document devra être réalisée pour fin février 2002 afin d'être relue et éventuellement complétée courant mars de telle sorte qu'un document final soit disponible avant le prochain anniversaire de l'accident (Tchernobyl + 16).



M. LIVOLANT

P.J. : Dossier préparatoire

Copie : DDP

Scop D 02003464

25 FEV. 2002

Monsieur le Professeur,

Nous vous remercions d'avoir accepté de présider le groupe de travail chargé de réaliser la cartographie de la contamination du territoire français suite à l'accident de Tchernobyl.

Ce groupe de travail dont nous vous demandons de nous proposer la composition d'ici au 15 mars, devra comprendre des experts institutionnels, des experts du mouvement associatif ainsi que des experts étrangers ayant eu à réaliser ce type de travail.

La mission du groupe sera en particulier de :

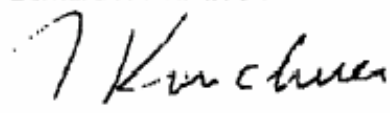
- rassembler les données existantes, notamment en complétant ou actualisant celles qui avaient été utilisées dans le bilan réalisé en 1997, et apprécier leur cohérence,
- examiner de façon critique les modèles permettant de reconstituer le niveau de contamination de l'ensemble du territoire en 1986 et s'assurer de leur validation par la comparaison avec des mesures,
- se prononcer sur le mode d'utilisation de ces informations afin de reconstituer les doses et les risques correspondants pour la population française.

Une attention particulière devra être portée à l'appréciation des sources d'incertitudes. Les éventuelles divergences sur l'interprétation et l'analyse des données seront identifiées et explicitées.

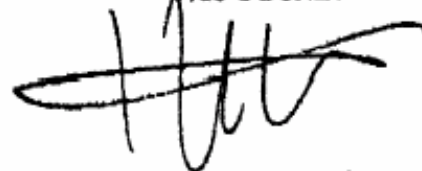
Nous vous demandons de présenter les résultats de vos travaux sous six mois.

Nous vous prions d'agréer, Monsieur le Professeur, l'expression de nos meilleurs sentiments.

Bernard KOUCHNER


Professeur André AURENGO
Chef de service Biophysique 2
Groupe Hospitalier Pitié-Salpêtrière
47-83, boulevard de l'Hôpital
75651 PARIS Cedex 13

Yves COCHET



Paris, le **06 AOUT 2002**

Monsieur le Professeur,

Nos prédécesseurs vous avaient demandé, par courrier du 25 février 2002, de constituer un groupe de travail chargé d'établir à partir des données existantes une cartographie de la contamination du territoire français, suite à l'accident de Tchernobyl.

Nous souhaitons vous confirmer notre intérêt pour que cette mission soit menée à son terme. Vous vous attacherez à étudier la cohérence des différentes sources de données existantes, modéliser la contamination du territoire en 1986 et en déduire les doses et les risques correspondants pour la population française. Nous vous demandons également de porter une appréciation sur les incertitudes de votre étude.

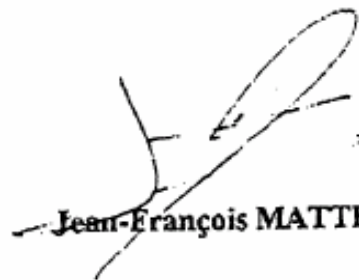
Vous voudrez bien nous proposer, d'ici un mois, la composition d'un groupe de travail réunissant de la manière la plus ouverte possible les experts et les acteurs intéressés par cette question.

Nous vous demandons par ailleurs de vous attacher à nous présenter les résultats de vos travaux sous six mois.

Nous vous prions d'agréer, Monsieur le Professeur, l'expression de nos sentiments les meilleurs.



Roselyne BACHELOT-NARQUIN



Jean-François MATTEI

Professeur André AURENGO
Chef du Service Central de
Médecine nucléaire
Groupe hospitalier Pitié-Salpêtrière
46-48, boulevard de l'Hôpital
75651 PARIS cedex 13

*20, avenue de Segur 75302 Paris 07 SP - Téléphones : 01 42 19 20 21
Télex : Mamm 200312 Télécopieur : 01 42 19 11 23*

CHAPITRE 1

ELEMENTS DE REPONSES AUX QUESTIONS ET AUX CRITIQUES ADRESSEES A L'IPSN

Le présent chapitre reprend, en les regroupant sous cinq rubriques, les critiques identifiées à partir de la plainte contre X déposée le 1^{er} mars 2001 par l'association française des malades de la thyroïde, la CRIIRAD et des personnes physiques malades de la thyroïde. Le détail de ces critiques est rappelé en annexe au rapport.

Critique n° 1 : L'IPSN a disposé dès le début des informations sur la contamination des sols et des produits alimentaires, de résultats de mesure de la radioactivité qu'il n'a pas divulgués, participant ainsi à la désinformation du public.

En mai 1986, l'Institut de Protection et de Sûreté Nucléaire avait pour mission d'effectuer des recherches en radioécologie et non d'effectuer le contrôle de la radioactivité que ce soit dans l'environnement ou dans la chaîne alimentaire, ces missions relevant alors du SCPRI (Service Central de Protection contre les Rayonnements Ionisants).

Direction du CEA, l'IPSN a eu accès à l'ensemble des résultats de mesures effectuées dans le proche environnement des Centres d'études nucléaires du CEA. L'IPSN a ainsi disposé –dans des délais compatibles avec la réalisation de ce type de mesure et leur diffusion- des résultats de mesures effectuées sur les échantillons prélevés dans l'environnement des Centres du CEA, à Saclay (Ile de France), Cadarache et Marcoule (Provence), Valduc (Côte d'Or), La Hague (Cotentin) et Grenoble (Isère) auxquels se sont ajoutés les résultats des mesures de la radioactivité des aérosols atmosphériques prélevés par les stations IPSN d'Orsay et de Verdun.

Les résultats concernant ces sites ont été obtenus dès les premiers jours de mai, ce qui est cohérent avec les temps de prélèvement, de mesure, de mise en forme et de transmission officielle des résultats. Les résultats de mesures concernant les sites CEA ont été « relativement » homogènes. La radioactivité des aérosols atmosphériques détectée dès le 30 avril a été maximum le 1^{er} mai et n'a jamais dépassé (en moyenne sur 24 heures) 6 Bq/m³ pour le césium 137 et 18 Bq/m³ pour l'iode 131.

Dans l'environnement immédiat des centres CEA, des mesures de dépôt au sol, d'eau de pluie, de lait, de végétaux, ont été effectuées. L'IPSN en a regroupé et analysé les résultats. Le dépôt au sol maximum a été mesuré à Marcoule (6 300 Bq/m² d'iode 131 – dépôt humide). La contamination maximum d'iode 131 dans le lait de vache a été mesurée par le site de Valduc, le 4 mai (480 Bq/l). La contamination maximale d'iode 131 dans le lait de chèvre a été mesurée à Cadarache le 7 mai (2000 Bq/l). La radioactivité de végétaux, comestibles ou non, a également été mesurée, ainsi, parmi les valeurs les plus élevées, citons la mesure de la radioactivité d'épinards prélevés à proximité de Marcoule, le 14 mai (166 Bq/kg d'iode 131, 121 Bq/kg de césium 137), la mesure de la radioactivité de feuilles d'arbres également prélevées à proximité de Marcoule, le 5 mai (100 à 600 Bq/kg d'iode 131). Les salades de plein champ de la Ferme de Villetin à proximité du centre de Saclay étaient mesurées à 310 Bq/kg d'iode 131 le 7 mai, les épinards étaient mesurés à 1200 Bq/kg d'iode 131 le 7 mai près de Cadarache, enfin une salade achetée sur le marché de Mandelieu le 2 mai était mesurée à 2750 Bq/kg d'iode 131.

La totalité des résultats de mesures rassemblées par l'IPSN a été éditée dès le 21 mai 1986 dans un document largement diffusé y compris à la presse (Rapport IPSN-86-2).

Dès le début du mois de mai 1986, l'IPSN a engagé des études de terrain pour évaluer l'impact de l'accident de Tchernobyl sur les écosystèmes continentaux. Il s'agissait de réaliser un programme de recherche radioécologique ; trois secteurs ont été sélectionnés : un bassin versant de Corse orientale (bassin de Tavignano), un bassin versant de la côte méditerranéenne (Haut Var) et un bassin versant du Nord-Est de la France (bassin de la Moselle). Ces trois bassins sont parmi ceux qui ont reçu les précipitations les plus importantes entre fin avril et début mai 1986 et leur choix montre que l'IPSN avait déjà une connaissance de la relation entre pluie et dépôts et que les études avaient été centrées sur les zones potentiellement les plus marquées.

Var - Les premiers prélèvements concernant le bassin versant du Var ont été effectués dès le 2 mai. Les prélèvements se sont ensuite poursuivis jusqu'en octobre 1986. Fin mai, des résultats de mesures indiquaient des niveaux de césium 137 de plus de 1000 Bq.kg⁻¹ sec pour les sols et l'herbe, plusieurs centaines de Bq.kg⁻¹ frais pour les légumes. Peu de mesures d'iode 131 sont disponibles. Ces résultats ont été regroupés en avril 1987 dans un rapport interne à l'IPSN distribué à 10 exemplaires dont 1 envoyé au directeur de l'IPSN avec une note d'accompagnement en date du 1^{er} juillet 1987. Ce rapport a été réédité en 1997⁽²²⁾. Les résultats ont été partiellement publiés dans des conférences internationales (Bruxelles, février 1987⁽³⁾ ; Athènes, octobre 1987⁽¹⁾ ; Cadarache, mars 1988⁽²⁾).

Corse - Les études sur le bassin versant du Tavignano ont débuté à la fin du mois de mai 1986. Une campagne de prélèvements supplémentaires s'est déroulée en novembre 1986. Les résultats de ce travail ont été regroupés dans un rapport en date de septembre 1987⁽⁴⁾ et dans une publication du congrès de radioécologie de Cadarache en 1988⁽⁵⁾. Dans ces publications, très peu de résultats de mesure d'iode 131 sont mentionnés compte tenu des dates de prélèvement. Les résultats relatifs aux césiums 134 et 137, au strontium 90 et aux ruthéniums 103 et 106 sont les plus nombreux.

Moselle - Les études sur le bassin versant de la Moselle ont débuté en mai 1986 et se sont poursuivies jusqu'à la fin de l'année 1987. Ces études ont donné des résultats de mesure d'iode 131 et de césiums 134 et 137 dans divers milieux avec l'interprétation phénoménologique des résultats. Comme pour le bassin versant du Var et le bassin du Tavignano, l'étude du bassin versant de la Moselle a été publiée au congrès de radioécologie de Cadarache en mars 1988⁽⁶⁾ et ensuite reprise dans plusieurs publications jusqu'en 1990.

Une synthèse de ces trois études et des résultats de mesures effectuées sur les littoraux atlantique et méditerranéen a également été présentée au congrès de radioécologie de Cadarache en 1988⁽⁷⁾.

Dans le cadre de sa mission de recherche en radioécologie, l'IPSN, a dès le début de l'accident, engagé une compilation des résultats de mesures effectuées autour des sites du CEA et a réalisé des études dans les régions qui se sont montrées parmi les plus touchées par les retombées de l'accident de Tchernobyl en France. L'IPSN à partir de fin mai 1986 a publié plusieurs rapports et fait de nombreuses communications dans le cadre de congrès ou de réunions internationales. Au cours du printemps et de l'été 1986, les résultats de mesure ont été transmis au SCPRI chargé d'établir la synthèse des niveaux de radioactivité en France.

Critique n° 2 : L'IPSN, dans les cartes et documents qu'il a édités, minimise la contamination réelle des sols et des produits alimentaires.

On distinguera trois étapes dans les travaux de l'IRSN dont les objectifs étaient d'estimer la contamination des sols et des produits alimentaires.

1) Participation, au moment de l'accident, à l'effort international pour établir un bilan de la contamination.

Dès le début de l'accident, l'IPSN a régulièrement fourni au Bureau régional pour l'Europe de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), à la demande de ce dernier, les données sur les mesures d'iode et de césium dont il disposait. Ces données, ainsi que celles en provenance des autres pays européens, étaient reportées sur des cartes de l'Europe. Il s'agissait de représentations parcellaires qui ne pouvaient pas rendre compte de l'ensemble de la contamination des territoires concernés.

2) Campagnes de mesures ponctuelles réalisées entre 1987 et 1997.

- Une première campagne de mesure a été faite du 2 mai 1986 au 22 octobre 1987 dans le bassin du Haut-Var avec le prélèvement de 260 échantillons terrestres.
- Une deuxième campagne a été engagée en Corse en juin et novembre 1986 dans la région d'Aléria, le Tavignano et les lacs d'altitude.
- Une troisième campagne a été faite en Méditerranée sur les côtes corses et provençales de 1987 à 1989 avec des mesures de sédiments et de produits marins.
- Une campagne a été également effectuée en milieu terrestre dans le bassin de la Moselle en 1986 et 1987.

De 1986 à 1989, les études radioécologiques menées par l'IPSN n'ont pas donné lieu à des représentations cartographiques. Ce n'est qu'à partir de 1997, après qu'un modèle eut permis d'établir un lien fiable entre résultats de mesure de contamination des sols et pluie que des cartes ont été établies. Les retombées de l'accident de Tchernobyl en France n'ont pas fait l'objet de mesures et d'études spécifiques à l'IPSN entre 1989 et 1996 en dehors de celles faites dans le cadre de l'observation de la contamination des sols, de l'atmosphère et du milieu marin.

Un moteur important pour la poursuite et l'approfondissement des études de l'IPSN sur l'accident a été la décision prise par la direction de l'Institut, au début des années 90, de publier chaque année, à la date anniversaire de la catastrophe, un rapport faisant la synthèse des travaux publiés sur le sujet. Il faut souligner que l'année 1996 a marqué un tournant, avec la présentation dans le rapport Tchernobyl + 10 d'un chapitre consacré à l'impact sanitaire des retombées de la catastrophe en France. Une impulsion nouvelle a ainsi été donnée aux études correspondantes, notamment sur la cartographie et l'impact sanitaire qui ont fait l'objet, régulièrement, de synthèses dans les rapports anniversaires.

En mars 1997, une campagne de mesures a été faite près de St-Jean d'Ormont pour caractériser la contamination des sols de cette région forestière à la demande du Préfet des Vosges⁽¹⁰⁾.

2) Réalisation d'une première cartographie.

En 1997, l'IPSN a édité un rapport⁽⁴¹⁾ sur les conséquences radioécologiques et dosimétriques de l'accident de Tchernobyl en France rassemblant et interprétant l'ensemble des informations connues, sur la contamination due aux retombées radioactives de cet accident. Ce rapport présente notamment des cartes de la contamination moyenne des surfaces agricoles sur l'ensemble du territoire, qui font ressortir quatre zones, les sols de l'Est de la France (zone 1) étant les plus contaminés (entre 3000 et 6000 Bq/m² de césium 137 en moyenne).

Il est à noter que les contaminations moyennes des sols agricoles puisque mesurées ou estimées à partir de mesures effectuées dans des produits agricoles, sont cohérentes avec celles fournies au cours de la réunion AEN des 1^{er} et 2 septembre 1986 sur la base de l'ensemble des mesures effectuées en juin-juillet 1986⁽¹⁷⁾.

Les valeurs de contamination moyenne par région administrative y étaient estimées à 160 Bq/m² dans la région Normandie, à 5400 Bq/m² dans la région Rhône-Alpes et 3200 Bq/m² en Corse. A titre de comparaison, dans le rapport IPSN de 1997, la Normandie est classée dans la zone IV (< 750 Bq/m², la région Rhône-Alpes est classée dans la zone I (3000 à 6000 Bq/m²) et la Corse dans cette même zone I⁽¹⁴⁾.

Le rapport IPSN 97-03⁽⁴¹⁾ fournit également une carte des zones les plus contaminées, décelées ponctuellement dans diverses régions de l'Est de la France, avec une contamination en césium 137 allant de 20 000 à plus de 60 000 Bq/m². Ce rapport a été élaboré à la demande conjointe de la Direction Générale de la Santé et de la Direction de la Sûreté des Installations Nucléaires. Il a été présenté le 16 décembre 1997 au Conseil Supérieur de la Sûreté et de l'Information Nucléaires et a été largement diffusé aux médias, associations, services de l'Etat et collectivités territoriales concernés. Ce rapport a donné lieu à un ouvrage publié en 1999 aux éditions « EDP Sciences » sous le titre « Les retombées en France de l'accident de Tchernobyl »⁽⁸⁾. Ces cartes ne se réfèrent pas à la contamination des sols agricoles mais à la contamination de tous les sols. Les mesures *in situ* pour contrôler les dépôts établis à partir de la relation entre pluies et dépôts ont été faites sur des sols non remaniés donc non agricoles, à l'exception des prairies naturelles. Ces cartes ne sont donc pas à l'image de la contamination moyenne des produits agricoles.

La radioactivité déposée sur les sols, au moment du passage des masses d'air contaminé a été fonction de l'intensité des pluies. Une étude fine de la contamination des sols et de la pluviométrie début mai 1986, dans la région d'Avignon (Bas-Rhône) (Renaud et Métivier 2001)⁽⁹⁾ a permis de quantifier la relation « pluies-dépôts ». En utilisant cette relation et les relevés pluviométriques des stations de Météo-France (3800 pour toute la France) durant la première semaine de mai 1986, une carte des dépôts de césium 137 a été établie. La carte exprimant les dépôts initiaux d'iode 131 a été déduite de celle des dépôts de césium, compte tenu du rapport relativement constant observé entre les activités de césium 137 et d'iode 131 déposées à la suite de l'accident de Tchernobyl.

Les territoires de Vaison (Vaucluse) à Bourdeau (Drôme), de Sisteron (Alpes de Haute Provence) à Gap (Hautes-Alpes) ainsi que l'arrière pays niçois et le Mercantour (Alpes-Maritimes) figurent parmi les zones présentant les activités les plus élevées.

3) Nouvelles campagnes de mesures ponctuelles

A la suite de la détermination des zones les plus contaminées, des études ponctuelles ont été engagées :

- De 1998 à 2000, la contamination de la région du Mercantour a été caractérisée, en particulier dans les zones où une contamination plus élevée due aux effets de

relief et aux précipitations a été observée. Les facteurs locaux (couverture végétale, topographie, ruissellement des eaux, enneigement ...) déterminant la formation de taches radioactives ont été étudiés dans une zone atelier. Une cartographie des dépôts par extrapolation des informations obtenues sur la zone atelier a ensuite pu être réalisée sur une zone de surface plus importante (bassin versant du Chastillon, 27 km²).

- En 2001, une campagne de mesures a été effectuée à Sisteron dans les Alpes de Haute Provence⁽¹¹⁾.
- En 2001-2002, l'essentiel de l'effort de connaissance de la contamination a porté sur la Corse^{(12) (13)}.

L'évolution de la contamination en iode 131 et en césium 137 des produits agricoles de Corse a pu être reconstituée à partir des mesures effectuées dans les produits agricoles locaux dans les trois mois qui ont suivi les dépôts. Ces mesures et les modélisations de la contamination de la chaîne alimentaire ont confirmé que les départements corses font partie des départements où les retombées de l'accident de Tchernobyl ont été les plus importantes. C'est dans la plaine orientale de l'île, entre le 1^{er} et le 5 mai 1986, que les précipitations ont été les plus fortes, plus de 100 mm, et que les dépôts de césium 137 ont pu atteindre 20 000 Bq/m² dans la région de Solenzara et 50 000 Bq/m² dans les zones d'altitude. Les dépôts d'iode 131 ont été estimés pour leur part à cinq fois plus.

Dans l'ensemble des critiques faites, une confusion est entretenue entre les représentations cartographiques rendant compte des contaminations moyennes des produits agricoles, et les représentations cartographiques traduisant l'intensité des retombées radioactives en 1986 et la persistance de cette contamination à l'heure actuelle.

La première cartographie date de 1997. Il n'y a pas eu sous-estimation de la contamination réelle mais présentation des différentes composantes de la contamination : valeurs moyennes de la contamination des sols agricoles pour estimer les doses reçues par les populations et valeurs maximales du fait des dépôts.

Critique n° 3 : L'IPSN remet en question le principe de la relation dose-effet sans seuil pour minimiser l'effet des doses reçues.

1) Remarques préliminaires

Depuis plus de dix ans, l'IPSN a toujours appliqué la relation dose-effet sans seuil pour les études de risque. Le rapport⁽³⁹⁾ sur « le risque d'induction de cancer par rayonnements à faibles doses et faibles débits de dose » établi en 1995 conclut, en accord avec les instances internationales compétentes dans le domaine de la radioprotection :

« Les données relatives au rôle des mutations génétiques dans la tumorigénèse, l'origine monoclonale des tumeurs [...] sont bien établies et sont généralement conformes à la thèse que, à faibles doses et à faibles débits de dose, le risque de cancer radio-induit s'élève avec la dose et n'a pas de composante en rapport avec les dommages à l'ADN ou de composantes de réparations avec seuil. [...] Elles ne peuvent fournir une base solide pour juger si la réponse tumorigène à faibles doses ou faibles débits de dose peut avoir une composante non-linéaire qui pourrait impliquer l'existence d'un seuil de dose en dessous duquel le risque pourrait être quasi nul. En supplément des renseignements provenant des études épidémiologiques, les études des mécanismes indiquent, qu'en radioprotection, il n'est pas vraiment possible de dire que les faibles doses (autour de 10 mGy) ne comportent pas de risque de cancer, et sur la base des connaissances actuelles, il convient de présumer que le risque augmente en même temps que la dose croît ».

Ainsi, dès 2002, l'Institut s'est préoccupé des effets sur la population, qui pourraient résulter des conditions particulières d'exposition chronique aux rayonnements ionisants dans les territoires contaminés. Dans ce contexte, l'IRSN a lancé le programme expérimental ENVIRHOM. Son objectif est d'étudier les phénomènes de bio-accumulation dans les écosystèmes et chez l'homme, dans des situations d'exposition chronique à des radionucléides présents dans l'environnement à faibles niveaux, dans un contexte de multipollutions (cf. Tchernobyl +16).

2) Evaluations de l'Institut, en utilisant la relation dose/effet

L'IPSN a réalisé, en 1997, une évaluation des conséquences radiologiques et dosimétriques en France de l'accident de Tchernobyl, avec l'aide de différents organismes concernés, notamment l'OPRI et la Direction Générale de l'Alimentation (DGAL). Une conclusion importante de cette étude était qu'il ne paraissait pas justifié de mener une approche épidémiologique portant sur l'ensemble de la France, mais qu'en revanche cela pouvait l'être s'agissant "des cancers de la thyroïde de l'enfant dans quelques zones de l'Est de la France (Jura et Corse par exemple), afin de répondre aux interrogations multiples de la population et du corps médical, bien que les doses estimées ne semblent pas devoir conduire à un excès de risque observable."

C'est ainsi qu'en 2000, l'IPSN, en association avec l'InVS et à la demande de la DGS, a mené une étude visant à estimer les conséquences des retombées de l'accident de Tchernobyl, dans le but d'analyser la pertinence et la faisabilité des études épidémiologiques qui pourraient être conduites pour mettre en évidence ou exclure un éventuel impact sur la santé.

Une évaluation des doses et des risques de cancers thyroïdiens a été faite pour les personnes qui résidaient dans l'Est de la France et avaient moins de quinze ans au moment de l'accident, à partir des mesures de contamination disponibles en France et de différents modèles de risque disponibles dans des publications scientifiques. Cette évaluation a été réalisée en supposant une relation dose/effet linéaire sans seuil entre les doses à la thyroïde et les excès de risques de cancers radioinduits. La conclusion de ce travail a été que les valeurs d'excès de risques calculées sont faibles, de sorte que leur mise en évidence directement par des études épidémiologiques paraît incertaine pour des raisons de puissance statistique et de données insuffisantes sur l'exposition individuelle des personnes aux retombées d'iode radioactif de l'accident de Tchernobyl.

Critique n° 4 : Les doses calculées depuis 1986 fluctuent dans un intervalle très large et sont très inférieures aux doses réelles reçues par la population.

1) Remarques préliminaires

L'exposition des personnes aux retombées de l'accident de Tchernobyl provient, pour l'essentiel, de l'ingestion d'aliments contaminés, particulièrement le lait et les légumes feuilles.

C'est pourquoi dans ses études ayant pour objet d'estimer les impacts radiologiques, l'IPSN considère la contamination des aliments et non la contamination des sols.

L'utilisation des cartes de dépôts moyens sur les surfaces agricoles directement dérivées de résultats de mesures d'activité du lait et des légumes feuilles est donc la

représentation la plus appropriée pour des estimations de dose. C'est cette méthode qui est présentée dans le rapport de 1997 et sur laquelle se base l'évaluation réalisée par l'Institut de Veille Sanitaire et l'IPSN⁽¹⁸⁾.

Il existe une variabilité des doses reçues au sein de la population considérée, du fait de deux facteurs principaux :

- Le mode d'alimentation des personnes. La part de l'alimentation constituée de lait frais et de légumes-feuilles frais, a eu une influence sensible sur les doses à la thyroïde due à l'ingestion d'iode 131 au cours des semaines qui suivirent l'accident.
- La part des aliments consommés produits dans les zones de contamination plus élevée. C'est pour cette raison que dans son rapport de 1997, l'IPSN a estimé la dose reçue par des personnes plus exposées en raison de leur localisation, de leur mode alimentaire particulier. En 2000, l'IPSN a réalisé une étude de sensibilité du mode d'alimentation sur la dose à la thyroïde de l'enfant qui résidait dans l'Est de la France en 1986⁽¹⁹⁾. Ce rapport montre que pour un enfant d'un an, le fait de ne consommer que du lait de vache frais, augmente la dose d'un facteur 2 ; le fait de ne consommer que du lait de chèvre frais conduit à une augmentation de cette dose d'un facteur 20.

2) Cohérence des différentes estimations de doses publiées par l'IRSN

La critique faite envers l'IPSN est assez étonnante car au contraire de ce qui est avancé, on peut montrer qu'il y a cohérence des doses publiées de 1986 à aujourd'hui. En mai 1986, le rapport IPSN/86-02⁽¹⁴⁾ déjà mentionné ne fait référence qu'aux doses délivrées dans la région proche du site de Saclay (Essonne) en se basant sur des résultats de mesures.

En juin 1986, le rapport IPSN/DPS/SEAPS-86/3⁽¹⁵⁾ présentait des doses pour les populations vivant dans le voisinage des centres CEA, doses estimées à partir des résultats de mesures effectuées dans l'environnement de ces centres. Les doses efficaces ont été estimées selon les centres entre 4,5 et 78 μ Sv et les doses absorbées à la thyroïde de 48 à 1800 μ Sv pour l'adulte, avec une dose à la thyroïde atteignant 6,6 mSv pour l'enfant dans la région de Dijon (Centre CEA de Valduc).

En juillet et décembre 1986, en réponse à une question du Dr Fauconnier, médecin généraliste en Corse, l'IPSN confirmait l'éventualité d'une dose de 90 mSv à la thyroïde pour un enfant de 10 ans vivant en Balagne. Cette dose a été établie sur la base de la consommation de l'équivalent de 1 litre de lait frais de chèvre ou de brebis par jour⁽¹⁶⁾ et les mesures réalisées en mai 1986 sur le lait de brebis en Balagne.

Les 1^{er} et 2 septembre 1986, la France représentée par l'IPSN à l'AEN de l'OCDE⁽¹⁷⁾ a communiqué une carte de la contamination des sols par le césium 137, par région administrative qui comme cela a déjà été souligné n'a rien de contradictoire avec celle de 1997. Les doses efficaces associées à ces niveaux de contamination pour les personnes vivant dans l'Est de la France y sont estimées à 49 μ Sv pour l'adulte, 87 μ Sv pour l'enfant et 209 μ Sv pour le nourrisson.

Les doses à la thyroïde de l'enfant de 5 ans résidant dans l'Est de la France au moment de l'accident sont estimées dans un intervalle de dose de 6,5 à 16 mSv (p. 123 du livre EDP sur les retombées en de l'accident de Tchernobyl en France).

A partir des résultats de mesure de la contamination par l'iode 131 des différents produits agricoles rassemblés en 1997, des estimations de doses à la thyroïde ont été faites, dans le rapport IPSN-InVS ⁽¹⁸⁾, pour des enfants âgés en 1986, de 3 mois, 1 an, 5 ans et 10 ans, qui résidaient dans l'Est de la France. Les résultats de ces estimations sont respectivement de 1,9 mSv ; 9,8 mSv ; 5,9 mSv et 3 mSv. Ces résultats sont du même ordre que ceux calculés en mai 1986 (6,6 mSv pour l'enfant de la région de Valduc). Ces doses sont à comparer aux niveaux d'intervention relatifs à l'administration d'iode stable, recommandées par la CIPR dans sa Publication 40 de 1984 : pour des doses inférieures à 50 mSv à la thyroïde cette mesure prophylactique n'est pas justifiée, au-dessus de 500 mSv elle est toujours justifiée et entre ces deux valeurs elle doit être adaptée aux circonstances qui prévalent au moment de l'accident.

Une analyse de sensibilité qui accompagne ces calculs montre que ces résultats sont influencés principalement par le type de lait et son délai de consommation, ainsi que par la zone de provenance des aliments. Aussi, un enfant de 1 an qui aurait consommé uniquement du lait de chèvre provenant de la zone I (Est de la France) en 1986, aurait reçu une dose à la thyroïde de l'ordre de 200 mSv. Cette dose est accompagnée du commentaire suivant : « les données disponibles montrent que les consommateurs de lait de chèvre (frais) sont peu nombreux (0,2 % de la population) et ils sont vraisemblablement des consommateurs occasionnels ».

Les résultats de dose publiés par l'IPSN depuis 1986 montrent bien la cohérence des valeurs publiées par des personnes différentes et dans des contextes différents, ce qui ne peut que renforcer leur crédibilité.

En janvier 2002, dans un rapport intitulé⁽¹³⁾ « les retombées de l'accident de Tchernobyl en Corse, contamination de la chaîne alimentaire et doses à la thyroïde associées », les mesures et les calculs effectués montrent que pour la majorité des enfants présents en Corse entre mai et juin 1986, les doses délivrées à la thyroïde n'ont pas dû dépasser la dose moyenne des enfants de l'Est de la France, soit 10 mSv (valeur arrondie de 9,8 mSv). Des doses plus importantes ont pu être délivrées aux enfants qui, à cette époque, auraient consommé des produits frais provenant de zones où les dépôts ont été plus importants, comme la plaine orientale, ou par des enfants qui auraient eu un régime alimentaire particulier comportant une consommation importante de lait frais de chèvre ou de brebis. Ces caractéristiques particulières ont pu amener à des doses délivrées à la thyroïde dépassant 50 mSv et pouvant exceptionnellement atteindre 150 mSv.

Critique n° 5 : Position de l'IPSN sur les statistiques des cancers de la thyroïde de la région PACA (diffusion des résultats et communiqué diffusant d'autres résultats).

Devant la persistance de rumeurs d'apparition de cancers de la thyroïde de l'enfant, l'Institut de Protection et de Sécurité Nucléaire, a confié en décembre 1995, la conduite d'une étude à l'Observatoire Régional de la Santé de Marseille. Les données brutes révélaient une répartition temporelle des cas de cancers de la thyroïde très surprenante, conduisant à une augmentation du nombre de cas dans la période 1992-1994. Les premières vérifications ne démentant pas ces chiffres ont amené l'IPSN à faire part de cette augmentation avec les réserves d'usage, aux différentes instances, à savoir le Comité de Direction et le Comité Scientifique de l'IPSN.

Plusieurs journalistes ayant eu connaissance de la teneur de ces données, par leurs propres canaux, ont demandé à l'Institut d'apporter des commentaires. Rien n'indiquait alors qu'une répartition temporelle des cas de cancers, différente de celle évoquée était possible.

Lorsque de nouvelles informations ont été disponibles, mettant en cause l'augmentation signalée, l'IPSN a immédiatement publié un communiqué rectificatif aux médias (cf. en

annexe générale au présent rapport, l'historique établi par l'IPSN à l'intention de son Comité de direction sur ce sujet).

ANNEXE AU CHAPITRE 1

DETAILS DES CRITIQUES PORTEES A L'ENCONTRE DE L'IPSN

Le 1^{er} mars 2001, une plainte était portée contre X, par l'association française des malades de la thyroïde, la CRIIRAD et des personnes physiques malades de la thyroïde. Le texte de cette plainte fait de nombreuses références à l'IPSN mais aussi certaines critiques. Cette annexe au chapitre 1 propose une compilation de toutes les références faites à l'IPSN.

La plainte est composée de trois parties. La première partie comprend un ensemble d'informations sur le cancer de la thyroïde et une liste non nominative indiquant le sexe, l'âge, la profession des plaignants, leurs lieux de résidence pendant la période avril-mai 1986 ainsi que la nature des maladies thyroïdiennes contractées et les préjudices subis. Une deuxième partie intitulée « Les griefs : défaut de protection des populations françaises en général et des groupes à risque en particulier » analyse le comportement, selon les plaignants, de l'ensemble des acteurs mis en scène en France par l'accident de Tchernobyl en mai 1986. Cette partie contient le plus grand nombre de références à l'IPSN. La troisième partie, conséquences sur la santé des populations, se présente comme une critique du document IPSN-InVS publié en 1999. Les points de la plainte contre X de la CRIIRAD qui font référence à l'IPSN sont tous relevés, simple citation ou mise en cause.

PREMIERE PARTIE

Page 32 : « Il est fait référence à un document IPSN de 1997 concernant le nombre de cancers de la thyroïde chez les enfants en Ukraine ».

Page 48 : « Les études de la CRIIRAD, les études de modélisations de l'IPSN aboutissent à des conclusions concordantes : en 1986, le vecteur essentiel de contamination était l'ingestion d'aliments contaminés. »

Page 49 : « Plus de quatorze ans après la catastrophe, les résultats d'analyses disponibles pour les cultures fluctuent pour la plupart entre 0,1 et au maximum 10 becquerels par kilo. Sur la base d'une modélisation, l'IPSN propose pour les zones de l'Est de la France les plus contaminées par Tchernobyl, une gamme de 0,1 à 1 Bq/kg ».

Page 49 : « D'après l'IPSN, la capacité d'interception d'une forêt serait de 3 à 4 fois supérieure à celle d'un sol de prairie. »

DEUXIEME PARTIE INTITULEE « LES GRIEFS : DEFAUT DE PROTECTION DES POPULATIONS FRANÇAISES EN GENERAL ET DES GROUPES A RISQUE EN PARTICULIER »

Page 2 : Remarques concernant le rapport IPSN de 1997 (Conséquences radioécologiques et dosimétriques en France de l'accident de Tchernobyl).

« Ce document est, à plusieurs points de vue, contestable. Il repose largement, et sans analyse critique préalable, sur les analyses effectuées par le SCPRI en 1986. Par ailleurs l'IPSN a été fortement impliqué dans la gestion des retombées de l'accident de Tchernobyl :

- Il disposait en temps réel d'information sur la contamination de l'air, du sol et de la chaîne alimentaire ; il a constaté la contamination des aliments, le dépassement de normes mais n'a pas alerté le consommateur.
- Il a confirmé dès le mois de mai 1986, l'analyse du SCPRI et indiqué que les risques sanitaires inhérents aux retombées radioactives de Tchernobyl étaient inexistantes pour la population française.

Dans ce contexte, cependant, il sera d'autant plus probant de s'appuyer sur les travaux ultérieurs de cet organisme afin de démontrer la fausseté des informations diffusées en 1986. Le bilan établi par l'IPSN en 1997 et publié en 1999 a en effet été avalisé par la DGS et la DSIN, constitue la position officielle des services de l'Etat. »

Page 5, en parlant de la position de l'IPSN sur les effets des faibles doses: « Les positions du SCPRI ont été largement relayées par les organismes publics, des scientifiques et des médecins. Nous ne citerons que deux exemples, les conclusions de l'IPSN et le rapport de l'Académie des sciences. »

Page 6 : L'analyse de l'IPSN-CEA est présentée dans une dépêche de l'AFP du 26 mai 1986 :

« Les risques sanitaires inhérents aux retombées radioactives provoquées par la centrale nucléaire de Tchernobyl sont inexistantes pour la population française, réaffirme en substance l'IPSN dans un rapport proposé lundi ».⁽¹⁴⁾

« Même en incluant l'exposition due au nuage et l'exposition externe due au dépôt au sol, précise le rapport, on constate que l'équivalent de dose effective total, engagé sur 50 ans, restera inférieur à 0,05 mSv pour l'individu

moyen et ne peut dépasser 0,15 mSv pour l'individu le plus exposé ». Une moitié de cette dose provient de l'iode, un quart des différents isotopes du césium et le reste des autres sources radioactives (terres rares, etc.). Pour situer ce que représentent ces doses, le rapport affirme que cette dose de 0,05 mSv représente 9 journées d'irradiation naturelle, un mois de séjour à la montagne ou un vol aller-retour Paris-Los Angeles. »

« L'IPSN, dirigé par M. François Cogné, organisme dépendant du Commissariat à l'Energie Atomique (CEA) dispose de ses propres laboratoires et points de mesures, différents de ceux du SCPRI que dirige le professeur Pellerin. Le SCPRI est sous tutelle du Ministère de la Santé. »

« Sur la base du facteur de conversion tissulaire de 0,03 en vigueur en 1986 et de l'affirmation selon laquelle l'iode représente 50% de la dose, on peut calculer que, d'après l'IPSN, la dose reçue par la thyroïde de l'individu le plus exposé (0,15 mSv, en dose efficace engagée) est de 2,5 mSv. »

Remarques : Dans le rapport IPSN 2/86, il n'est jamais écrit que « les risques sanitaires inhérents (...) sont inexistantes pour la population française ». D'autre part, l'IPSN à ce moment ne prétend pas calculer les doses relatives à la population française puisqu'il ne dispose que des résultats de mesure du groupe CEA et de ses homologues européens. Il faut rappeler que l'IPSN n'aura accès aux résultats des autres organismes (OPRI, CNEVA, DGCCRF) que plus tardivement. Les seuls résultats de mesure figurant dans ce rapport sont ceux du groupe CEA. Le texte du rapport précise : « Pour les calculs de dose, les concentrations atmosphériques sont celles mesurées en région parisienne du 26 avril au 10 mai (..) ». Les tableaux du rapport rassemblent les doses moyennes relatives à l'environnement des sites du groupe CEA. Les doses efficaces calculées y sont dans la fourchette de 50 à 150 microsievverts. Il faut noter que les très nombreuses mesures anthropogammamétriques effectuées sur le personnel du groupe CEA ont confirmé ces estimations de dose.

Page 7 : Le nuage atteint la France

« Ceci est confirmé par les mesures effectuées au centre d'études nucléaires de Marcoule, dans le Gard : le 29 avril, le niveau de césium de l'air est multiplié par 20000 (rapport IPSN 2/86). »

Remarque : Il n'est pas écrit que le niveau du césium est multiplié par 20000, les valeurs du césium 137 et du césium 134 sont indiquées jour par jour du 29 avril au 5 mai.

Page 9, Les évaluations de l'IPSN en 1997

« Le rapport de l'IPSN a donné les dépôts de césium 137 :

- de 3000 à 6000 Bq/m² pour l'Est de la France, Zone 1 (Corse, Alsace-Lorraine),
- de 1500 à 3000 Bq/m² pour la Zone 2 (Bouches du Rhône/ Ardennes),
- de 750 à 1500 Bq/m² pour la zone médiane (Midi Pyrénées / Nord Pas de Calais),
- moins de 750 Bq/m² pour l'Ouest, des Landes à la Normandie. »

Page 10 : « L'IPSN a pour sa part mesuré plus de 60 000 Bq/m² dans le Boréon. »

Page 15 : Des résultats non diffusés

« Des années plus tard, on saura que des mesures avaient bel et bien été effectuées dans le Sud-Est de la France, dès les premiers jours de mai : les scientifiques du CEA/IPSN ont ainsi acheté des salades le 2 mai 1986 sur le marché de Mandelieu dans les Alpes Maritimes ! »

« Les analyses révélèrent une contamination élevée : plus de 7000 Bq/kg pour tout un cocktail de produits radioactifs qui n'existe pas dans la nature : du césium 134, 137, de l'iode 131, 132, du tellure 132, du ruthénium 103, 106, du zirconium 95, etc.

Voici les résultats de l'analyse IPSN-CEA (activités exprimées en becquerels par kilogramme de matière fraîche) :

iode 131	2750	
iode 132/tellure 132		1560
césium 137		430
césium 134		270
ruthénium106-rhodium 106		440
ruthénium 103	850	
zirconium 95 - niobium 95		450
barium 140 - lanthane 140		514
total		7264 Bq/kg!!

Ces résultats sont restés confinés dans les laboratoires. Pendant ce temps, les habitants de Mandelieu – comme tous ceux de très nombreuses régions de France – ont continué à acheter, à consommer et à faire consommer à leurs enfants, sans aucune précaution, des légumes, des fruits et du fromage frais gorgés de produits radioactifs. »

Page 27, en référence à la Corse

« La radioactivité du lait de brebis est de l'ordre de 10 000 Bq/l ou plus au début de la période critique. Alors qu'aucun contrôle n'est effectué. Sachant qu'il faut 4 litres de lait pour faire un kilogramme de fromage et que selon le CEA, la totalité de l'iode se retrouve dans le caillé, de nombreuses familles corses ont dû incorporer des activités considérables entre fin avril et fin mai 1986. »

Page 29 : en référence à la Corse

« Nous pouvons ajouter à ce propos, les commentaires de François Cogné dans sa lettre au Dr Fauconnier : les premières mesures officielles dont on dispose sont celles du SCPRI : 4400 Bq/l le 12 mai, 2900 Bq/l le 13 mai. En extrapolant au début de mai et en considérant qu'il s'est écoulé deux périodes effectives, on aurait une concentration initiale moyenne de 15000 Bq/l. Avec une consommation de 1 litre par jour, soit 200 grammes de fromage frais, on aurait délivré une dose de 90 mSv à la thyroïde d'enfant de 10 ans. »

Page 34

« Le ministère chargé de l'industrie coordonne également la communication au plan national en cas d'incident ou d'accident affectant une installation nucléaire relevant de sa tutelle ou se produisant au cours d'un transport de matières nucléaires. C'est ce ministère qui a pris la décision d'interdire la vente des épinards alsaciens du 13 au 23 mai 1986. Il disposait de l'appui du SCSIN lui-même aidé de plusieurs groupes d'experts parmi lesquels l'IPSN du CEA ».

Page 36

« Le CEA a disposé, quasi en temps réel, d'informations précises sur la contamination de l'air et de l'eau de pluie, sur les dépôts au sol et sur la contamination de la chaîne alimentaire, via ses centres de recherche et les analyses et études de son service spécialisé, l'IPSN ».

« L'IPSN a été créé au sein du CEA par arrêté du 2 novembre 1976. Cet institut a notamment pour mission de réaliser les études, recherches et travaux de protection et de sûreté nucléaire qui lui sont confiés par les départements ministériels et organismes intéressés.

L'IPSN a ainsi effectué dès le début de la contamination des analyses et des études. Plus particulièrement sur :

La vallée de la Moselle.

Le bassin du haut Var.

La vallée du Tavignano, en Corse.

La CRIIRAD a obtenu, par surprise, au cours d'une réunion publique, un exemplaire de l'étude réalisée sur le Haut Var, mais le rapport n'a jamais été publié.

Monsieur Grauby, du centre d'Etudes Nucléaires de Cadarache, chef du département d'études et de recherche en sécurité de l'IPSN, a été interrogé lors du colloque Nucléaire, santé, sécurité (janvier 1988 à Montauban) pour savoir si les rapports analogues à celui du Var concernant la Moselle et la Corse seraient rendus publics ? La réponse a été nette et précise : NON. »

La convention générale du 27 juin 1977 qui liait l'IPSN-CEA à l'Etat précisait : « Les résultats des études restent la propriété de l'Administration et ne pourront être divulgués à un tiers sans son autorisation expresse. »

Il faudrait donc savoir dans quel cadre et à la demande de qui, les études ont été effectuées. Etait-ce à la requête du ministère [...] qui aurait ensuite mis son veto à l'information des citoyens français, ou à l'initiative de l'IPSN CEA, qui aurait décidé de sa propre responsabilité de ne rien diffuser.

Si le CEA n'a pas diffusé le résultat chiffré de ses analyses, il a par contre assisté le SCPRI dans la diffusion d'un bilan dosimétrique très rassurant (communiqué affirmant que l'individu le plus exposé n'avait pas reçu plus de 0,15 mSv, soit 2,5 mSv à la thyroïde, et que cela équivalait à « 1 mois aux sports d'hiver »).

Page 37 : F. Cogné et M. Chevalet

Dans un article publié dans la Revue générale du nucléaire (mai-juin 1986), M. Michel Chevalet, qui dirigeait alors le service scientifique de TF1, fait état des relations particulières qu'il avait nouées à l'occasion de Tchernobyl avec le CEA-IPSN, **à l'initiative de ce dernier** : « dans ces cas-là, toutes les lignes téléphoniques sont saturées et les responsables sont pratiquement impossibles à joindre. Heureusement, en l'occurrence, l'un d'entre eux a eu l'excellent **réflexe** de prendre les devants et de m'appeler lui-même, c'est François Cogné, le directeur de l'IPSN. Nous avons travaillé ensemble afin d'essayer d'échafauder **notre** information. Et, pendant plusieurs jours, à propos de Tchernobyl, **notre collaboration a été permanente.** »

Ces indications mettent en lumière la responsabilité de l'IPSN dans la nature des informations diffusées sur la plus grande chaîne de télévision nationale (et l'extraordinaire facilité avec laquelle les services officiels ont pu contrôler les informations diffusées pendant la période critique !).

M. Cogné a également déclaré, le 10 mai 1986, lors de l'émission Droit de réponse « Depuis le début de cet accident, je dirais, je n'ai pas quitté le téléphone pour répondre à tous les journaux, à toutes les radios, à toutes les télévisions, à toutes les questions posées ». Lors de cette même émission, en réponse à un agriculteur du Vaucluse venu témoigner du blocage de ses productions à la frontière allemande, il a assuré, parlant d'une salade contaminée : « Si vous la lavez bien, eh bien, il n'y aura plus rien. ». Une information rassurante mais erronée : le lavage n'enlève qu'une partie de la contamination, car les particules radioactives sont rapidement métabolisées par la plante et il n'est plus possible de les retirer.

Page 38

Le communiqué spécial du SCPRI du 2 mai 1986 envoyé à un très grand nombre de responsables affirme : « **Il faudrait des élévations dix mille ou cent mille fois plus importantes pour que commencent à se poser des problèmes significatifs d'hygiène publique.** »

Ainsi, pour mesurer la **fausseté mensongère** de cette affirmation, il suffit d'un simple calcul basé sur les propres chiffres du SCPRI et ceux de l'IPSN-CEA. Le SCPRI et l'IPSN ont annoncé en 1986 une dose moyenne de **0,05 mSv**. Si l'on multiplie cette valeur par 10 000 à 100 000, on obtient une dose de **0,5 à 5 sieverts**. Pour l'ensemble de la population française (soit 60 millions d'habitants) et sur la base des coefficients de risque

en vigueur en 1986 (aujourd'hui le bilan serait encore plus lourd), cela représente de l'ordre de **75 000 à 750 000 décès par cancers** (sans compter les cancers guérissables).

TROISIEME PARTIE : CONSEQUENCES SUR LA SANTE DES POPULATIONS

Page 5 : Les leucémies autour de La Hague (au sujet de l'étude VIEL 1993, 1995, 1997).

« Les attaques sont notamment venues de l'INSERM, de l'IPSN (déclarations de Denis BARD) et de l'OPRI, mais aussi plus violentes de personnalités qui n'ont pas de compétence particulière en la matière, citons la plus prestigieuse, G. CHARPAK..... »

Page 6 : Les cancers des mineurs français

Des experts de la Cogéma, du CEA et de l'IPSN ont étudié la mortalité par cancers dans une cohorte (un groupe) de près de 2000 mineurs ayant travaillé dans les mines d'uranium françaises entre 1947 et 1972. Les premiers résultats du bilan de mortalité établi au 31 décembre 1983 ont été rendus publics en 1984. Une deuxième publication est effectuée en 1988 (M. Tirmarche et al. « Lung cancer mortality of uranium miners in France, VIIème congrès international de protection contre les rayonnements ionisants. Sydney, 10-17 avril 1988 » ; « Dr J. Chameaud, Cogéma-La Crouzille, Bilan sur les mineurs d'uranium, procès verbal de la XXXème réunion du comité central d'hygiène et de sécurité du Groupe CEA, 22 juin 1988 ») et comporte un bilan au 31 décembre 1985. « D'une façon générale, écrit Roger BELBEOCH, ces publications sont loin de présenter les standards de qualité généralement atteints par les études épidémiologiques ». Malgré ses défauts, l'étude révèle un excès important de décès par cancers, en particulier par cancers des poumons, du larynx, des os, du cerveau et de l'estomac. La mortalité par cancers du poumon est 2,7 fois supérieure à celle de la population française (pour des hommes d'âges comparables) et pour le cancer du larynx 2,5 fois supérieure. Il est important de signaler que ces chiffres bruts sous-évaluent l'excès car ils ne tiennent pas compte de facteurs comme la sélection à l'embauche. Le plus important cependant est de souligner que depuis cette date, les experts CEA/IPSN/COGEMA ont publié de nouveaux articles sur cette étude mais les commentaires portent toujours **sur le bilan au 31 décembre 1985!** Les publications plus récentes reprennent les anciennes données (en les remaniant au mépris des règles de base de l'épidémiologie) mais n'incluent pas les résultats des années suivantes. **Les cancers qui sont nécessairement apparus depuis ne sont toujours pas comptabilisés : cela fait 16 ans !** La seule explication plausible, écrivait Roger Belbéoch en 1993, est de ne pas rendre publics des résultats particulièrement dramatiques concernant les cancers professionnels chez les mineurs d'uranium français. En effet, le traitement des données disponibles (jusqu'en 1985 seulement) fait apparaître un excès de cancer très supérieur à celui publié par les organismes publics : si l'on considère l'ensemble des mineurs décédés d'un cancer, la probabilité que leur cancer soit d'origine professionnelle est de 67%, la probabilité passe à 80% s'il s'agit d'un cancer des os ou des poumons, à 82% s'il s'agit d'un cancer du larynx.

Autrement dit « la plupart des décès par cancer chez les mineurs d'uranium auraient pour origine leur activité professionnelle. Quel que soit le type de cancer, la présomption est très forte qu'un décès par cancer soit dû au travail au fond des mines. Combien de ces décès ont-ils été reconnus comme ayant une origine professionnelle et indemnisés en tant que tels ? »

L'étude a désormais été insérée dans un corpus plus large, une « méta étude » destinée à évaluer, au niveau mondial, les risques liés au radon dans les habitations ! On passe de l'exposition professionnelle à l'exposition domestique, d'un risque spécifique pour lequel on disposait d'ores et déjà de résultats extrêmement probants à un tout autre domaine dans lequel le cas particulier des mineurs français sera totalement dissous.

Aucun prix Nobel n'est monté au créneau pour défendre le droit des mineurs français à la vérité et à la reconnaissance du caractère professionnel de leur maladie. Leurs familles attendent toujours, dans l'indifférence générale, la réparation qui leur est due.

Les experts officiels se sont exprimés à de nombreuses reprises depuis 1986, affirmant de façon péremptoire que l'accident de Tchernobyl ne pourrait avoir aucune conséquence en France et qu'il serait, de toutes façons, impossible de voir quoi que ce soit. Il est nécessaire de considérer ces affirmations à la lumière de l'étude sur les mineurs d'uranium. En France, le dossier des effets des faibles doses de rayonnement reste un dossier étroitement contrôlé.

Page 8

De même, l'IPSN n'a jamais publié l'étude radioécologique spécifique qu'il avait réalisé en 1986 sur la vallée du Tavignano, en Corse. Or ce dossier pourrait éclairer les observations faites sur l'augmentation des pathologies thyroïdiennes en Corse après Tchernobyl.

Page 11 : Le cas de la petite Angélique (Corse)

« Pour le CEA, une atteinte de la fonction thyroïdienne ne peut se manifester qu'au-delà d'une dose de 2,5 Sv. J'en conclus qu'Angélique a reçu au moins cette dose. (Dr Fauconnier) ».

Page 13

Pour répondre à une rumeur sur l'augmentation des cancers de la thyroïde en région PACA, des scientifiques de l'IPSN ont effectué une étude.

Un revirement étonnant se produisait dans les jours suivants. Le dossier remontait à la DGS et renseignements pris, les chiffres étaient démentis : durant la période 1984/1991, il n'y aurait pas 3 mais 12 cancers de la

thyroïde. Le Pr Bernard, responsable du registre des cancers de l'enfant à Marseille, qui avait communiqué ses chiffres à l'IPSN n'aurait pas actualisé ses données. Annie Sugier (IPSN), responsable de l'étude, a indiqué que le registre était agréé par la DGS et l'INSERM et qu'elle ne pouvait pas penser qu'il n'était pas à jour. Lorsqu'elle a voulu poursuivre son travail de recherche, elle indique que « La DGS m'a dit de partir dans une autre direction. J'ai demandé laquelle. Je n'ai pas encore eu de réponse. » (Janvier 98, Viva). Ces déclarations successives ont laissé un sentiment de malaise d'autant qu'un défaut d'actualisation sur les données les plus récentes peut se comprendre mais est plus difficile à imaginer sur des données anciennes.

Page 18 : Critique de l'étude de faisabilité de l'IPSN – InVS

Le rapport « Evaluation des conséquences sanitaires de l'accident de Tchernobyl en France : dispositif de surveillance épidémiologique, état des connaissances, évaluation des risques et perspectives », P. VERGER et L. CHERIE-CHALLINE, Rapport IPSN-InVS ref. IPSN/-15a, décembre 2000 » établi par l'Institut de veille sanitaire (InVS) et l'Institut de protection et de sûreté nucléaire (IPSN) pour la DGS devait « discuter la pertinence et la faisabilité des approches épidémiologiques qui pourraient être envisagées pour tenter de répondre aux questions que se posent les autorités et le public quant aux conséquences sanitaires de l'accident de Tchernobyl ».

Les auteurs du rapport concluent que l'excès de cancer de la thyroïde chez les enfants qui résidaient dans l'Est de la France et qui avaient moins de 15 ans au moment de l'accident de Tchernobyl est donc « inférieur aux incertitudes sur l'estimation du nombre de cancers spontanés et n'est a priori pas détectable ».

L'excès de cancers de la thyroïde attendu du fait de la contamination de Tchernobyl est en effet compris, d'après l'IPSN-InVS, entre 7 et 55 pour la période 1991-2015 (soit 25 ans) alors que pendant la même période et dans le même groupe de population, le nombre estimé de cancers de la thyroïde spontanés est de 899 +/- 60.

L'étude sera d'autant plus difficile que les auteurs du rapport précisent, en outre, qu'il est possible que l'excès de risque soit nul, c'est-à-dire que Tchernobyl ne provoque aucun cancer de la thyroïde en France. Une analyse critique du rapport demanderait de longs développements. Nous nous contenterons de trois remarques :

Première remarque à propos des modèles retenus pour les évaluations de risque.

L'évaluation de 7 à 55 cancers sur 25 ans est fondée sur une relation linéaire sans seuil entre l'effet et la dose, ce qui est conforme aux règles actuelles de radioprotection.

L'IPSN et l'InVS précisent cependant dans leur rapport : « L'hypothèse de la relation dose-effet linéaire sans seuil n'étant pas démontrée au plan scientifique, il est aussi possible que l'excès de risque réel de cancer de la thyroïde aux niveaux de dose considérés soit **nul** ». Et encore : « la linéarité et l'absence de seuil aux doses inférieures à 100 mGy à la thyroïde constituent, en l'état actuel des connaissances, des hypothèses **prudentes** (...) »

Ces commentaires ne sont pas conformes aux recommandations de la CIPR qui fondent notre système de radioprotection. En 1977, la CIPR retenait une relation linéaire sans seuil mais la qualifiait, effectivement, d'approche « **prudente** ». **Ce n'est plus le cas dans les recommandations de 1990** qui servent de base à la directive EURATOM 96/29 (qui elle-même devait être transposée en droit français avant le 13 mai 2000). La CIPR indique clairement dans sa publication n°60 que **c'est l'existence d'un seuil qui est improbable et non l'inverse. La relation linéaire sans seuil est la relation la plus probable, et non la plus prudente, en l'état de nos connaissances :**

Ainsi, de deux choses l'une :

- soit les auteurs du rapport s'en tiennent à la réglementation (relation linéaire sans seuil) ;

- soit ils invoquent d'autres approches et, dans ce cas, ils ne peuvent invoquer uniquement **le modèle à seuil** (qui implique un risque nul aux faibles doses).

Ils doivent également évaluer l'excès de cancer en fonction de la **relation dite supra-linéaire** qui admet aux faibles doses une efficacité accrue par unité de dose (ce qui donnera un nombre de cancers radio-induits supérieur à la fourchette 7 - 55). Cette relation supra-linéaire n'est pas un concept théorique : elle est déduite de différentes expérimentations.

Il faut noter que la position de l'IPSN et de l'InVS n'est pas singulière dans le paysage des services officiels français. Les experts ont toujours refusé les principes et règles qui régissent la protection contre les **faibles doses** de rayonnement. Ce refus quasi viscéral s'est souvent traduit par des actes à la limite de la légalité. Nous ne citerons qu'une anecdote : la traduction orientée des recommandations de la CIPR. L'une des phrases clef de la CIPR n°60 de 1990 précise les caractéristiques des effets stochastiques (cancers notamment) par rapport aux effets déterministes : « **On the other hand, stochastic effects cannot be completely avoided because no thresholds can be invoked for them.** » Ce que l'on peut traduire par : « Par contre, les effets stochastiques ne peuvent pas être totalement évités **parce qu'aucun seuil ne peut être invoqué pour eux** ».

La traduction française du texte de la CIPR est sensiblement différente : « Quant aux effets stochastiques, ils ne peuvent pas être complètement évités **SI** l'on retient l'absence de seuils pour eux. ». Ce qui est une **affirmation dans la version originale** devient une **hypothèse dans la traduction**. Et cette hypothèse devient pour les experts français (c'est le cas dans ce rapport) une **hypothèse prudente**. Le lecteur appréciera la nuance... et la moralité du procédé.

Cette traduction est parue aux éditions Pergamon press. Elle a été « supervisée par H. Jammet, Vice-président de la CIPR ». M. Jammet est français. Il précise dans son introduction : « **cette édition en langue française n'aurait pu paraître sans le soutien financier du comité opérationnel de radioprotection comprenant les exploitants nucléaires (CEA, COGEMA, EDF) et l'IPSN (...).** »

Deuxième remarque sur les niveaux de contamination de l'environnement pris en compte pour les calculs. Page 19.

Les évaluations de dose reposent sur les évaluations des niveaux de contamination de l'environnement effectuées par l'IPSN en 1997 à la demande de la DSIN et de la DGS. Ces évaluations, publiées par EDP Sciences en 1999 sont sous-évaluées et critiquables car elles reposent en large partie sur les chiffres SCPRI de 1986 (ainsi l'évaluation des retombées radioactives avec des valeurs présentées comme des moyennes régionales). Les chiffres du SCPRI ont été repris sans analyse critique préalable. Le travail de l'IPSN aboutit ainsi à des résultats surprenants : le département des Alpes de Haute Provence, qui est d'après les évaluations du laboratoire de la CRIIRAD, l'un des plus contaminés de France, apparaît comme appartenant à la zone II (dépôts de césium 137 compris entre 1500 et 3000 Bq/m²) !

Dans le rapport de décembre 2000, il est fait référence à 184 communes « où les pluies ont été abondantes » début mai 1986, c'est-à-dire « supérieures à 40 mm ». Ces secteurs sont présentés comme des « zones localisées », des « tâches radioactives » et ne sont pas pris en compte dans l'évaluation. Ils feront, le cas échéant, l'objet d'études ultérieures.

Or, les zones de forte contamination ne peuvent pas être réduites à de simples tâches localisées. L'évaluation de la contamination et par voie de conséquence des risques encourus par les populations doit tout prendre en compte: les zones épargnées par les retombées de Tchernobyl, comme celles qui ont été très touchées (et qui ne se limitent pas d'ailleurs aux zones où la pluviosité excède 40 mm).

Troisième remarque concernant l'évaluation des doses et notamment les régimes alimentaires pris en compte pour les calculs. Page 20.

La prise en compte des groupes à risque pose également problème. Pour ne considérer que le facteur régime alimentaire, on relève que l'IPSN a fondé ses calculs sur le fait que 0,2% de la population consomme 0,2 à 0,3 litre de lait de chèvre par jour (soit 4 500 consommateurs de moins de 15 ans sur la zone I comprenant un tiers est de la France). Ces consommations ne correspondent pas du tout aux habitudes printanières de la population rurale Corse. Elles ne prennent pas non plus en compte le fromage frais. Il faut noter, à cet égard, que les évaluations de dose de l'IPSN ont fluctué dans le temps:

► **en 1986** : la dose reçue par la thyroïde de l'individu **le plus exposé** est évaluée à **2,5 mSv** (0,075 mSv en dose efficace due à l'iode) ;

► **en 1996**, la dose moyenne à la thyroïde d'un enfant est évaluée à 1,6 mSv, avec une fourchette allant de 0,5 à **3,4 mSv**. L'IPSN ne considère pas les groupes à risque mais le texte précise que d'après l'**UNSCEAR** (Nations-Unies), il est possible que des individus appartenant aux groupes à risque aient encaissé des doses plus importantes, jusqu'à **50 mSv**.

► **en 1997** : la dose maximale (reçue par les enfants de 5 ans des zones orientales) passe à **16 mSv** (fourchette de 6,5 à 16 mSv). Dans un paragraphe sur les expositions maximales, en réponse aux travaux de la CRIIRAD et du docteur FAUCONNIER, l'IPSN évoque le cas des enfants corses et envisage une dose de **70 mSv** à la thyroïde pour une consommation de **20 cl de lait par jour**. Soit une multiplication par plus de 28 de l'évaluation de 1986. Le texte précise que « Des scénarios encore plus pénalisants et d'autant moins vraisemblables ont été envisagés après l'accident de Tchernobyl. Certains conduisent à des doses équivalentes à la thyroïde supérieures à 100 mSv. »

► **en 2000**, pour l'évaluation sanitaire demandée par la DGS, la dose maximale à la thyroïde a été affinée et revue à la baisse : elle est de **9,8 mSv** (+/- 3,2) pour les enfants de 1 an et de **5,9 mSv** (+/-1,9) pour les enfants de 5 ans (soit une division par 2). L'IPSN indique qu'il estimera ultérieurement le cas des 184 communes qui ont reçu des hauteurs de pluie supérieures à 40 mm.

La dose reçue par un enfant de 1 an qui aurait été alimenté exclusivement en lait de chèvre (200 g/jour) serait de 214 mSv. Considérant que les buveurs de lait de chèvre sont rares et sont de plus des buveurs occasionnels, l'IPSN indique **qu'il « est donc peu probable que les valeurs maximales utilisées pour les besoins de l'étude de sensibilité correspondent à la réalité. »**

Or, nous avons démontré dans la deuxième partie de la présente plainte que de nombreuses familles corses ont reçu des doses de cet ordre, voire même des doses nettement supérieures. La **réalité** des expositions est supérieure à ce que l'IPSN qualifie de « **peu probable** ». Sur la base de l'analyse critique du rapport IPSN-InVS, on peut considérer que les difficultés pour mettre en évidence un excès de cancers radio-induits sont réelles mais certainement surévaluées.

Chapitre 2

INFORMATIONS COMPLEMENTAIRES SUR LES ASPECTS REGLEMENTAIRES (NIVEAUX D'INTERVENTION)

Une critique importante mentionnée dans la plainte contre X a été la non-utilisation des recommandations internationales de l'époque par les autorités françaises pour la mise en œuvre de contre-mesures en cas d'accident (mise à l'abri, évacuation, distribution d'iode stable...). Il est donc important de rappeler les textes réglementaires et les recommandations en vigueur avant et après 1986. Ce point a fait l'objet d'une présentation au groupe dont les discussions sont reprises au chapitre 4.

Il faut tout d'abord rappeler qu'il existe deux types de « limitation » dans les mesures à prendre à l'égard des expositions aux rayonnements : celles relevant des expositions dues au fonctionnement normal des installations nucléaires et celles relevant des expositions exceptionnelles dues à des situations accidentelles. C'est à cette seconde situation d'exposition que l'accident de Tchernobyl doit faire référence.

Dans le cas d'exposition due à un accident, des valeurs de référence appelées niveaux d'intervention permettent d'aider les autorités dans la prise de décision pour la protection des populations en cas d'exposition ou de risque d'exposition. Il est important de faire remarquer que les niveaux d'intervention sont des valeurs guides destinées aux gestionnaires de crise dans la mise en œuvre de contre-mesures.

1. LES NIVEAUX D'INTERVENTION DEFINIS AVANT LE 26 AVRIL 1986

Au 26 avril 1986, il y avait quatre textes de référence qui traitaient de l'urgence radiologique et des niveaux d'intervention -référencés (23), (24), (25) et (26) dans la liste des références bibliographiques. Dans la gestion de la crise due à l'accident de Tchernobyl en France, c'est la gestion de la contamination des produits alimentaires qui a été la plus critiquée, c'est donc sur les niveaux d'intervention concernant les produits alimentaires que nous nous focaliserons.

► Planning for off-site response to radiation accidents in nuclear facilities – Safety Series n° 55 AIEA (1981) [23]

Dans ce rapport établi pour l'AIEA par un groupe d'experts internationaux dont deux experts de l'IPSN, il est fait référence aux niveaux d'intervention pratiqués par 4 pays : la France, l'Allemagne, la Grande-Bretagne et les Etats-Unis d'Amérique. Il ressort que :

- a) La France n'avait pas *a priori* défini des niveaux d'intervention considérant que l'application de niveaux d'intervention dépend des caractéristiques de chaque site et de chaque situation accidentelle. Il s'agissait donc de définir au cas par cas, les niveaux d'intervention en fonction des caractéristiques particulières de chaque situation accidentelle.
- b) L'Allemagne avait en 1981 défini des niveaux d'intervention (décret radioprotection du 13/10/1976) au-dessus desquels il était nécessaire de prendre des mesures pour protéger la population, notamment en regard du risque d'exposition de la thyroïde.
 - le confinement pour des projections de dose à la thyroïde inférieures à 250 mSv,
 - la distribution d'iode stable pour des projections de dose comprises entre 250 mSv et 5 Sv et l'évacuation au-delà de 5 Sv,

- un niveau d'intervention dérivé, exprimé en activité atmosphérique d'iode 131, fixé à $0,035 \text{ Ci.s.m}^{-3}$ (soit l'équivalent de $15\ 000 \text{ Bq.m}^{-3}$ pour une persistance de 24 heures ou de $30\ 000 \text{ Bq.m}^{-3}$ pour une persistance de 12 heures, etc.) pour la distribution d'iode stable aux enfants.
- c) La Grande-Bretagne comme l'Allemagne avait défini des niveaux d'intervention au-dessus desquels, il était nécessaire de prendre des mesures pour protéger les populations. De la même façon, la Grande-Bretagne avait défini des valeurs dérivées concernant l'activité de l'iode, mais aussi du césium 137 et des strontiums 89 et 90 dans l'atmosphère, à la fois pour l'enfant et pour l'adulte. Notons la forte valeur de ce niveau dérivé ($0,104 \text{ Ci.s.m}^{-3}$) équivalent à $45\ 000 \text{ Bq.m}^{-3}$ avec une persistance de 24 heures.

Des niveaux dérivés pour la contamination du lait 9250 Bq/l ($0,25 \mu\text{Ci/l}$) et pour les dépôts au sol (herbe) $74\ 000 \text{ Bq/m}^2$ sont indiqués dans ce rapport.

Il est à noter que le rapport AEN-1987 [35] fait référence pour la Grande Bretagne à « un niveau inférieur dérivé de référence pour le lait frais » de 2000 Bq/l (iode 131) en faisant référence à la « norme » NRPB DL-10 de mars 1986⁽³⁸⁾.

Dans le rapport NRPB-R182 de mars 1986, édité un mois avant l'accident de Tchernobyl⁽³⁷⁾, le NRPB donne un ensemble de « données radiologiques utiles » relatives aux situations d'urgence pour les installations nucléaires civiles. Dans ce rapport, le NRPB rappelle en cohérence avec la publication CIPR n°40 qu'il recommande d'appliquer les niveaux d'intervention de 50 et 500 mSv en termes de dose à la thyroïde, le niveau de 50 mSv s'appliquant pour les enfants et les femmes enceintes. Le NRPB rappelle dans ce rapport qu'il s'agit de 1 à 10 limites de dose pour le public spécifiées dans la directive européenne 80/836. Ces niveaux d'intervention se traduisent, dans des conditions bien précises, par l'interdiction de la commercialisation du lait contaminé à plus de $20\ 000 \text{ Bq/l}$ (2000 Bq/l pour les enfants), c'est-à-dire le lait provenant de prairie contaminées à plus de $130\ 000 \text{ Bq/m}^2$ (ou $13\ 000 \text{ Bq/m}^2$). A noter que ces recommandations s'accompagnent d'une remarque de bon sens : « Careful and informed judgement is thus required.... ».

- d) Les Etats-Unis avaient comme l'Allemagne et la Grande-Bretagne des niveaux d'intervention pour la population générale exprimés en dose, relatifs à la phase d'urgence d'une situation accidentelle (10 à 20 mSv au corps entier et 50 à 250 mSv pour la thyroïde), la valeur basse étant indiquée pour les éléments sensibles de la population, par exemple les enfants et les femmes enceintes.

► Protection of the Public in the event of a Major Radiation Accidents : principles for planning-Annals of ICRP n° 40 (1984) [24]

La "CIPR 40" était en 1986 le document de référence pour ce qui relevait de la conduite à tenir en situation accidentelle et en matière de niveaux d'intervention. Le document propose un intervalle de dose dont la valeur basse était la valeur en dessous de laquelle, une mesure de protection (confinement, évacuation, distribution d'iode stable) n'était pas obligatoire; et dont la valeur haute était la valeur au-dessus de laquelle, une mesure palliative devait être presque certainement prise. Entre ces deux valeurs, la décision ou non de prendre la mesure palliative dépend de la situation, des conséquences négatives qui peuvent être associées à la mesure. Les intervalles de dose, faisant office de niveaux d'intervention sont rappelés dans le tableau ci-dessous. Il faut remarquer que ces intervalles de dose très larges, entraînaient certaines difficultés d'application.

En 1991, la CIPR a révisé les niveaux d'intervention [36]. Dans le paragraphe 7 du rapport n° 63, la CIPR (Summary of recommended intervention levels) indique comme niveau d'intervention concernant le retrait des produits alimentaires du circuit de la consommation, une dose efficace annuelle de 10 mSv : c'est à dire que la consommation de produits alimentaires contaminés à la suite d'un accident était tolérable si elle n'induisait pas une dose efficace, l'année suivant l'accident, supérieure à 10 mSv. La CIPR y ajoutait une recommandation de niveau optimisé pour la consommation de 1000 à 10 000 Bq/kg pour la contamination par des émetteurs β, γ et de 10 à 100 Bq/kg pour la contamination des aliments par des émetteurs α . Il est bien évident dans l'esprit de la CIPR que si des contre-mesures raisonnables permettent de ramener les doses aux populations en dessous de ces niveaux, elles doivent être mises en œuvre.

Il faut rappeler que les niveaux de commercialisation sont calculés avec l'hypothèse d'une consommation durant une année complète. Des niveaux dérivés d'intervention pour les produits alimentaires n'existaient pas en 1986 en dehors des niveaux figurant dans certaines réglementations nationales.

	Dose équivalente (mSv), la première année	
	Dose à l'organisme entier	Dose à l'organe critique
Confinement et distribution d'iode stable	5-50	50-500 (thyroïde)
Evacuation	50-500	500-5000
Contrôle des denrées Alimentaires	5-50	50-500
Relogement	50-500	/

► **Directive du Conseil, du 15 juillet 1980 – 80/836 Euratom** [25]

Le 15 juillet 1980, la Commission Européenne a publié une directive fixant les normes de base relatives à la protection sanitaire de la population et des travailleurs contre les dangers résultants des rayonnements ionisants. Dans l'article 45, alinéa 4 de cette Directive, il est écrit « ...Chaque état membre prévoit pour le cas où se produirait un accident » :

- i. des niveaux d'intervention ainsi que les mesures à prendre par les autorités compétentes et les modalités de surveillance à l'égard des groupes de population susceptibles de recevoir une dose supérieure aux limites de dose fixées à l'article 12 (soit 5 mSv/an à l'organisme entier, 50 mSv/an à l'organe le plus exposé, 30 mSv au cristallin)
- ii. les moyens d'intervention, personnel et matériel, nécessaires à la sauvegarde et au maintien de la santé des populations. S'il y a lieu, ces mesures peuvent être prises par un état membre conjointement avec d'autres états membres.

A noter que contrairement aux autres textes qui avaient un caractère de recommandation, ce texte impliquait (article 46) que les « Etats membres [...] prennent les mesures nécessaires pour se conformer à la présente directive dans un délai de 4 ans à compter du 3 juin 1980 ».

► **Critères de radioprotection pour limiter l'exposition du public (juillet 1982)**
[26]

Ce texte est un « guide de niveaux de dose de référence établi par le groupe d'experts institué par les experts européens de l'article 31 du Traité Euratom ». Deux experts de l'IPSN y ont participé.

Il est à noter que ce document, qui n'a qu'un caractère de recommandation, peut apparaître en contradiction avec la directive européenne 80/836 Euratom. « Il fixe les niveaux de dose qui établissent le système à fourchette proposé pour les doses de référence d'urgence. La dose inférieure est celle à laquelle la contre-mesure doit être envisagée ; la dose supérieure est celle à laquelle on s'attend à ce que la contre-mesure ait été mise en œuvre, sauf dans des circonstances exceptionnelles [...] ».

	Niveau inférieur			Niveau supérieur		
Évacuation	100	300	1 000	500	1 500	3 000
Distribution d'iode stable	/	50 *	/	/	250	/
Confinement	5	50	50	25	250	250
	Organisme entier	Organe dont thyroïde	Peau	Organisme entier	Organe dont thyroïde	Peau

(Niveaux d'intervention en mSv)

* Il est à noter à la page 12 du texte, concernant la distribution d'iode stable : « [...] il est moins dangereux d'administrer de l'iode stable que de ne pas le faire pour des doses potentielles à la thyroïde dépassant quelques dizaines de mSv [...] ».

Concernant la contamination des produits alimentaires, on peut y lire :

« L'activité de l'iode dans le lait est maximale 24 heures environ après un rejet unique de sorte qu'une décision concernant le lait est beaucoup plus urgente que pour les autres denrées alimentaires. [...] En général, l'arrêt de la distribution de lait frais ne devrait guère comporter d'inconvénient majeur et il pourrait être indiqué d'interdire la consommation de lait afin de ne pas dépasser la limite de dose annuelle pour les membres du public ».

2. LES NIVEAUX D'INTERVENTION DEFINIS APRES LE 26 AVRIL 1986

Les recommandations de la CCE et de l'OMS

C'est dans le contexte de l'accident de Tchernobyl qu'un groupe d'experts s'est réuni à Bruxelles le 2 mai 1986 pour définir des recommandations sur la « coordination des mesures nationales prises à l'égard des produits agricoles suite aux retombées radioactives provenant d'Union Soviétique » et qu'un autre groupe d'experts (dont 2 experts français) s'est réuni à Copenhague le 6 mai 1986 pour faire un bilan sur les premières conséquences de l'accident et faire des recommandations en particulier sur les niveaux de contamination pour la commercialisation des produits alimentaires.

1) Les recommandations de la CCE [28, 30, 31, 32, 33]

Le 6 mai 1986, la CCE a recommandé aux états membres d'appliquer aux produits qu'ils exportent les mêmes règles et contrôles que ceux appliqués pour la commercialisation sur leur marché national et de veiller à ce que les tolérances maximums soient respectées pour la commercialisation sur leur propre marché :

6 mai 1986	Laits et produits laitiers	500 Bq/kg
16 mai 1986	Laits et produits laitiers	250 Bq/kg
26 mai 1986	Laits et produits laitiers	125 Bq/kg

A noter que ce texte ne spécifie pas la nature des radionucléides (émetteurs β , γ , émetteurs α) ou s'il s'agit d'une activité totale.

2) Les recommandations de l'OMS [27]

Le rapport émis par l'OMS à la suite de la réunion du 6 mai 1986, montre le peu d'informations alors disponibles, à la fois en provenance d'Union Soviétique, mais aussi en provenance des pays européens. Ce rapport fait état d'un niveau d'intervention concernant la contamination du lait par l'iode 131 de 2000 Bq/l, niveau d'intervention qui serait déjà utilisé par plusieurs pays en Europe^(37,38).

"For example, in some countries, 2000 Bq/l is used as an action level for iodine 131 in milk (this level will cause an effective dose equivalent to 0,4 mSv per litre of milk ingested by a child). In other countries a lower value of 500 Bq/l is used, but is then applied to blended dairy milk, which does not show as high concentrations as milk from single farms. The higher action level presents a risk to the most exposed infants, the lower level is intended to prevent a lower risk to become the average risk in a larger population".

Il faut remarquer que cette valeur de 2000 Bq/l n'est pas incohérente avec celle de 500 Bq/l ; en effet le texte de l'OMS spécifie que la valeur de 2000 Bq/l s'applique à un lait vendu frais destiné à être commercialisé via une coopérative, c'est à dire destiné à être mélangé avec des laits d'autres origines, alors que la valeur de 500 Bq/l s'applique à un lait frais directement vendu au consommateur.

Ce rapport n'est pas considéré comme officiel et véhiculant un avis de l'OMS.

3) La réglementation européenne

Le règlement du 30 mai 1986, n° 1707/86, sans aucune référence à la recommandation du 6 mai 1986, fixe la limite de contamination pour les importations de pays tiers de lait et de produits laitiers destinés à l'alimentation des nourrissons (4 à 6 premiers mois), à 370 Bq/kg pour les césiums 134 et 137 cumulés. Cette limite est de 600 Bq/kg pour les autres produits.

Le règlement Euratom 3954/87 (rev. 2218/89) du Conseil du 22/12/1987 fixe des niveaux admissibles de contamination radioactive pour les denrées alimentaires et les aliments pour le bétail après un accident nucléaire ou dans toute autre situation d'urgence radiologique :

	Aliments pour nourrissons	Produits laitiers	Autres denrées alimentaires	Boissons
Isotopes du strontium (^{90}Sr)	75	125	750	125
Iodes radioactifs (^{131}I)	150	500	2000	500
Isotopes du plutonium et émetteurs α (^{239}Pu et ^{241}Am)	1	20	80	20
Tout isotope de période supérieure à 10 jours (^{134}Cs et ^{137}Cs)	400	1000	1250	1000

(exprimés en Bq/kg)

4) Le Codex Alimentarius

C'est en 1989, que la Commission du Codex Alimentarius (Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture et Organisation Mondiale de la Santé) a adopté les limites indicatives pour les radionucléides dans les aliments, applicables dans le commerce international à la suite d'une contamination nucléaire accidentelle. En 1989, six radionucléides faisaient l'objet d'une limitation : ^{90}Sr , ^{131}I , ^{137}Cs , ^{134}Cs , ^{239}Pu et ^{241}Am . Ces limites ont été conçues pour s'appliquer la première année après l'accident. Ensuite, la Commission du Codex a entrepris d'élaborer des limites indicatives pour d'autres radionucléides et pour une période supérieure à un an après un événement nucléaire ayant conduit à la contamination de produits alimentaires. C'est en avril 2004, que la Commission a rédigé un projet comprenant des limites indicatives pour 20 radionucléides applicables à toute situation.

Activités massiques dans les denrées alimentaires	Limites indicatives en Bq/kg
^{238}Pu , ^{239}Pu , ^{240}Pu , ^{241}Am	1
^{90}Sr , ^{106}Ru , ^{129}I , ^{131}I , ^{235}U	100
^{35}S , ^{60}Co , ^{89}Sr , ^{103}Ru , ^{134}Cs , ^{137}Cs , ^{144}Ce , ^{192}Ir	1000
^3H , ^{14}C , ^{99}Tc	10 000

Notons que ces limites ont été calculées sur la base d'une dose efficace annuelle de 10 mSv pour une consommation exclusive de produits contaminés par du césium 134 et pour l'adulte. La Commission du Codex Alimentarius a estimé que, pour un pays donné, seul 10% des produits consommés devait provenir d'une zone où apparaissait ou subsistait une contamination, la première année après l'accident. Par la suite, la Commission du CA a estimé que seul 0,01 à 0,1 % des produits consommés provenait d'une zone productrice de produits contaminés. La dose efficace annuelle de référence est donc de 1 mSv la première année et entre 10 et 1 μSv les années suivantes.

CHAPITRE 3

INFORMATIONS COMPLEMENTAIRES SUR L'HISTORIQUE DES CARTES PUBLIEES PAR LES DIFFERENTS INTERVENANTS

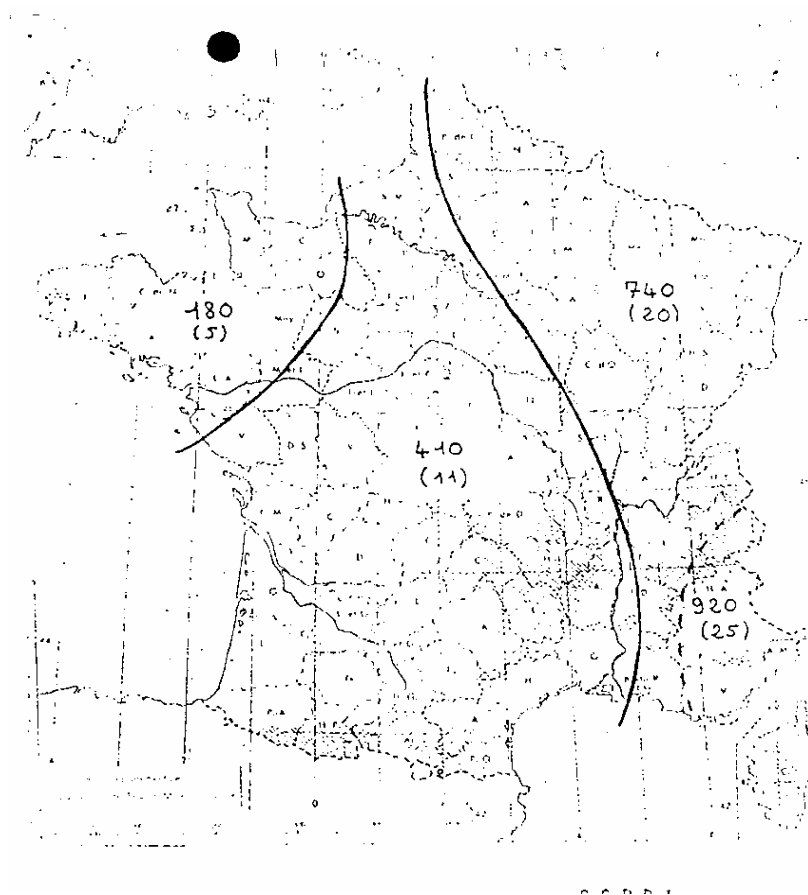
La représentation des niveaux de contamination des sols constitue un élément clé des débats sur la gestion de la crise qui a fait suite à l'accident de Tchernobyl. Il est donc utile de faire l'historique des cartes de dépôts de césium 137 sur les sols publiées par les différents intervenants français à la suite des retombées radioactives de l'accident de Tchernobyl.

Les cartes produites par l'IPSN ne représentaient pas un outil pour la prise de décision en termes d'actions de protection puisqu'elles n'ont été réalisées qu'à la fin des années 90, mais une représentation des résultats de ses études.

La cartographie de la contamination par le césium 137 du territoire français dans l'Atlas Européen publié en 2000 par la Direction Générale de la Recherche de la Commission Européenne, a constitué un sujet de polémique du fait des niveaux de contamination très faibles indiqués sur l'ensemble du territoire français et notamment dans les zones les plus touchées par les retombées. En réponse à la polémique déclenchée par la CRIIRAD, l'IPSN, dans ses échanges avec les éditeurs de l'Atlas, tout comme lors des interventions publiques de ses experts, a souligné n'avoir transmis aucune donnée à la Commission Européenne pour l'établissement de cet Atlas – ce qui était un dysfonctionnement regrettable – et s'était engagé à établir une nouvelle carte utilisant l'ensemble des données pertinentes dont il disposait. Ce qu'il a fait et qui est reproduit sur les cartes figurant dans le rapport publié lors du 17^{ème} anniversaire de l'accident de Tchernobyl¹⁵.

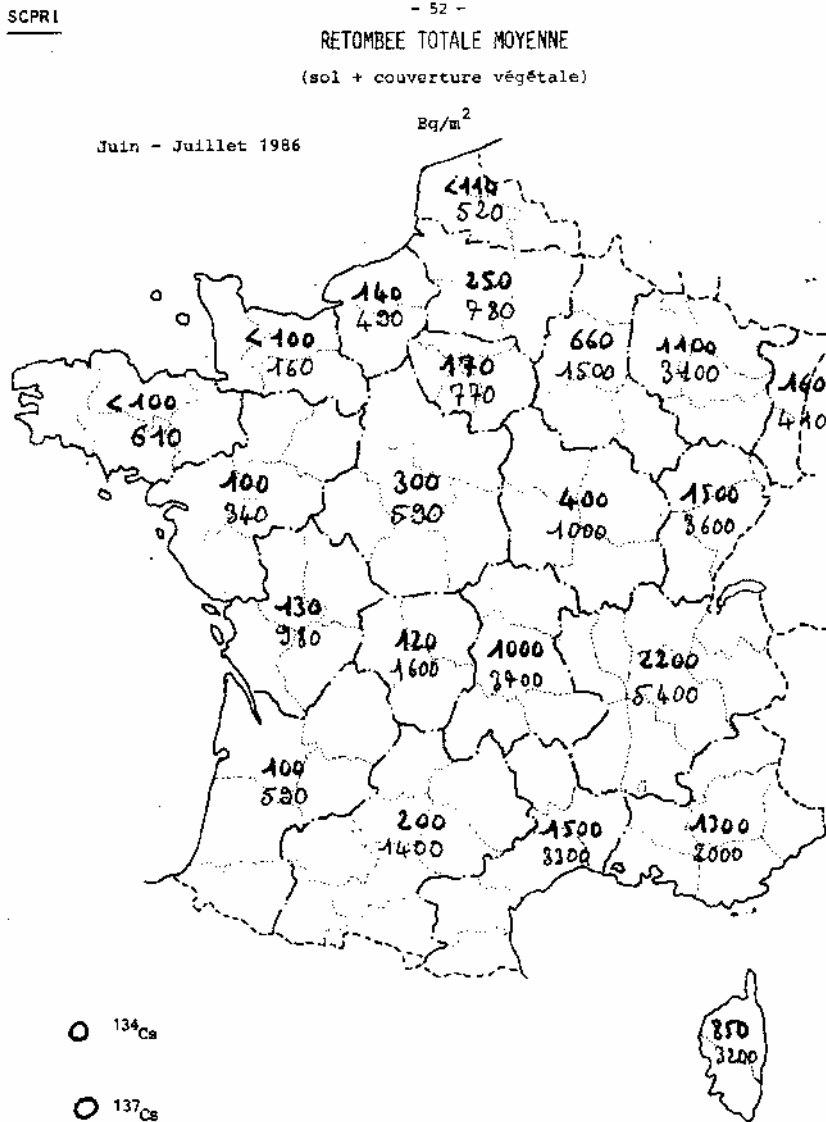
¹⁵ Déclaration de Annie Sugier, directrice de la protection à l'IPSN, à la journée d'information scientifique sur les conséquences de l'accident de Tchernobyl, en Corse le 31 janvier 2002.

Carte n°1, le 7 mai 1986 - SCPRI



Cette carte est la première carte éditée pour la France après l'accident de Tchernobyl. Elle est divisée en quatre parties, un dépôt de 740 Bq/m² y est estimé sur la partie est de la France, 920 Bq/m² pour le sud-est de la France, 180 Bq/m² pour la Bretagne et la Normandie et 410 Bq/m² sur une large bande centrale. Dans les commentaires qui accompagnent cette carte, le SCPRI indique que « la surveillance de l'environnement est basée au 7 mai sur 500 résultats de mesures d'échantillons auxquels il faut ajouter 800 résultats de mesure transmis par son réseau de surveillance de la radioactivité de l'atmosphère et du rayonnement ambiant autour des différents centres nucléaires français. ». Dans son communiqué, le SCPRI indique que la radioactivité atmosphérique globale est de 800 pCi/m³ soit 30 Bq/m³ dont un quart est dû à l'iode 131.

Carte n°4, fin juin 1986 – SCPRI



Cette carte est la troisième éditée pour la France par le SCPRI, cette carte donne comme la seconde un dépôt moyen de césium 137 par région administrative. Il faut noter que les dépôts indiqués sur cette carte sont supérieurs à ceux du 7 et donc du 15 mai. Dans l'Ouest de la France (Bretagne, Pays de Loire et Normandie), cette carte indique des dépôts égaux respectivement à 610, 340 et 160 Bq/m². Les dépôts sont en augmentation dans l'Est de la France pour atteindre 5400 Bq/m² dans la région Rhône-Alpes et 2000 Bq/m² dans la région PACA et 3200 en Corse. La bande centrale présente des dépôts allant de 490 à 2700 Bq/m².

Cette carte a été présentée en septembre 1986 à l'OCDE dans le cadre de l'AEN (Agence pour l'Energie Atomique) et figure dans les publications de cet organisme.

Carte n°5, 1988 - UNSCEAR

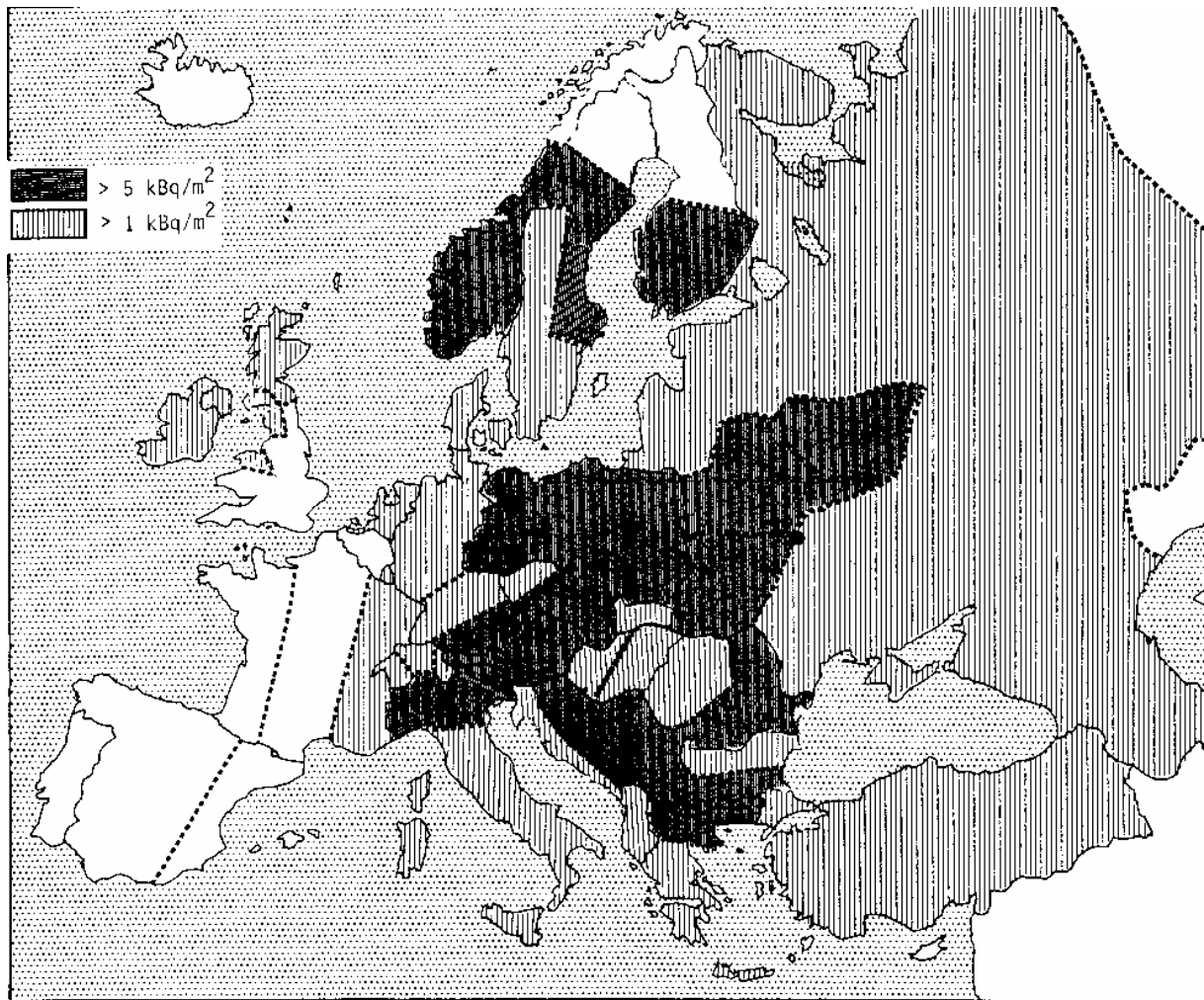
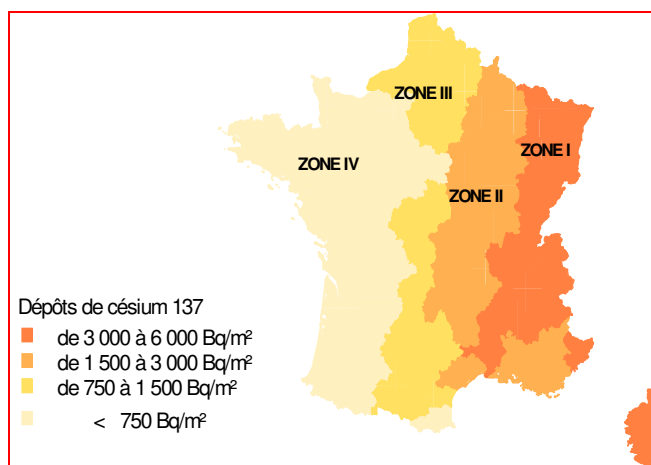


Figure VI. Average caesium-137 deposition density in countries or larger subregions in Europe.

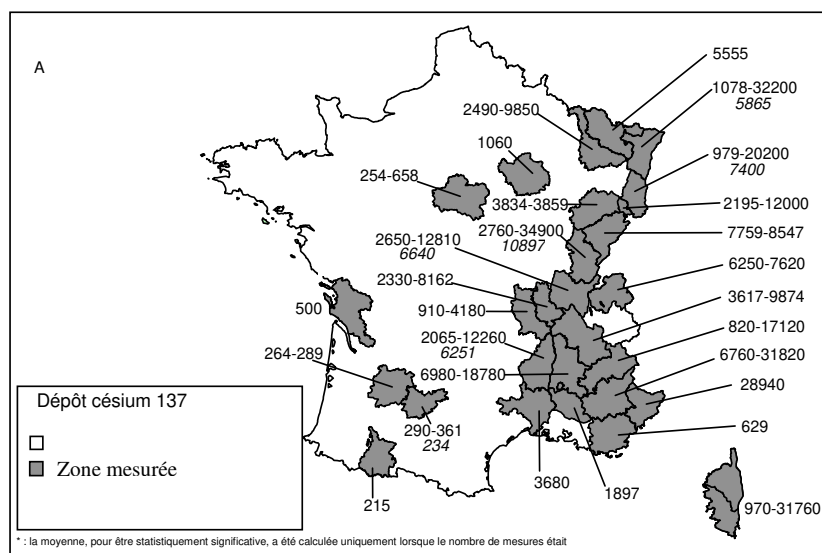
Cette carte a été publiée en 1988 dans le rapport de l'UNSCEAR pour les Nations Unies. Cette carte très schématique est en cohérence avec la carte n°4 bien que divisant la France en trois zones. La zone ouest et la zone centrale présentent des dépôts moyens inférieurs à 1000 Bq/m^2 et la zone est comprenant le sud-est et la Corse présente des dépôts compris entre 1000 et 5000 Bq/m^2 .

Carte n°6, 1997 – IPSN



Près de 9 ans après les publications de ces cartes, l'IPSN a publié une carte des dépôts moyens de césium 137 par département sur la base des résultats des mesures du césium dans le lait effectuées par le SCPRI en mai 1986. Faite à partir des mesures de lait, cette carte donne l'image des dépôts moyens de césium sur les prairies. Cette carte a été réalisée à la demande de la Direction de la Sûreté des Installations Nucléaires (DSIN) et a nécessité une modélisation assez fine permettant de passer de la contamination du lait à celle de l'herbe et de la contamination de l'herbe aux dépôts. Les dépôts indiqués sur cette carte sont cohérents avec la carte éditée par le SCPRI fin juin 1986 et figurant dans les rapports de l'OCDE et de l'UNSCEAR.

Carte 6bis, 1997 - IPSN

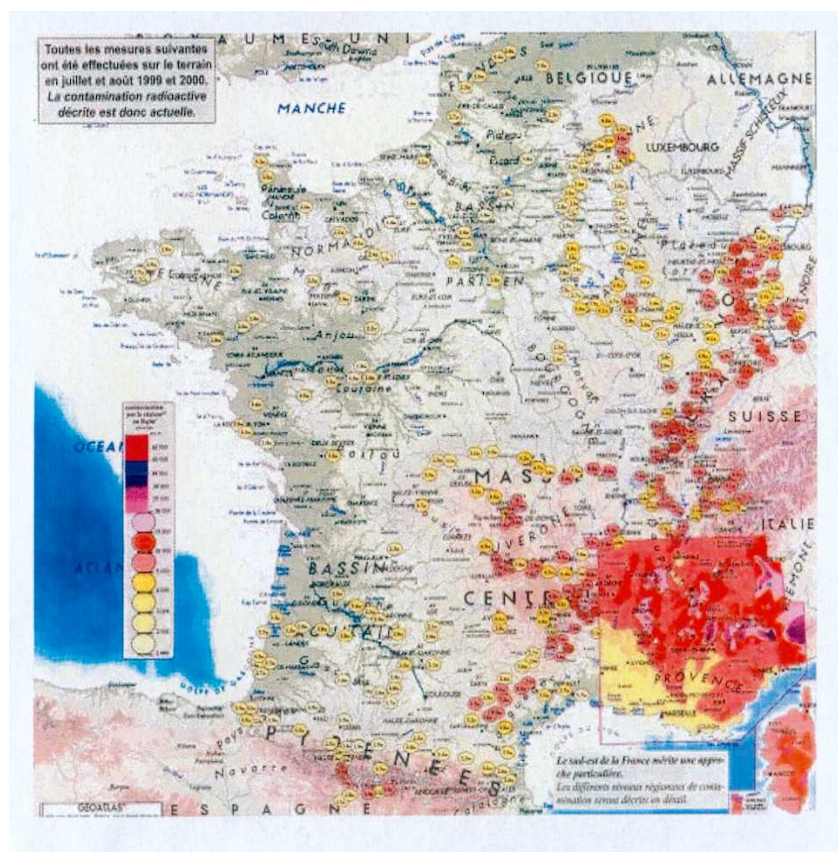


Parallèlement à la carte des dépôts régionaux moyens sur les sols agricoles reconstitués à partir des mesures de lait, l'IPSN a publié une carte de dépôts résultant de l'ensemble des campagnes de mesure de césium 137 dans les sols effectuées sur le territoire français. Les résultats des campagnes CRIIRAD sont incorporés dans cette carte qui a met en évidence les maximaux mesurés et la forte variabilité régionale des dépôts de césium.

Carte n°7, 2000 – Atlas césium édité par la Commission européenne

En 2000, la Commission Européenne a édité une carte des dépôts de césium 137 en France dans le cadre de son « Atlas européen des dépôts de césium 137 à la suite de l'accident de Tchernobyl ». Cette carte faite à partir de résultats de mesure de dépôts fournis par l'OPRI indique une répartition assez différente des cartes précédentes. Le dépôt moyen dans l'Ouest et le Nord de la France y est de moins de 1000 Bq/m² ce qui est cohérent avec les cartes SCPRI de 1986 et les cartes 1997 de l'IRSN. Par contre, le dépôt moyen en Corse y est indiqué comme inférieur à 1000 Bq/m² alors que les précédentes cartes indiquaient 3200 Bq/m² (carte SCPRI) et de 3000 à 6000 Bq/m² (carte IPSN). La plus grande partie de l'Est de la France présente un dépôt compris entre 2000 Bq/m² et 4000 Bq/m². Le Jura et les Alpes présentent un dépôt moyen de 4000 à 10000 Bq/m² et une zone réduite au sud de Belfort dépasse 10 000 Bq/m². Les dépôts moyens indiqués pour ces zones sont donnés de 1500 à 6000 Bq/m² par les cartes SCPRI et IPSN. *(Il faut noter que la comparaison avec la carte IPSN est abusive car la carte de l'Atlas est supposée présenter un dépôt moyen pour tous les types de sol et non pas pour les seuls sols agricoles).* La comparaison de cette carte avec celles du SCPRI de juin 1986 ne permet pas de noter des différences considérables.

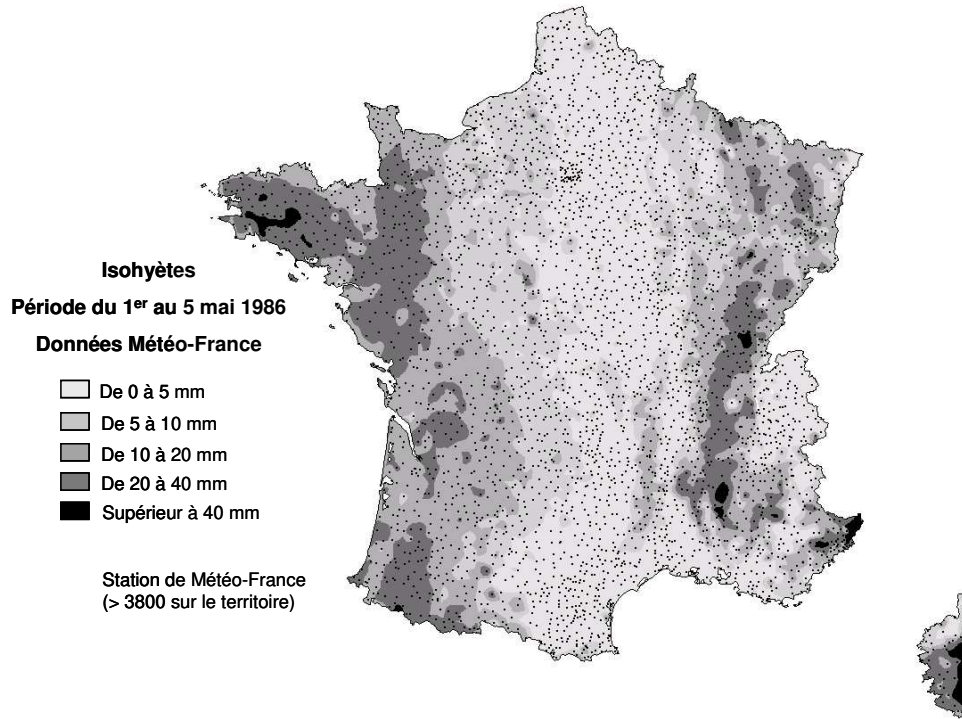
Carte n°8, 2000-2002 - CRIIRAD



De 1987 à 2000, la CRIIRAD a effectué plusieurs campagnes de mesure sur le terrain et a édité un « Atlas de la contamination des sols français par le césium 137 ». La carte éditée par la CRIIRAD est représentée dans le sud-est de la France par des iso-dépôts et dans le reste de la France par des points de différentes couleurs selon les dépôts mesurés. Cette carte indique des dépôts de 2000 à 3000 Bq/m² dans l'Ouest et le Nord

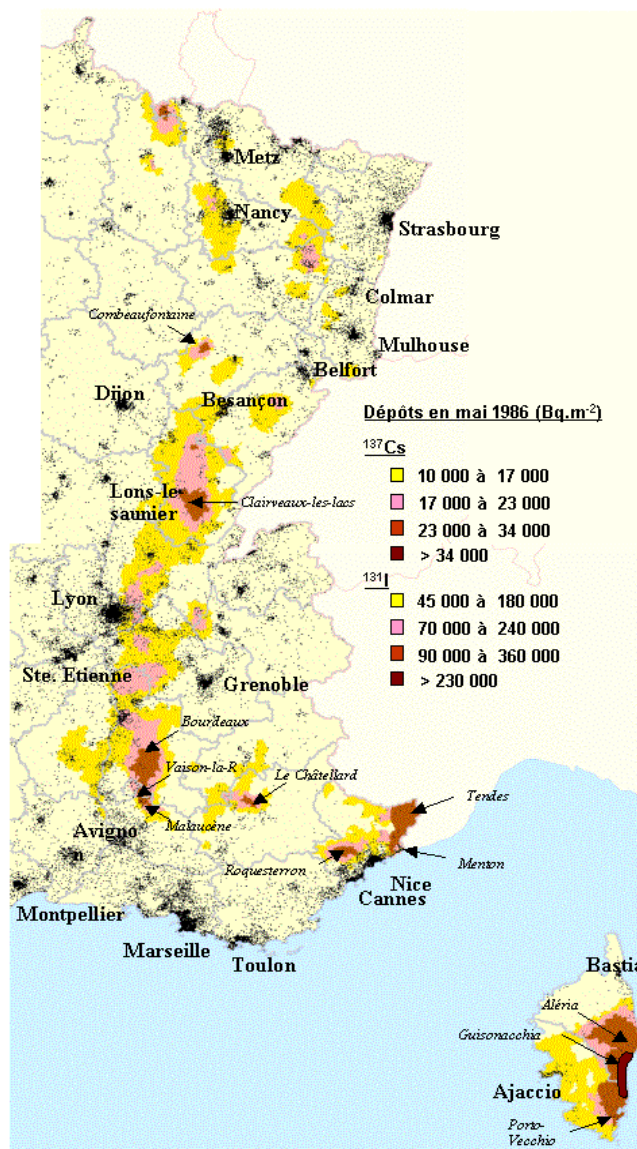
de la France alors que les cartes SCPRI et IPSN indiquent des dépôts inférieurs à 1500 Bq/m² et l'Atlas européen des dépôts inférieurs à 1000 Bq/m². Pour la Corse, les différences sont plus importantes puisque la carte de la CRIIRAD donne des dépôts dépassant 10 000 et 20 000 Bq/m² selon les régions. Dans l'Est de la France, les dépôts vont de 2000 à 16 000 Bq/m², ce qui est sensiblement supérieur aux dépôts de la carte SCPRI de 1986 (moins de 5000 Bq/m²) et de l'Atlas européen (2000 à 10 000 Bq/m²)

Carte n°9 - IRSN



L'IRSN a dressé pour les besoins de ses études une carte de la pluviométrie de la France entre le 1^{er} et le 5 mai 1986 à partir des hauteurs de pluie relevées sur les stations de Météo France.

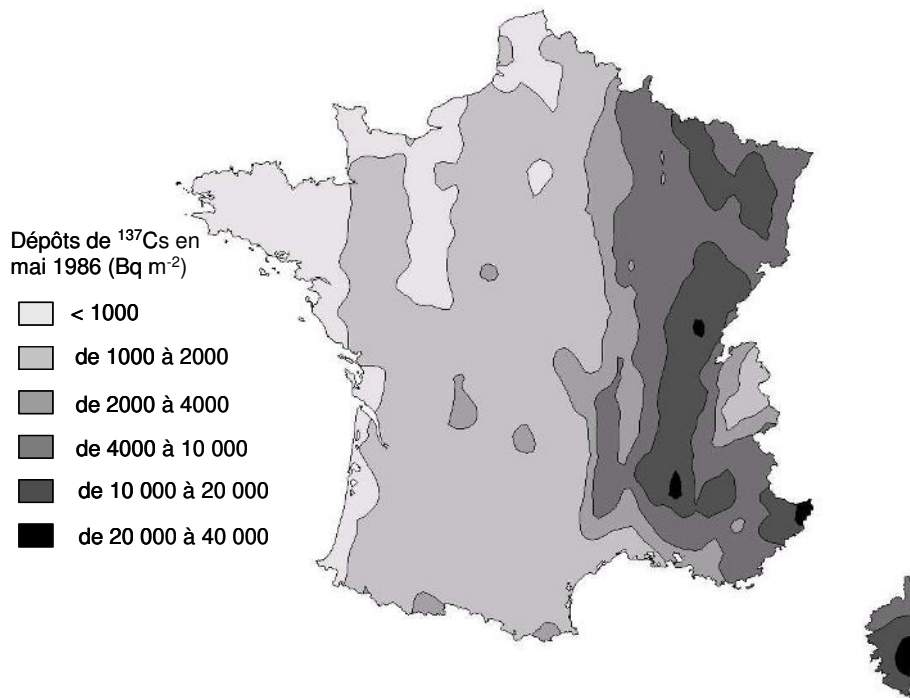
Carte n°10, 2002 - IPSN



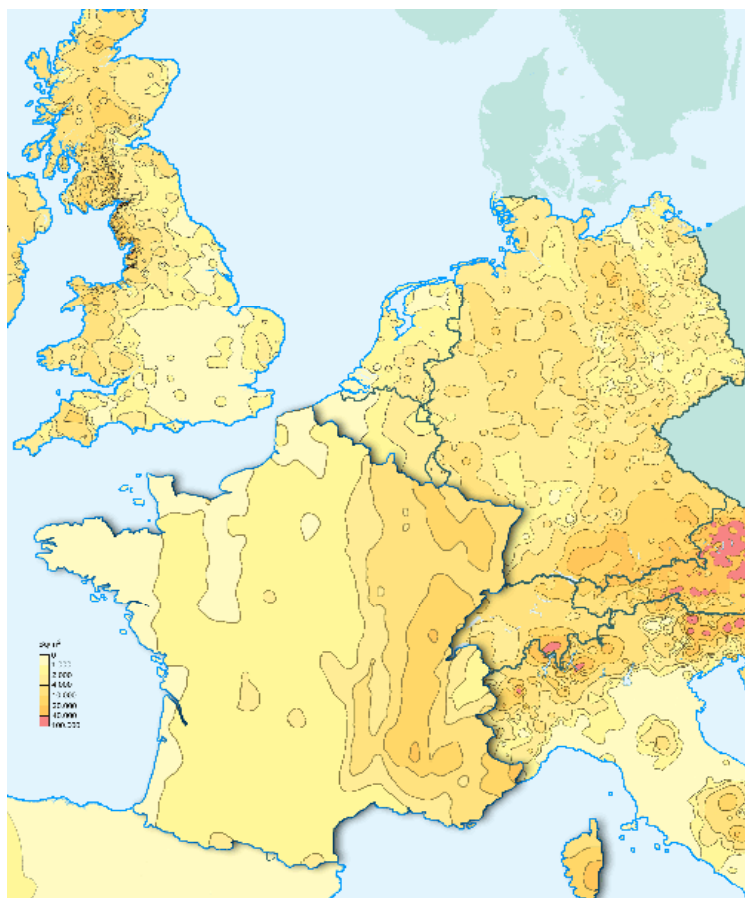
Les mesures de dépôt faites dans l'environnement ont montré en particulier dans l'est de la France des valeurs de dépôt de césium plus importantes que les valeurs moyennes indiquées par la carte établie en 1997 par l'IPSN (carte n°6). L'IPSN a entrepris la réalisation d'une nouvelle carte. Cette carte a été le résultat de campagnes de mesure (massif des Vosges, bassin du Haut-Var, Bas Rhône) et d'une modélisation des dépôts à partir des hauteurs de pluie et de la radioactivité atmosphérique du césium mesurées entre le 1^{er} et le 5 mai 1986. Cette carte a permis de déterminer les zones les plus contaminées de l'Est de la France sur la base des zones les plus arrosées, mettant en évidence des dépôts supérieurs à 10 000 Bq/m². La carte ainsi dessinée est sensiblement différente de la carte de l'Atlas européen et de la carte SCPRI de 1986.

Carte n°11, 2003 - IRSN

En 2003, l'IRSN a complété la carte réalisée en 2002 en étendant les estimations de dépôts à toute la France. Pour cela, un gradient est-ouest de l'activité atmosphérique a été établi à partir des résultats des mesures de césium 137 dans l'atmosphère. La carte a été ensuite élaborée en associant ce gradient aux hauteurs de pluie établies sur un maillage de 10 km x 10 km et à la relation entre hauteur de pluie et dépôts de césium.



Carte n°12, 2003 - IRSN



La carte n°11 des dépôts de césium 137 sur les sols français résultant de l'accident de Tchernobyl a été incrustée dans la carte N°7 des dépôts européens figurant dans l'Atlas européen. Les résultats de mesures utilisés pour établir les cartes de dépôts dans les pays limitrophes de la France n'ont pas été utilisés pour établir une continuité trans-frontalière.

Chapitre 4

EXPOSES ET DEBATS DANS LE CADRE DU GROUPE DE TRAVAIL

L'objectif du groupe de travail était de présenter les critiques identifiées à l'encontre de l'IPSN concernant la gestion de la crise de Tchernobyl et les réponses apportées afin de recueillir les réactions du groupe.

Pour éclairer la démarche du groupe, des exposés techniques ont été faits par des spécialistes de l'Institut qui ont permis d'ouvrir la discussion y compris sur des sujets dépassant la liste des critiques retenues dans le chapitre précédent.

Le groupe de travail a tenu quatre réunions qui ont eu lieu successivement les 15 novembre 2002, 29 janvier 2003, 11 mars 2003 et 10 juillet 2003. Le présent chapitre est rédigé sur la base des comptes rendus très exhaustifs de ces réunions. Il traduit les interrogations des membres du groupe.

Les thèmes développés ont été les suivants :

- Thème 1 : les mesures de radioactivité effectuées en France en mai et juin 1986 ;
- Thème 2 : les cartes de la contamination des sols par le césium 137 (1986 à 2001) ;
- Thème 3 : les cartes de la contamination des sols par le césium 137 (IRSN 2002 à 2003) ;
- Thème 4 : les méthodes géostatistiques permettant de réaliser les cartes de la contamination ;
- Thème 5 : les doses à la thyroïde calculées depuis 1986 –Origine des variations observées ;
- Thème 6 : le risque de cancer de la thyroïde lié aux retombées de l'accident de Tchernobyl en France ;
- Thème 7 : les profils de distribution thyroïdienne de l'iode par microscopie ionique analytique ;

La présentation de chaque sujet était suivie d'un débat.

THEME 1 : MESURES DE RADIOACTIVITE EFFECTUEES EN FRANCE EN MAI ET JUIN 1986 **Exposé de Ph. Renaud**

Ph. Renaud a rappelé tout d'abord qu'en France les mesures de radioactivité ont été faites par de nombreux organismes après l'accident de Tchernobyl :

- le Service Central de Protection contre les Rayonnements Ionisants (SCPRI) du ministère de la santé,
- les exploitants de l'industrie nucléaire en particulier le Commissariat à l'Energie Atomique,
- le Centre National d'Etudes Vétérinaires et Alimentaires (CNEVA) du ministère de l'agriculture,
- la Direction Générale de la Consommation, de la Concurrence et de la Répression des Fraudes (DGCCRF) du ministère de l'économie et des finances,
- des laboratoires universitaires (Université de Nice, Ecole Normale de Paris...),
- la Commission de Recherche et d'Information Indépendantes sur la RADioactivité (CRIIRAD),
- L'Association pour le Contrôle de la Radioactivité dans l'Ouest (ACRO).

Ph. Renaud rappelle que c'est le SCPRI qui a effectué le plus grand nombre de mesure. Cet organisme avait mis en place progressivement en France depuis 1961, un réseau de mesure qui lui a permis d'avoir une connaissance très complète de la radioactivité sur le territoire et aux alentours des sites nucléaires. Ce réseau comprenait :

- des mesures quotidiennes de la contamination de l'air sur le site du Vésinet par spectrométrie gamma(*),
- des mesures quotidiennes de la contamination **bêta (**) totale** des aérosols atmosphériques dans 21 stations de prélèvement situées à l'écart des installations nucléaires,
- des mesures quotidiennes de la contamination **bêta totale** des aérosols atmosphériques dans l'environnement de 23 sites nucléaires,
- des mesures hebdomadaires de la radioactivité de l'eau de pluie par spectrométrie gamma sur son site du Vésinet et 12 stations de prélèvement situées à l'écart des sites nucléaires avec recherche de 19 radionucléides,
- des mesures de la radioactivité de l'eau de pluie par spectrométrie gamma sur 23 sites nucléaires avec recherche de 5 radionucléides,
- des mesures sur les eaux de surface et souterraines en particulier sur les fleuves en aval et en amont des installations nucléaires,
- des mesures mensuelles sur les eaux potables (5 prélèvements),
- des mesures mensuelles sur les eaux de mer,
- des mesures mensuelles sur le lait : 2 à 7 mesures par département, 5 à 8 mesures pour 8 points particuliers de prélèvement et sur les laits produits à proximité de 18 sites nucléaires,
- des mesures mensuelles sur les aliments composant un plateau repas dans différentes cantines scolaires.

En plus des mesures du SCPRI, le CNEVA a fait des mesures sur les produits animaux et forestiers (viandes, sous-produits animaux, gibiers, champignons), la DGCCRF faisant des mesures au niveau de la distribution des produits alimentaires : produits laitiers, légumes et fruits, plantes aromatiques, vin, miel, produits cosmétiques....

Lors de l'accident de Tchernobyl, en plus des mesures habituelles, de très nombreuses mesures supplémentaires ont été faites. Au total en mai et juin, c'est plusieurs milliers de mesures qui ont été effectuées.

Il convient cependant de se demander si les plans de mesure étaient appropriés et pertinents, si le nombre de mesures était suffisant pour donner un aperçu réel de la contamination de l'ensemble du territoire.

() la spectrométrie gamma utilise un cristal d'iode de sodium ou de germanium qui délivre lors des interactions avec les rayonnements gamma, des impulsions proportionnelles à l'énergie abandonnée dans le détecteur. En classant les impulsions associées aux énergies des particules, on détermine un spectre qui présente notamment des pics d'absorption totale. Les pics caractéristiques permettent d'identifier les radionucléides. Le nombre d'impulsions associées à un pic permet de calculer le nombre de becquerels présents dans l'échantillon mesuré.*

*(**) lorsque que l'on a plusieurs radionucléides, on peut mesurer l'activité bêta totale du mélange de radionucléides. Cette mesure consiste à compter le nombre total d'électrons émis par le mélange. Les électrons peuvent provenir directement de la désintégration d'un radionucléide ou indirectement après une réaction d'ionisation entre un atome et un rayonnement gamma.*

Discussions

D. Robeau rappelle que les exploitants nucléaires ont fait de nombreuses mesures (air, sol, végétaux, eaux de pluie, eaux de surface, eaux souterraines, lait) sur leurs sites et dans l'environnement immédiat des sites.

M.A. Sabatier note un déséquilibre des mesures car il y a eu beaucoup plus de mesures effectuées dans la chaîne alimentaire que dans l'environnement, en particulier les sols.

Ph. Renaud lui répond que les missions du SCPRI, du CNEVA et de la DGCCRF étaient essentiellement de contrôler ce qui pouvait contribuer directement à la dose : l'atmosphère, les eaux, la chaîne alimentaire. Aucun organisme n'était spécifiquement chargé de contrôler la contamination de l'environnement de façon systématique : les exploitants ont contrôlé de leur propre initiative l'environnement de leurs sites, l'IPSN a effectué des mesures pour le besoin d'études radioécologiques spécifiques et d'actions de recherche. Ainsi, à partir de juin 1986, l'IPSN a effectué des études radioécologiques pour trois bassins versants qui ont été fortement arrosés par les pluies pendant le passage du nuage : le bassin de la Moselle, le bassin du Tavignano en Corse et le bassin du Haut-Var.

D. Robeau fait remarquer que ce système de contrôle de la radioactivité concentre les mesures dans l'environnement des sites nucléaires puisque s'y cumulaient les mesures du SCPRI et les mesures des exploitants. Dans le reste de la France, il y avait les mesures départementales de routine et les stations de prélèvements du SCPRI, les mesures du CNEVA et les contrôles de la DGCCRF au niveau de la distribution. Il est évident que ce système était plutôt fait pour le contrôle de la contamination des produits alimentaires vis à vis des rejets des installations nucléaires françaises et non pas pour faire une cartographie de la contamination systématique des sols sur l'ensemble du territoire.

Ph. Hubert ajoute qu'en plus de ces mesures, il y a celles faites sur les individus et en particulier sur les travailleurs du nucléaire. Ces mesures consistent à mesurer l'activité gamma d'un radionucléide présent dans le corps d'un individu, c'est une « anthropogammamétrie ». Des mesures spécifiques à la thyroïde peuvent être faites. Quand on mesure l'activité gamma d'un radionucléide donné présente dans la thyroïde d'un individu, c'est une gammamétrie de la thyroïde. C'est la façon la plus indiscutable, surtout lorsque la période de l'incorporation est connue, d'estimer la dose reçue par un individu.

Ph. Renaud répond que les anthropogammamétries en césium 137 effectuées sur les travailleurs du nucléaire sur les sites du CEA, de COGEMA et d'EDF en 1986 et 1987 ont été étudiées et utilisées en particulier pour démontrer que les estimations de dose faites pour les zones où résidaient ces travailleurs étaient cohérentes avec la contamination en césium 137 mesurée dans les organismes (rapport IPSN 98-07). Par ailleurs, une synthèse européenne de ces mesures a été faite par l'IPSN en 1990 dans le cadre d'un contrat de la Communauté Européenne (Rapport EUR 13054EN). Par contre, un tel travail n'a pas été fait avec les résultats des mesures de gammamétrie thyroïdienne parce qu'il n'est pas possible, aujourd'hui, de savoir combien de gammamétries de la thyroïde ont été faites en France en mai et juin 1986. Les seuls résultats de mesures exploitables de gammamétrie thyroïdienne en France dont l'IRSN dispose sont celles qu'il a faites le 5/07/1986 sur un berger corse et sa mère.

Les membres du groupe conviennent qu'il faudrait faire une présentation particulière des résultats d'anthropogammamétrie de césium 137 et de leur utilisation et de s'assurer ou non de l'existence de résultats de gammamétrie thyroïdienne effectuées en mai et juin 1986.

J.-Ch. Chatard demande pourquoi, dans le cas de la Corse aucun organisme officiel n'a décelé la contamination des laits de chèvre et de brebis et que c'est un particulier qui a dû envoyer un échantillon de lait au SCPRI pour le faire mesurer ?

Ph. Renaud lui répond que la Corse est un département qui ne comporte pas d'installation nucléaire et qu'en conséquence seules les mesures standards présentées précédemment ont été faites ; pour le lait, deux prélèvements mensuels de lait de vache produit dans la région d'Ajaccio sont envoyés au Vésinet par un correspondant local.

M.A. Sabatier fait remarquer qu'il serait intéressant de comparer les résultats de mesure dont on disposait en mai 1986 avec ceux communiqués au public.

Ch. Chenal revient sur la présentation des résultats d'anthropogammamétrie et de gammamétrie thyroïdienne en indiquant que les doses estimées à la thyroïde ne sont pas significatives du détriment et qu'il faudrait aussi estimer la dose au niveau de la cellule.

B. Gagnière fait remarquer que la dose est un indice censé quantifier un dommage et lorsqu'elle est associée à l'observation statistique du dommage, elle permet d'estimer un risque. Modifier l'expression ou la valeur de cet indice ne change ni l'observation du détriment, ni l'estimation du risque.

D. Robeau ajoute qu'il s'agit d'un sujet discuté depuis bien longtemps en l'occurrence, la représentativité de la dose à l'organe comparée à la dose qui peut être délivrée à un groupe de cellules. Il existe des opinions différentes sur les effets des faibles doses. L'objet de ce groupe n'est pas de statuer sur le sujet. Cependant, c'est un point qui revient très fréquemment et qui mérite une réponse claire et pédagogique. S'agissant de la

répartition de l'iode radioactif dans la thyroïde, l'IRSN mène une étude de microdosimétrie sur la souris avec de l'iode 129. Les résultats de cette étude pourraient être présentés au groupe lors d'une prochaine réunion.

THEME 2 : LES CARTES DE LA CONTAMINATION DES SOLS PAR LE CESIUM 137

Exposé de Ph. Renaud

Dans cet exposé, Ph. Renaud montre les premières cartographies de la contamination atmosphérique et de la contamination des sols publiées en mai 1986 par le SCPRI, puis celles de la contamination des sols agricoles du territoire français et celles des sols de l'est et du sud-est de la France puis de la France entière publiées par l'IRSN. Enfin, il présente la carte de la contamination des sols français par le césium 137 qui figure dans l'atlas européen édité par la Commission Européenne ⁽⁴²⁾.

Ph. Renaud présente en premier lieu les cartes de contamination atmosphérique présentées le 10 mai 1986 par le SCPRI. Ce sont des cartes d'activité bêta totale de l'air prélevé à 1 mètre au-dessus du niveau du sol. Le maximum enregistré a été de 25 Bq/m³ dans l'est et le sud-est de la France. Des cartes des dépôts moyens de césium par région administrative ont été ensuite présentées par le SCPRI en juin 1986. Le maximum a été enregistré dans la région Rhône-Alpes.

Ph. Renaud présente ensuite des cartes des dépôts moyens de césium 137 et d'iode 131 sur les surfaces agricoles par département. Ces cartes ont été établies en 1997 à partir de l'ensemble des résultats des mesures faites sur les produits agricoles en mai et juin 1986. Ces cartes sont le reflet de la contamination des produits agricoles. Par contre, elles ne reflètent pas l'image de la contamination des sols non agricoles, et des zones contaminées par les plus fortes pluies pendant le passage du nuage radioactif. C'est pour cette raison que l'IPSN a établi en 1999 une relation entre les hauteurs de pluie et les dépôts de césium au sol à partir des observations effectuées dans la région du Bas-Rhône (Avignon, Vaison-la-Romaine). Cette relation, confortée par des études similaires menées en Grande Bretagne et en Irlande, a permis d'établir la carte des dépôts de césium 137 sur la France à partir de la carte des précipitations survenues pendant la période de passage du nuage radioactif sur la France. La précision de cette carte correspond à la précision de la carte des précipitations pendant le passage du nuage radioactif. Ph. Renaud fait remarquer que dans le sud-est de la France, la carte ainsi établie est assez proche, compte tenu des échelles adoptées, de celles publiées en 2001 et en 2002 par la CRIIRAD.

Ph. Renaud poursuit son exposé en présentant la carte de contamination des sols français par le césium 137 qui figure dans l'atlas édité en 2000 par la Direction Générale de la Recherche de la Commission Européenne à partir d'informations fournies par l'OPRI. Cette carte a été établie avec 35 résultats de mesure de dépôt, ce qui lui confère une faible résolution comparée, par exemple, à la carte de l'Autriche établie avec 1780 résultats de mesure, à la carte de la Tchécoslovaquie établie avec 776 résultats de mesure et la carte de l'Italie établie avec 436 résultats de mesure.

Enfin à titre de comparaison, Ph. Renaud présente quatre cartes de la contamination des sols de la Corse par le césium 137 : celle figurant dans l'Atlas européen (1999), celles publiées par la CRIIRAD en 2000 et en 2002 et celle publiée en 2001 par l'IPSN.

Avant de conclure, Ph. Renaud présente une carte de contamination de la France entière intégrée dans les cartes de contamination des pays limitrophes figurant dans l'Atlas européen.

L'examen de ces cartes amène à poser plusieurs questions auxquelles il faudrait répondre avant d'engager toute nouvelle étude.

- Est-il nécessaire de compléter ces cartes, d'en améliorer la précision ?
- Les cartes présentées sont-elles comparables dans leurs objectifs et leur utilisation ?
- Quels sont les moyens d'améliorer la connaissance de la contamination des sols en France ?

Discussions

M.A. Sabatier fait remarquer que c'est l'absence d'un nombre suffisant de mesures de contamination des sols en 1986 qui est la cause des problèmes de cartographie.

D. Robeau fait remarquer qu'obtenir une cartographie avec une bonne définition aurait nécessité un quadrillage du territoire français. Ce quadrillage n'a pas été fait pour les raisons explicitées dans la première partie de la réunion.

Ph. Renaud ajoute que même un quadrillage systématique n'aurait pas empêché une cartographie approximative compte tenu du rôle prépondérant des pluies dans la contamination des sols. Par exemple, dans un même vignoble de la vallée du Rhône, les contaminations de sols séparés de quelques centaines de mètres sont très différentes. La multiplication des mesures doit s'accompagner d'une homogénéité dans les protocoles de prélèvement.

A. Sugier, en ce qui concerne l'Atlas européen rappelle qu'elle a écrit au directeur de la recherche de la commission européenne pour lui indiquer que la carte de la contamination du territoire français par le césium 137 n'était pas conforme à la réalité et que par conséquent cette carte est fautive. La commission en a pris acte et a accepté de publier les nouveaux résultats que la France lui ferait parvenir, mais elle ne modifiera pas la carte déjà publiée dans l'atlas.

G. Linden rappelle que le SCPRI a fourni 42 mesures de dépôt au sol de césium 137 qui lui semblaient totalement fiables sur le plan de la mesure. Parmi celles-ci, la commission n'en a retenu que 35 en éliminant par exemple la valeur de dépôt la plus élevée en Corse sous le prétexte que le lieu de la mesure n'était pas suffisamment localisé (argument difficile à admettre compte tenu de l'échelle de la carte). G. Linden ajoute que lors de la demande de validation de la carte, l'OPRI a émis des réserves sur sa représentativité.

J.M. Métivier ajoute que la carte a été faite avec peu de résultats de mesure et que la méthode d'interpolation polynomiale utilisée est peu performante. Des cartes établies avec d'autres méthodes d'interpolation reflètent mieux la réalité.

A. Sugier souligne le peu d'effort fait par les deux parties pour rassembler un nombre suffisant d'informations.

J-Ch. Chatard demande pourquoi l'IRSN ne s'intéresse qu'à la cartographie de la contamination des sols due au césium 137 et à l'iode 131 et pas à la contamination due aux autres radionucléides mesurés pendant les rejets.

Ph. Renaud lui répond qu'en mai 1986, l'impact radiologique des autres radionucléides en question a été extrêmement faible et que les impacts cumulés des iodures et césiums a été largement prépondérant. Cependant, il n'est possible de tracer les cartes de dépôt des autres radionucléides que par analogie avec les cartes de césium 137 et d'iode 131 : césium 134, iode 132, argent 110m, ruthénium 106, strontium 90, car on ne dispose que de très peu de mesures de ces radionucléides.

D. Robeau demande quel travail est nécessaire pour que les cartes présentées aujourd'hui puissent être admises comme définitives. Ph. Renaud répond que la carte de l'est de la France est une base de travail pour établir des cartes définitives de l'ouest de la France dans un premier temps puis de la France entière dans un deuxième temps. Il faudrait renforcer la connaissance du gradient de contamination atmosphérique est-ouest pendant le passage du nuage, gradient dû à l'appauvrissement des masses d'air. Certaines zones du centre de la France devraient être examinées de plus près sachant que les incertitudes reposent essentiellement sur les hauteurs de pluie tombée au début de mai 1986, le réseau de pluviomètres de Météo-France ne couvrant pas également toutes les régions.

Yves Miserey émet des doutes sur l'intérêt d'établir de nouvelles cartes de contamination qui n'apporteraient, selon lui, aucune nouvelle information concernant les doses et les risques encourus par les populations.

THEME 3 : LES CARTES DE CONTAMINATION DES SOLS FRANÇAIS PAR LE CESIUM 137

Exposé de Ph. Renaud

Le thème 3 présente les cartes de la contamination des sols français par le césium 137 récemment établies par l'IPSN, en prenant en compte deux origines de la contamination : les retombées des essais atmosphériques d'armes nucléaires et les retombées de l'accident de Tchernobyl.

Ce sont les pluies survenues entre le 1^{er} et le 5 mai 1986, durant le passage des masses d'air contaminées qui ont amené l'essentiel des dépôts radioactifs. Ces pluies, très hétérogènes, ont concerné le tiers est et le tiers ouest de la France.

Le lien entre les dépôts et les précipitations durant les cinq premiers jours de mai 1986 a été établi à partir de la mesure d'activité du ¹³⁷Cs dans plus de 140 échantillons de sols prélevés dans la basse vallée du Rhône, incluant une dizaine de mesures effectuées par la CRIIRAD.

Les dépôts augmentent avec les précipitations, passant de quelques milliers de Bq.m⁻², là où il n'a presque pas plu, à plus de 30 000 Bq.m⁻² (avec une large barre d'incertitude) là où les hauteurs de pluie ont dépassé 50 mm. Ces dépôts pluvieux se sont ajoutés aux dépôts par temps sec de l'ordre de 1000 Bq.m⁻², et se sont superposés aux dépôts résiduels des retombées des essais atmosphériques d'armes nucléaires. Cette relation obtenue dans la basse vallée du Rhône a été validée à partir des résultats de mesure des dépôts de ¹³⁷Cs disponibles sur le tiers est du pays.

La carte des dépôts du ¹³⁷Cs sur l'ensemble du territoire a été réalisée à partir de la carte des précipitations sur la France entre le 1^{er} et le 5 mai 1986 sur laquelle la relation entre les hauteurs de pluie et les dépôts a été appliquée. Les résultats obtenus ont ensuite été pondérés par l'appauvrissement de la contamination des masses d'air d'est en ouest.

La méthode d'interpolation spatiale et la classification des couleurs sont différentes de celles utilisées pour la carte relative à l'est de la France reproduite dans le rapport IRSN « Tchernobyl 16 ans après ». La méthode cartographique adoptée est celle utilisée par la Commission Européenne pour cartographier les dépôts de ¹³⁷Cs sur l'Europe.

On observe sur la carte des dépôts de césium, une diminution d'est en ouest des activités de ¹³⁷Cs déposées, de plus de 20 000 Bq.m⁻² dans l'est à moins de 1000 Bq.m⁻² dans l'ouest. Les zones présentant les dépôts les plus importants, supérieurs à 10 000 Bq.m⁻² sont celles où les hauteurs cumulées des pluies ont été supérieures à 20 mm. Vers l'ouest, les contreforts du Massif Central, qui ont reçu des précipitations supérieures à 10 mm durant la première semaine de mai 1986, se distinguent avec des dépôts compris entre 4 000 et 10 000 Bq.m⁻². Plus à l'ouest, les dépôts ont été le plus souvent inférieurs à 2000 Bq.m⁻² et se répartissent entre les classes « inférieur à 1000 Bq.m⁻² » et « 1000 à 2000 Bq.m⁻² ». L'effet des variations des hauteurs de pluie est atténué par l'appauvrissement des masses d'air. C'est notamment le cas sur le Massif Armoricaïn où, malgré des précipitations supérieures à 20 mm et ponctuellement supérieures à 40 mm, les dépôts de ¹³⁷Cs sont restés en deçà de 1000 Bq.m⁻². En revanche, sur une zone orientée du nord au sud s'étendant du sud du Cotentin au pays Basque, la contamination de l'air était encore suffisante pour que des hauteurs de pluies supérieures à 20 mm entraînent des dépôts légèrement supérieurs, jusqu'à 2000 Bq.m⁻².

Les principales incertitudes de la carte sont dues aux interpolations effectuées entre deux stations de relevés pluviométriques. Il est possible qu'entre deux stations de Météo France, les hauteurs de pluies réelles aient été plus ou moins importantes que celles interpolées. De même, une pluie ou un autre phénomène d'accumulation des dépôts, ayant pu conduire localement à des dépôts différents de ceux estimés dans cette étude, a pu ne pas avoir été représenté. Des phénomènes locaux d'accumulation, impluvium naturel, pieds d'arbres ou de toitures, dépôts neigeux mis en évidence en montagne ont pu conduire également à des dépôts significativement plus élevés sur quelques mètres carrés qui ne peuvent évidemment pas figurer sur la carte. De même, à

cette échelle, sur la côte orientale de la Corse, dans les environs de Solenzara, là où les pluies ont dépassé 60 mm, les dépôts qui ont pu excéder 40 000 Bq.m⁻² ne peuvent pas être représentées.

La contribution des dépôts par temps de brouillard n'a pas non plus été prise en compte pour la construction de la carte. Des études montrent que le brouillard concentre certains polluants atmosphériques mais la vitesse de dépôt au sol des polluants contenus dans ces brouillards est mal connue. Il est possible que les brouillards aient pu donner des dépôts radioactifs plus importants que des dépôts secs mais, en revanche, une pluie de quelques millimètres suffit pour considérer comme négligeables les dépôts brumeux.

L'incrustation de la carte obtenue dans celle d'Europe de l'Ouest publiée par la Commission Européenne en 1998 montre que les activités de ¹³⁷Cs déposées en France sont cohérentes avec celles des pays voisins. Dans l'est du pays, on retrouve des zones de dépôts croissants imbriquées les unes dans les autres à l'instar de celles qui caractérisent tout l'arc alpin. Dans le nord de l'Italie et le sud de l'Allemagne où les précipitations ont été proches de celles enregistrées sur les zones les plus touchées de France, les cartes présentent des dépôts équivalents. Par exemple, dans les régions de Lecco et d'Ivrea ainsi qu'au nord d'Udine, à Lugano et dans le sud de la Bavière, où les précipitations ont dépassé 40 mm, les dépôts ont été supérieurs à 20 000 Bq.m⁻², comme dans les environs de Vaison-la-Romaine, de Lons-le-Saunier ou de la côte orientale corse. Toutefois, les dépôts supérieurs à 40 000 Bq.m⁻² qui apparaissent sur l'Arc Alpin ne figurent pas sur la carte de France. Les dépôts compris entre 10 000 et 20 000 Bq.m⁻² ont des surfaces moindres que celles de nos voisins de l'Est. Il est possible que ce marquage globalement plus faible soit en partie dû à l'appauvrissement des masses d'air par les pluies survenues sur l'arc alpin, avant qu'elles ne parviennent en France. Au nord de la France, les dépôts sont proches de ceux estimés en Belgique, au Luxembourg et en Allemagne. En revanche, s'il y a continuité entre la France et l'est de la Grande Bretagne, les fortes précipitations enregistrées dans l'est du Pays de Galles et de l'Ecosse ont amené des dépôts comparables à ceux de l'est de la France, alors qu'à la même longitude, les précipitations sur la Bretagne ont conduit à de très faibles dépôts. Ceci s'explique par la trajectoire des masses d'air qui, après avoir survolé l'est de la France, sont parvenues sur les Îles Britanniques, laissant la Bretagne à l'ouest. Les discontinuités transfrontalières sont dues au fait que la carte européenne est un montage cartographique. Ces discontinuités disparaîtraient si les données qui ont servi à l'établissement de la carte de France étaient prises en compte dans le traitement d'interpolation spatiale de l'ensemble des données européennes.

En 1986 une première carte des dépôts moyens régionaux de ¹³⁷Cs a été publiée par le SCPRI. Cette carte avait été obtenue à partir d'un nombre restreint de mesures d'activité du sol et de sa couverture végétale. Elle faisait déjà apparaître une décroissance marquée d'est en ouest. Sur la moitié ouest du pays, la carte de 1986 est en bon accord avec celle proposée aujourd'hui. En revanche sur la moitié est, il existe des divergences très significatives entre les deux cartes. La principale cause de ces divergences est qu'un petit nombre de mesures moyennées sur toute une région ne permet pas de rendre compte des fortes hétérogénéités des dépôts. Dans une région comme le Languedoc-Roussillon où les zones les plus marquées par les dépôts représentent une faible proportion de la surface régionale, la moyenne établie en 1986 reste en accord avec la carte. En revanche sur la plupart des autres régions de l'est, notamment en région Rhône-Alpes et dans le Jura, les moyennes régionales évaluées alors à respectivement 5400 Bq.m⁻² et 3600 Bq.m⁻², sous-estiment les dépôts effectifs.

La carte de France des dépôts de ¹³⁷Cs publiée en 1998 dans l'Atlas de la Commission Européenne, établie à partir de seulement 35 mesures pour tout le territoire, a conduit pour les mêmes raisons à des dépôts sous-estimés.

En 1997, une carte des dépôts moyens départementaux de ¹³⁷Cs sur les surfaces agricoles a été publiée par l'IPSN. Cette carte est le reflet de la contamination moyenne du lait produit en France dans les jours qui ont suivi les dépôts. Le logiciel ASTRAL de l'IRSN a été utilisé pour évaluer les dépôts de ¹³⁷Cs correspondant aux mesures d'activité

du lait effectuées par le SCPRI. Les mesures de lait effectuées sur des échantillons prélevés dans les grands centres de collecte départementaux ne reflétaient pas l'hétérogénéité des dépôts dans l'est de la France, et surtout ne permettaient ni de révéler ni de localiser les dépôts les plus importants. En effet, les connaissances en radioécologie montrent que l'augmentation de la contamination de la chaîne alimentaire n'est pas proportionnelle à l'augmentation des dépôts radioactifs : la contamination d'une herbe soumise à un dépôt par temps sec ne sera que 2 à 3 fois inférieure à celle d'une herbe soumise à un dépôt par temps pluvieux dix fois supérieur au dépôt par temps sec, car l'herbe ne peut retenir qu'une faible partie de l'eau donc du dépôt radioactif.

Les résultats des mesures effectuées par la CRIIRAD sont des activités de ^{137}Cs dans les sols qui ne différencient pas le ^{137}Cs provenant de l'accident de Tchernobyl de celui provenant des retombées anciennes des essais atmosphériques d'armes nucléaires. Une partie des activités de ^{137}Cs déposées lors des retombées de ces essais a aujourd'hui disparu, notamment par décroissance radioactive. L'essentiel de ces retombées ayant eu lieu avant 1963, plus de 60 % du césium déposé alors a disparu par la seule décroissance radioactive. Il en est de même des activités déposées en mai 1986 : en 17 ans 30 % du ^{137}Cs déposé à la suite de l'accident de Tchernobyl a disparu par décroissance radioactive. D'autres processus plus difficilement quantifiables ont contribué à l'élimination du césium des sols (migration horizontale vers les cours d'eau et migration verticale vers la profondeur).

La sommation des dépôts de ^{137}Cs des deux origines, ainsi que la prise en compte de la décroissance radioactive, permettent d'établir une carte des dépôts cumulés de ^{137}Cs sur les sols français. Pour construire cette carte, l'élimination du césium par les phénomènes de migrations horizontale et verticale a été négligée. Cette carte des dépôts cumulés de ^{137}Cs est cohérente avec les mesures publiées par la CRIIRAD en 2001. Les évaluations de dépôts de ^{137}Cs des retombées des essais d'armes nucléaires d'une part, et de l'accident de Tchernobyl d'autre part, permettent d'expliquer les activités actuelles de ce radionucléide dans les sols français. Par ailleurs, le fait que les dépôts les plus faibles mesurés par la CRIIRAD ne soient pas systématiquement inférieurs à ceux évalués par l'IRSN, montre que les pertes liées au lessivage des sols sont négligeables à cette échelle.

Discussions

M.A. Sabatier : Pouvez-vous expliquer comment a été estimé l'appauvrissement de la contamination ?

J.M. Métivier : L'appauvrissement de la contamination de l'air d'est en ouest pour le césium et l'iode a été établi à partir des mesures disponibles en France entre le 1^{er} et le 5 mai 1986, pour une longitude donnée indépendamment de la latitude.

M.A. Sabatier : Pourquoi y a-t-il des petites zones de dépôts ? A Paris, par exemple ?

J.M. Métivier : C'est parce qu'il a sans doute moins plu, mais il faut faire attention, si on change certains paramètres de l'échelle des iso-dépôts, par exemple si on met une délimitation à 1200 Bq/m² au lieu de 1000 Bq/m², certaines zones de ce type vont disparaître. Il y a pour cette carte environ 3500 valeurs de dépôts déduites des hauteurs de pluie, entre deux relevés, les valeurs ne sont pas forcément exactes, ce sont des estimations.

M.A. Sabatier : Y a-t-il eu beaucoup plus de résultats de mesure disponibles dans les autres pays européens ?

D. Robeau : Oui, cela tient à ce que dans d'autres pays les organismes de mesure de la radioactivité sont plus nombreux, en particulier les universités. Par contre, la qualité des prélèvements et des mesures est sans aucun doute moindre. Dans certains pays, des résultats de mesure de la contamination atmosphérique ont été obtenus en mesurant les filtres des systèmes de ventilation. Quelle fiabilité attribuer à un tel résultat de mesure ? En France, les prélèvements d'aérosols et les mesures ont été faits de façon plus homogène et plus fiable.

Y. Miserey : Ce que vous dites là est contradictoire avec ce que l'on a dit. On a dit que beaucoup de résultats de mesure étaient inutilisables à cause du manque d'homogénéité des protocoles de prélèvement.

D. Robeau : C'est vrai pour les mesures de dépôt, en relativisant, mais pas pour les mesures d'aérosols atmosphériques qui ont été effectués de façon relativement homogène. Certaines stations avaient des pièges à iode et pas d'autres. C'est de toute façon incomparable avec une mesure de filtre de climatisation.

S. Graziani : Quel est l'impact des essais nucléaires comparé à l'impact de l'accident de Tchernobyl ?

D. Robeau : C'est difficilement comparable car dans le premier cas c'est un impact sur une période de 30 ans et à peu près homogène sur l'ensemble de la France. Dans le second cas, c'est un impact de quelques jours à quelques semaines, très hétérogène.

THEME 4 : LES METHODES GEOSTATISTIQUES PERMETTANT DE REALISER LES CARTES DE CONTAMINATION

Exposé de J.M. Métivier

Le sujet traité ici par J.M. Métivier est de montrer comment les cartes sont établies à partir de l'ensemble des valeurs de référence, ici l'ensemble des valeurs de dépôt de césium 137 recueillies sur le territoire français. Un maillage est défini sur la zone à cartographier. J.M. Métivier définit tout d'abord les interpolations spatiales qui permettent de calculer une valeur de dépôt à chaque nœud du maillage à partir de l'ensemble des valeurs de référence.

Le travail élémentaire consiste à faire une estimation du dépôt en un point qui ne fait pas partie du nuage initial (points associés à l'ensemble des valeurs de référence). Pour cela, il faut répondre aux questions suivantes : quels points du nuage va-t-on utiliser pour estimer la valeur associée à ce nouveau point, c'est à dire quel voisinage faut-il choisir ? Peut-on mettre en évidence un gradient isotrope ou un gradient anisotrope, c'est à dire une dispersion des valeurs plus forte dans une direction que dans une autre.

Lorsque tous les points sont calculés aux nœuds du maillage, on peut alors envisager de dessiner une carte en recherchant les iso-valeurs mais ce n'est pas parce que l'on disposera d'une carte que les valeurs sont exactes en chaque point car il y a une incertitude associée à la méthode utilisée.

Pour déterminer la valeur associée à chaque nœud du maillage, on dispose soit de méthodes déterministes qui relèvent de l'analyse numérique, soit de méthodes géostatistiques qui relèvent des probabilités.

a) méthodes déterministes

Les méthodes déterministes consistent à ajuster un polynôme sur l'ensemble des points du voisinage du point dont la valeur est recherchée et à déterminer cette valeur par interpolation polynomiale.

La difficulté consiste souvent à choisir la bonne interpolation (linéaire, quadratique,...). Lorsqu'on dispose d'un nuage régulier de points de points, les méthodes d'interpolation donnent toutes de bons résultats à peu près équivalents. Dans le cas contraire, il y a souvent de fortes différences en fonction des méthodes, il faut déterminer la meilleure.

b) méthodes probabilistes

Dans ce cas, on étudie la variabilité des valeurs dans l'espace en étudiant les points par paires, (par exemple, si on a 5 points, on a 10 paires) et on construit un graphe des écarts quadratiques pour chaque paire. Il est alors possible de voir s'il y a une anisotropie. On ajuste ensuite avec un modèle mathématique spécifique (kriegerage) qui permet d'obtenir des valeurs en tout point d'un maillage.

A chaque point de ce maillage, on calcule soit un écart-type qui représente la validité de l'interpolation, soit la probabilité d'avoir la valeur calculée en effectuant un tirage aléatoire. On peut dès lors déterminer non plus la valeur la plus probable mais la probabilité d'avoir une valeur donnée. On peut ainsi non plus faire des cartes avec des

valeurs (de dépôt par exemple) probables mais avec des probabilités d'avoir un dépôt donné.

Discussions

S. Graziani : Pour les cartes de contamination de la France, quelle méthode avez-vous utilisé ?

J.M. Métivier : Nous avons utilisé l'inverse du carré de la distance qui est aussi la méthode utilisée pour l'Atlas européen mais l'apparence de la carte dépend beaucoup du choix des intervalles de valeurs associés aux couleurs et aux isovaleurs. Si on choisit une maille de 1 km à la place d'une maille de 10 km, la « physionomie » de la carte change. On peut également calculer pour chaque nœud du maillage un écart-type qui va quantifier la validité de la valeur. On va donc pouvoir établir une carte des probabilités d'avoir un dépôt supérieur à 10 000 Bq/m². Dans une prochaine réunion, on pourrait proposer de nouvelles cartes où serait introduite l'anisotropie associée au nuage de points et pour une ou plusieurs probabilités d'un dépôt ou de plusieurs dépôts.

Y. Miserey : Il serait intéressant d'indiquer pour chaque point du maillage la valeur trouvée afin d'éviter un biais supplémentaire.

J.M. Métivier : Oui, ou d'indiquer chaque point avec une couleur différente.

THEME 5 : LES DOSES A LA THYROÏDE CALCULEES DEPUIS 1986 – ORIGINES DES VARIATIONS OBSERVEES

Exposé de D. Robeau

Ce cinquième sujet a pour objet de répondre à la critique communément faite : « L'IRSN calcule régulièrement des doses aux populations, conséquences de l'accident de Tchernobyl, qui ne cessent de varier au cours des années. » L'ensemble des doses à la thyroïde calculées par l'IRSN depuis 1986 pour les enfants et l'origine des variations observées y sont présentés.

En introduction, D. Robeau présente les méthodes permettant de calculer les doses à la thyroïde délivrées à une population en présence d'une contamination mettant en jeu des iodes radioactifs. Deux voies sont possibles : la voie « environnementale » basée sur l'utilisation des résultats de mesure environnementale et la voie « in vivo » basée sur l'utilisation des résultats de gammamétrie de la thyroïde des individus dont on veut estimer la dose.

La voie environnementale

La voie environnementale permet de déterminer la dose à la thyroïde en calculant l'activité de l'iode qu'un individu a pu ingérer et inhaler. Les informations nécessaires à l'estimation de l'incorporation (inhalation et ingestion) d'iode (mais c'est valable pour tous les radionucléides) sont la contamination atmosphérique, les dépôts au sol, la contamination des produits agricoles, la contamination des produits alimentaires et les habitudes alimentaires.

La méthode n'est pas très complexe. L'idéal serait de connaître avec suffisamment de précision les habitudes alimentaires de l'individu ou du groupe d'individus dont on veut estimer la dose, et la contamination des produits ingérés. Ces informations ne sont quasiment jamais connues dans leur intégralité et des modèles doivent être utilisés pour estimer les informations manquantes.

Par exemple, si les dépôts au sol ne sont pas connus, ils peuvent être déduits de la contamination atmosphérique (sous réserve de la connaissance des conditions météorologiques) ou déduits de la contamination de certains produits agricoles. En fait, il

s'agit d'une chaîne de calcul dont certains maillons vont relever de la mesure et d'autres de la modélisation. La substitution d'un modèle à une mesure peut introduire des incertitudes mais ce n'est pas toujours le cas.

Il faut insister sur l'importance d'une bonne connaissance des habitudes alimentaires. Il n'est pas possible de connaître les habitudes alimentaires de chaque individu aussi il est fait référence aux habitudes standards nationales ou encore aux habitudes régionales qui sont basées sur des enquêtes faites par l'INSEE. S'il existe des enquêtes plus ou moins récentes sur les habitudes en fonction de critères socioprofessionnels, les habitudes alimentaires particulières d'une région ne peuvent résulter que d'enquêtes spécifiques. Dans le cas de la contamination de la thyroïde par les iodes radioactifs, ce sont le lait et les légumes-feuilles qui sont les principaux vecteurs de la contamination, surtout dans un contexte d'autoconsommation.

Discussions sur la voie environnementale

M.A. Sabatier : En 1986, l'hétérogénéité des dépôts n'a pu qu'amplifier ce manque de connaissance des habitudes alimentaires locales.

J.M. Métivier ajoute que ce manque de connaissance va surtout porter sur le milieu rural où le taux d'autoconsommation est important. En milieu urbain, sauf exception, le régime alimentaire standard est assez proche de la réalité.

M.A. Sabatier évoque l'exemple de la région de Marcoule où de nombreuses mesures ont été faites dans l'environnement du centre. Elle explique qu'il y a une forte production de primeurs dans cette région et dit se souvenir qu'une grande part de la production n'a pas pu être exportée à cause des contrôles effectués aux frontières. Cette situation a entraîné une plainte et un procès qui s'est déroulé à Uzès. Il y a sans doute dans le dossier d'instruction de cette plainte de nombreux résultats de mesure qui pourraient être exploités. En 1998, l'IPSN a fait une enquête sur les habitudes alimentaires de deux villages proches du site de Marcoule dans le cadre des estimations de dose dues au fonctionnement des installations de Marcoule. Ce sont là des pistes qui pourraient permettre de mieux cerner les doses reçues par les habitants de cette région. Elle ajoute que l'IRSN pourrait se procurer le dossier d'instruction auprès du tribunal d'Uzès.

B. Gagnière s'interroge en réaction aux questions précédentes, à quoi va servir d'utiliser des données très précises pour calculer les doses reçues par un nombre limité de personnes. Va-t-on extrapoler les résultats obtenus à un plus grand nombre de personnes ? Que signifiera l'agrégation de résultats précis avec d'autres résultats beaucoup moins précis ?

La voie in-vivo

La voie in vivo est radicalement différente de la voie environnementale puisqu'elle consiste à déterminer l'activité des iodes présents dans la thyroïde d'un individu, ce qui permet de calculer assez aisément la dose à la thyroïde pourvu que l'on connaisse la cinétique d'incorporation, c'est-à-dire quand et pendant combien de temps l'incorporation s'est produite. Cette façon de mesurer la contamination et de calculer la dose à la thyroïde est précise pour peu que la cinétique soit connue. Il convient cependant de se référer au thème 2 pour comprendre toutes les incertitudes qui restent attachées à ces estimations. L'utilisation simultanée des voies environnementale et in vivo permet de recouper les connaissances, par exemple, en déterminant des habitudes alimentaires à partir de la connaissance de la cinétique d'incorporation.

Les paramètres qui influent le plus fortement sur les doses calculées sont les contaminations des produits agricoles et alimentaires, l'âge et le régime alimentaire des individus. Ces paramètres ne sont bien sûr pas indépendants.

Il faut préciser à ce stade quelques points :

- C'est la contamination des produits agricoles qui est un paramètre important et non le dépôt au sol. La contamination des produits agricoles n'est en effet pas proportionnelle aux dépôts, la nature des cultures, le type de sol, le climat sont des paramètres à prendre en compte.

- Plus un individu est jeune plus il est sensible aux rayonnements ionisants. Par exemple pour une même activité d'iode 131 ingérée, la dose à la thyroïde est 8,5 fois plus élevée pour le nourrisson que pour l'adulte ; elle est 5 fois, 2,5 fois et 1,5 fois plus élevée chez l'enfant de 5, 10 et 15 ans que chez l'adulte.
- Le régime alimentaire est un élément important dont on a déjà discuté précédemment.

Les doses à la thyroïde

Les doses à la thyroïde publiées par l'IRSN depuis 1986 ont été calculées pour les enfants, sujets les plus radiosensibles. Les doses à la thyroïde pour un enfant de 1 an ayant une alimentation dite « standard » ont été calculées à trois reprises depuis 1986. Le premier calcul a été effectué en mai 1986 à partir des mesures effectuées dans l'environnement du site de Saclay en région parisienne (contamination atmosphérique, dépôt au sol, lait, légumes feuilles) pour un régime alimentaire standard mais avec des hypothèses d'autoconsommation pénalisantes et non représentatives des habitudes locales : 1,2 mSv. Le deuxième a été effectué au même moment à partir des résultats de mesures effectuées dans l'environnement de chaque site CEA avec les mêmes hypothèses de régime (standard national) et d'approvisionnement (autoconsommation) : les doses ont varié selon les sites de 0,43 à 6,6 mSv (6,6 mSv pour le site de Valduc en Bourgogne). Le troisième calcul a été effectué en 1997 pour un enfant qui vivait dans l'est de la France toujours avec les mêmes hypothèses d'alimentation et d'approvisionnement : 9,8 mSv.

Ce premier bilan montre tout d'abord qu'il convient de comparer ce qui est comparable, les doses étant calculées pour des sites particuliers en 1986, et la dose calculée en 1997 étant une dose moyenne pour l'est de la France. Il faut remarquer que la dose estimée pour le site de Valduc est cohérente avec la moyenne estimée en 1997 pour l'est de la France.

Les doses calculées à la thyroïde depuis 1986 pour un enfant de 10 ans dont la consommation de produits laitiers seraient à base de lait de chèvre ou de brebis ont été estimées à 4 reprises: en juin 1986 pour le site de Cadarache, en décembre 1986 pour un berger de Balagne (en Corse), en 1997 pour l'est de la France et en 2001 pour la plaine orientale de la Corse (Solenzara).

- en juin 1986, des activités de l'ordre de 2000 à 2500 Bq/l de lait de chèvre ont été mesurées. Cependant, l'hypothèse a été faite que la consommation de lait de chèvre par les enfants ne pouvait être qu'exceptionnelle. La dose calculée à la thyroïde de l'adulte a été estimée à 1,7 mSv pour une consommation quotidienne de 200 grammes de lait de chèvre. Le calcul à la thyroïde de l'enfant de 10 ans aurait donné pour une consommation identique, une dose égale à 5 mSv.
- En décembre 1986, en 1997 et en 2001 des doses respectivement égales à 90, 120 et 150 mSv ont été calculées. La diversité des doses ne tient pas à l'incohérence mais à la diversité des hypothèses et des situations retenues, liées à la diversité des lieux, des résultats de mesure de lait et des régimes alimentaires retenus.

En 1988, l'UNSCEAR (United Nation Scientific Committee on the Effects of the Atomic Radiation 1988 – report to the General Assembly of United Nation Organisation) a publié une étude sur les doses délivrées aux populations européennes à la suite de l'accident de Tchernobyl. Des représentants de l'IPSN et du SCPRI ont participé à ce travail. Pour la France qui est divisée en trois zones – est, centre et ouest – les doses moyennes à la thyroïde de l'enfant ont été respectivement estimées à 3,4 mSv, 1,1 mSv et 0,45 mSv.

Les estimations faites pour l'ouest de l'Allemagne, la Grande Bretagne et l'ouest de la Suisse, régions soumises à des dépôts assez proches de ceux du nord et de l'est de la France sont respectivement de 2,3 mSv, 0,6 mSv et 5,8 mSv.

Les doses calculées avant 1995 ont été établies à partir des résultats de mesure fournis par le CEA. Ce n'est qu'à partir de 1995 que l'ensemble des résultats de mesure a été inventorié, modélisé pour établir une contamination moyenne des sols agricoles par région. Ces valeurs de contamination ont ensuite permis de faire les estimations de dose sur quatre grandes zones et de calculer une dose à la thyroïde de 9,8 mSv pour l'enfant avec des hypothèses de calcul pessimistes.

Discussions sur les doses à la thyroïde

M.A. Sabatier se souvient que, malgré quelques pluies intermittentes, il faisait beau à cette époque et que beaucoup de gens se promenaient à l'extérieur. Elle demande quelle a été la part de la contamination due à l'inhalation ?

D. Robeau lui répond que la dose due à l'inhalation de particules radioactives, à l'exposition externe due au passage du « nuage radioactif » et à l'exposition aux dépôts a été très faible. C'est l'ingestion de produits alimentaires contaminés qui représente la quasi-totalité des doses reçues.

S. Graziani demande pourquoi il y a tant d'écart entre les centres CEA ?

D. Robeau : la diversité des doses est due à la localisation des centres : La Hague, la région parisienne, Grenoble, Cadarache, Valduc...

S. Graziani : Quels organismes ont calculé des doses ?

D. Robeau : A ma connaissance, l'IPSN et le CEA ont fait des calculs de dose. Je ne connais pas d'estimations de dose qui proviendraient du SCPRI ou de l'OPRI. Peut-être, y en a-t-il, mais je ne les connais pas.

P.J. Provost : Cela veut-il dire qu'en 1986, le SCPRI a jugé de la situation uniquement sur la base de résultats de mesure ?

D. Robeau : Peut-être ou sur la base de calculs de dose non publiés ou que je ne connais pas.

M.A. Sabatier : Je trouve très étonnant que le SCPRI qui représentait le Ministère de la Santé n'ait pas à un moment ou à un autre publié des résultats de calculs de dose.

B. Gagnière : Dans de nombreux domaines, comme par exemple les toxiques chimiques, on se réfère à des concentrations limites pour fixer l'acceptabilité d'une situation.

A. Sugier : C'est une question de différence de culture entre ce qu'étaient l'IPSN et le SCPRI. La culture du SCPRI était basée sur la mesure, la culture de l'IPSN sur la recherche et la modélisation. Longtemps, avant que ne soit publiée la directive 96/29 sur les normes de base en radioprotection, la réglementation française faisait référence à des valeurs dérivées de contamination des milieux (ndlr : Limite Dérivée de Concentration Atmosphérique, Limite Annuelle d'Incorporation) plutôt qu'à des valeurs de dose. Un des enjeux de ce groupe, en particulier à l'égard de nos collègues de l'OPRI est de montrer que les modèles de l'IPSN sont validés.

M.A. Sabatier : C'est donc l'environnement qui est protégé plutôt que l'être humain.

A. Sugier : C'est essentiellement ce que j'appelle « la culture de la mesure », beaucoup de personnes ne croyaient pas et ne croient toujours pas à la notion de dose et en particulier aux effets des faibles doses, donc elles se réfèrent aux résultats des mesures.

Ch. Chenal : En mai 1986 près de Saclay, les doses à la thyroïde de l'enfant pouvaient donc atteindre 1,2 mSv. Il aurait été intéressant d'avoir une référence, c'est-à-dire de connaître la dose délivrée à la thyroïde des enfants avant mai 1986 en particulier à cause des retombées des essais nucléaires.

D. Robeau : Avant mai 1986, les sources de contamination par l'iode 131 étaient essentiellement dues aux essais nucléaires atmosphériques et accessoirement aux rejets du centre de Saclay. L'estimation des doses à la thyroïde dans les années 50 et 60 dues aux retombées des essais nucléaires atmosphériques est un travail en cours.

S. Graziani : Ne faudrait-il pas prendre en compte tous les radionucléides mesurés et non pas seulement l'iode 131 ?

D. Robeau : Pour ce qui est de l'estimation de la dose à la thyroïde, c'est l'iode 131 qui contribue pour plus de 80% à la dose. C'est donc à ce radionucléide que l'on s'intéresse, mais il y a de façon récurrente des questions qui portent sur la sous-estimation de l'impact de l'iode 132 qui a une énergie plus faible mais un transfert d'énergie plus important. Certains disent (représentants d'associations contre l'énergie nucléaire) que le césium également a un impact sur la thyroïde. A ce type de remarques, il faut répondre avec des arguments solides car certaines peuvent être fondées même si d'autres sont incongrues.

M.A. Sabatier : Tous ces calculs de dose ont-ils un sens puisqu'ils se fondent sur des études anciennes (Hiroshima-Nagasaki) qui n'ont que peu de points communs avec la situation radiologique provoquée par l'accident de Tchernobyl ?

A. Sugier : Beaucoup de ce qui a été fait est basé sur un consensus scientifique reposant sur les études de la cohorte d'Hiroshima et Nagasaki, sur des programmes expérimentaux, etc. Il faut à minima accepter de suivre

ce consensus et ne pas remettre en cause les bases scientifiques qui permettent d'estimer les doses : coefficients de dose, coefficients de risque, etc.

D. Robeau : Il faut à un moment accepter de travailler avec des niveaux d'incertitude importants. Il ne faut pas prendre tel ou tel coefficient pour une donnée scientifique irréfutable mais bien comprendre qu'il peut être associé à des incertitudes importantes, voire très importantes.

Ensuite, la discussion s'engage sur les doses calculées pour la Corse et en particulier pour les groupes critiques représentés par les bergers corses dont l'alimentation serait très riche en produits laitiers de brebis ainsi que par les populations rurales du sud de la Corse qui auraient un taux d'autoconsommation très élevé.

S. Graziani : Le Dr Fauconnier m'a dit qu'il n'était pas d'accord avec les estimations des dépôts car il y avait à cette époque des brouillards très denses qui imprégnaient le sol, la végétation et qui ne sont pas pris en compte.

P.J. Provost : Cela veut-il dire que dans ce cas, il y a une contamination des végétaux plus forte que celle estimée à partir des dépôts ?

S. Graziani : Y a-t-il eu des enquêtes alimentaires effectuées sur place ?

D. Robeau lui répond qu'il n'y a pas eu d'enquête alimentaire effectuée dans les régions rurales de Corse. Il y a des statistiques sur les productions agricoles de la Corse mais il n'y en a pas sur les habitudes alimentaires.

S. Graziani : L'Office Régional de la Santé en Corse a été créé pour répondre à ces questions mais rien n'a été fait. Ils continuent même à nier que le nuage radioactif est passé sur la Corse.

C. Saut : Pour Valduc, il n'y a pas de statistiques sur les habitudes alimentaires mais la SEIVA a fait sa propre enquête pour les villages autour du site en faisant remplir un formulaire distribué à chaque habitant.

P.J. Provost : Oui, mais il y a souvent une différence entre ce que les gens déclarent consommer et ce qu'ils consomment réellement.

B. Gagnière : Il y a aussi une différence entre ce que les personnes achètent et ce que les personnes consomment. En plus il y a une réelle difficulté à faire une enquête sur ce que les gens consommaient en 1986.

Ch. Chenal : Moi, je suis impressionné par les niveaux de dose avancés. Est-ce qu'il y a une corrélation entre dépôt d'iode et dépôt de césium ? Si oui, on doit pouvoir modéliser la dose à la thyroïde des personnes à partir de la contamination des sols mesurée aujourd'hui.

M.A. Sabatier : Y a-t-il des résultats de mesure provenant d'EDF ?

D. Robeau : EDF communiquait les résultats de ses mesures au SCPRI. Tout ou partie de ces résultats doivent être dans les bulletins de l'OPRI. C'est à vérifier.

P.J. Provost : Dans les CD ROM qui ont été présentés au groupe Aurengo, y a-t-il les résultats d'EDF ?

D. Robeau : Je ne sais pas. Il faudra demander à l'IRSN-Le Vésinet (ex OPRI).

A. Sugier : Il serait intéressant de savoir si ce groupe a vraiment fait le travail de regroupement de toutes les données disponibles ou non. Si oui, ce serait un plus que l'on pourrait exploiter. On est au départ censé pour faire une cartographie avoir toutes les données disponibles en main. Les a-t-on ?

J.M. Métivier : Certainement pas. On n'a déjà pas eu les 35 résultats de mesure que l'OPRI a fourni à la Commission Européenne pour faire la carte de France de l'Atlas européen. Pour faire ses cartes, l'IRSN s'est appuyé sur la relation entre pluies et dépôts.

A. Sugier : C'est là ce que nous reproche l'OPRI : ne travailler que sur la modélisation.

Ch. Chenal : Le nombre de calculs de dose, spatialement parlant, est très insuffisant, mais ce qui est frappant, c'est la cohérence des doses. Est-ce qu'à partir des registres de cancers de la thyroïde, là où ils existent, ne pourrait-on pas recalculer les doses cas par cas ?

B. Gagnière : De cette façon, on va calculer pour quelques individus des doses plus ou moins précises. Que va-t-on faire de ces résultats ?

M.A. Sabatier : Pourquoi ne recherche-t-on pas les individus traités dans les hôpitaux spécialisés dans le cancer de la thyroïde ?

THEME 6 : LE RISQUE DE CANCER DE LA THYROÏDE LIE AUX RETOMBÉES DE L'ACCIDENT DE TCHERNOBYL EN FRANCE

Exposé de B. Gagnière

La grande majorité des cancers de la thyroïde sont des cancers papillaires différenciés. Ils peuvent être causés par des rayonnements ionisants, le vieillissement, les facteurs hormonaux ou des antécédents de pathologie thyroïdienne. C'est un cancer peu mortel avec 80% de survie à 5 ans. Il souligne le rôle de la consultation médicale : plus on est âgé plus on consulte le médecin, les femmes consultent plus le médecin que les hommes, quand on a une pathologie thyroïdienne on va plus souvent chez le médecin. Les pathologies thyroïdiennes touchent beaucoup plus souvent les femmes que les hommes mais ceci n'est pas simplement dû au fait que les femmes consultent plus souvent.

Le cancer de la thyroïde est une maladie dite rare mais l'imprécision sur le taux de survenue est très élevée et cela est dû au manque de registres des cancers.

La distribution géographique des registres avait été faite avec l'idée qu'elle était suffisante pour avoir une représentation nationale. Elle n'est pas adaptée au suivi de l'évolution du nombre des cancers de la thyroïde qui pourraient être attribués à l'accident de Tchernobyl.

Une étude a été relancée en collaboration avec l'InVS pour estimer l'excès de cancers de la thyroïde dû à une exposition à l'iode radioactif ; plusieurs modèles de la relation dose-effet ont été utilisés :

- le modèle de H. Ron,
- les résultats des observations effectuées à la suite des expositions accidentelles reçues par les habitants des îles Marshall (test BRAVO en 1954),
- l'étude des cancers de la thyroïde survenus autour de Tchernobyl.

Ensuite, B. Gagnière montre l'estimation des doses à la thyroïde dues aux retombées d'iode 131 chez les enfants de moins de 15 ans en 1986 dans l'est de la France. Ces doses bien qu'environ 100 fois inférieures à celles reçues par les enfants de Biélorussie, la question était d'estimer le bien fondé d'une étude épidémiologique.

Les calculs de risque montrent que sur la période 1991-2000, l'excès attendu est compris entre 0,3 et 22 cas, soit une valeur comprise dans l'incertitude des cas (± 20). Pour la période 1991-2015, l'excès attendu est compris entre 4,5 et 54,9 cas, soit une valeur comprise dans l'intervalle d'incertitude des cas attendus (± 60).

Discussions

Ph. Hubert indique qu'il ne faut pas oublier l'aspect spontané de la création des registres. Ce n'est pas une organisation centralisée mais des initiatives souvent régionales ou départementales qui ont amené leur création.

J.C. Chatard demande pourquoi la France a-t-elle ce retard compte tenu du nombre d'installations nucléaires en France ?

B. Gagnière lui répond qu'il s'agit d'un problème de perception de la santé publique.

Ph. Hubert ajoute alors qu'il faut documenter ce genre de réponse, les autres pays ne sont pas tous en avance que ce soit en Allemagne ou en Grande Bretagne. Il précise que sur ces sujets, on voit beaucoup d'affirmations qui ne sont pas documentées. Si ce groupe servait déjà à établir cette documentation, ce serait bien !

C. Mouchet indique que ce n'est que très récemment dans le département du Gard qu'un registre des tumeurs a été mis en place, mais que cette mise en place a été très longue car très coûteuse.

A. Sugier indique que nous constatons cette situation mais que nous ne pouvons pas nous en occuper. Elle demande à Ph. Hubert ce que signifie son intervention ?

B. Gagnière ajoute que pour calculer l'incidence nationale des cancers de la thyroïde, on se base (sachant qu'il n'y a pas de registre national) sur les registres existants et sur les rapports entre incidence et mortalité.

J.C. Chatard pose la question de la répartition géographique des cancers de la thyroïde des enfants. Y a-t-il homogénéité ou y en a-t-il plus dans l'est que dans l'ouest de la France ?

B. Gagnière lui indique que l'on ne peut pas répondre précisément pour les enfants, mais pour revenir à l'étude effectuée par l'IRSN, on s'est intéressé aux enfants de l'est de la France, soit 300 000 enfants. Une période minimale de latence de 5 ans a été considérée et les estimations de risque ont été faites sur les périodes 1991-2000 et 1991-2015.

Ph. Hubert rappelle que dans ce genre d'étude, il y a deux façons d'aborder le problème :

- estimer le nombre de cancers qui vont survenir en excès (ex. 10 de plus), c'est l'ERA (excès de risque absolu),
- estimer le taux d'accroissement (ex. un doublement), c'est l'ERR (excès de risque relatif).

Y. Miserey fait remarquer que les Américains ont mis en place un blocus des informations après les explosions d'Hiroshima et Nagasaki et qu'il est difficile de comprendre comment on peut dans ces conditions y faire autant référence et autant confiance.

J.C. Zerbib lui répond que les informations ont été détenues par les Américains jusqu'en 1972 et qu'ensuite les informations ont été communiquées au Japon. En 1975, une nouvelle étude a été démarrée.

Ph. Hubert précise que les études d'Hiroshima et Nagasaki n'ont apporté que récemment des informations sur les incidences de morbidité concernant la thyroïde. L'autre question est « en quoi est-il légitime » de se servir des résultats d'Hiroshima-Nagasaki pour estimer les effets des radiations ? C'est une question de fond mais qui n'est pas pertinente ici puisque ce ne sont pas les données issues d'Hiroshima-Nagasaki qui ont été utilisées.

B. Gagnière ajoute que pour estimer un risque relatif, on n'a pas forcément besoin d'avoir toute la cohorte des personnes exposées mais surtout d'un échantillon qui représente correctement la population à laquelle on veut extrapoler le résultat. Il précise que le modèle issu de Tchernobyl aurait été sans doute le meilleur à cause de la nature du rayonnement (iode 131) mais que l'on ne dispose pas de doses individuelles pour l'appliquer, il faut donc faire des compromis.

J.C. Chatard demande si le démarrage de l'augmentation des cancers de la thyroïde peut être la conséquence des essais nucléaires atmosphériques américains et des essais français en Algérie ?

B. Gagnière lui répond que cette augmentation est entre autres due à un meilleur dépistage et un meilleur diagnostic médical, mais il y a peut-être aussi d'autres facteurs.

Ph. Renaud prend la parole pour rappeler que la question posée est tout simplement : Y a-t-il une contribution des essais nucléaires atmosphériques à l'augmentation des taux de survenue de cancers de la thyroïde ?

Ph. Hubert ajoute qu'il faut répondre à cette question en deux étapes :

- on utiliserait les mêmes modélisations pour estimer le nombre de cancers de la thyroïde dus aux essais nucléaires atmosphériques que celles qui ont été utilisées pour estimer le nombre des cancers de la thyroïde dus aux retombées de l'accident de Tchernobyl et donc avec la même confiance ;
- ensuite, on peut comparer le nombre calculé de cas supplémentaires attendus et le comparer au nombre de cas supplémentaires observés.

B. Gagnière fait remarquer que si l'on avait calculé l'excès de risque à partir des retombées des essais nucléaires sur un département et s'il avait été appliqué à l'échelle nationale aux dépôts de l'accident de Tchernobyl, on aurait fait une erreur monstrueuse.

P.J. Provost fait ensuite référence à un rapport de la CRIIRAD qui ne notant pas de pic de cancers de la thyroïde, veut attribuer l'accroissement observé avant l'accident, aux dépôts provenant des essais nucléaires atmosphériques. Il ajoute qu'on se situe là dans le domaine des très faibles doses et qu'il faudrait alors prendre en compte toutes les expositions.

A. Sugier ajoute que l'IRSN a été interrogé à ce sujet, celui de l'impact des essais nucléaires atmosphériques, par les cabinets ministériels. L'IRSN va répondre mais forcément de façon globale.

B. Gagnière indique que sur la période 1991-2000, 97 cas spontanés sont attendus (± 10) en absence de toute hypothèse d'exposition. Sur la période 1991-2015, 899 cas spontanés (± 60) sont attendus.

A une question de **Ch. Saut** qui demande combien de cas ont été réellement comptabilisés entre 1991-2000 dans l'est de la France, **B. Gagnière** rappelle que l'on n'a pas de registre et qu'il est impossible de répondre.

J.C. Chatard fait remarquer qu'il n'y a pas que les cancers qui progressent et qu'autour de lui, en Corse et dans sa famille même, il y a beaucoup de maladies thyroïdiennes, de maladies d'Hashimoto. Pourquoi n'est-il pas possible de créer des registres de maladies thyroïdiennes ?

B. Gagnière lui répond qu'il faut préciser le sens du mot possible : techniquement, financièrement ? Sur le plan technique, c'est sans doute possible en s'appuyant sur le système d'information hospitalier. Mais il faut aussi voir si ça a un intérêt et un impact sur la santé publique.

J.R. Jourdain : L'hypothyroïdie est l'une des maladies les plus difficiles à diagnostiquer.

J.C. Chatard : Est-ce que ce groupe de travail pourrait proposer de créer des registres pour ce type de maladies thyroïdiennes ?

B. Gagnière : Ce n'est pas le problème. Il faut savoir si faire une telle proposition a un intérêt. On peut tout surveiller : par exemple, si l'on sait qu'il y a un lien entre cancer de la thyroïde et exposition à l'iode, il y a un intérêt à mettre en place une surveillance, mais l'intérêt est bien moindre pour les autres types d'affection de la thyroïde qui n'ont pas de relation avec une exposition à l'iode.

A. Sugier propose d'aller plus loin et de demander à l'InVS s'il développe un programme concernant les autres pathologies de la thyroïde et de l'interroger sur l'état d'avancement de l'enquête épidémiologique proposée en Corse concernant les cancers de la thyroïde, car l'IRSN n'est pas au courant de l'actualité dans ce domaine.

J.C. Chatard demande si la « sécurité sociale » ne peut pas être interrogée pour avoir plus d'informations ? (P.J. Provost ajoute qu'il a interrogé la CPAM dans le cadre de son enquête et que des cartes lui ont été fournies). J.C. Chatard ajoute que l'IRSN qui représente l'Etat pourrait le faire, ce qui n'est pas le cas d'un simple citoyen.

B. Gagnière rappelle que, sur un autre sujet, il a contacté un représentant de la CPAM pour mettre en place un registre des cancers pour les travailleurs du nucléaire autour de La Hague. La réponse obtenue a été que c'était techniquement possible mais que la CPAM – qui n'est pas un organisme d'Etat mais un organisme paritaire – a des missions comptables et non des missions épidémiologiques. Mais on sait qu'ils ont de très nombreuses informations, données, fichiers. L'InVS s'oriente actuellement non pas vers un fichier national des cancers de la thyroïde mais vers une surveillance nationale, ce qui est assez différent, pour une maladie dont le diagnostic est à cinq ans ou plus.

Ph. Hubert se demande si le travail de ce groupe est de reprendre les questions du passé non résolues ou alors de définir quelle est la bonne politique de santé publique à tenir ? Il a peur qu'en traitant ce problème, le groupe s'écarte de ses objectifs réels.

P.J. Provost rappelle que le Ministre de la santé a annoncé une enquête épidémiologique à la suite de diverses affaires. Il serait intéressant de savoir où l'on en est exactement dans ce domaine.

A. Sugier propose que l'on invite un représentant de l'InVS pour au moins s'informer sur l'évolution de ces questions.

Y. Miserey ajoute qu'il serait bien d'avoir un exposé de l'InVS sur ce sujet en lui indiquant qu'il s'agit d'une parenthèse dans nos réflexions.

Ph. Renaud indique qu'il a bien compris que l'excès maximum de cancers de la thyroïde est compris dans la plage d'incertitude, mais que se passerait-il si l'excès était de 2 ou 3 fois l'intervalle d'incertitude ?

B. Gagnière rappelle que ce rapport ne donne qu'une évaluation avec ses limites et que cette évaluation ne fait qu'indiquer si un « outil » permet d'effectuer une mesure ou non de cette évaluation. Avec cet outil peut-on mesurer la différence entre ce qui est attendu et ce qu'on observe ?

Ph. Renaud : A quel niveau de dose pourrait-on « mesurer » un excès ?

B. Gagnière lui répond qu'il y a un niveau de dose où l'on verrait quelque chose mais ce calcul n'a pas été fait.

P.J. Provost : La plainte va plus loin que ça. Elle ne traite pas que des cancers de la thyroïde mais de l'ensemble des affections thyroïdiennes et de la population dans son ensemble et pas seulement des enfants.

J.C. Chatard demande s'il est crédible que l'IRSN fasse une enquête épidémiologique compte tenu des critiques portées aujourd'hui. Aurait-il plus de crédibilité qu'un organisme indépendant ? Il ajoute qu'il ne comprend pas pourquoi on dit que l'on ne va rien voir et que l'on va faire quand même une enquête épidémiologique.

Ph. Hubert ajoute que la question est de savoir si la réponse apportée est crédible. L'IRSN répond en son âme et conscience s'il faut faire ou non une enquête épidémiologique. L'enjeu de cela, c'est aussi de convaincre et de mettre sur la place publique ce genre de débat.

A. Sugier ajoute que les estimations de l'IRSN sont basées sur des modèles et que l'étude épidémiologique, c'est aussi le moyen de valider ces modèles. Dans ce qu'on a dit, il n'y a pas de contradiction mais des réponses successives. Le Ministre a ensuite joué son rôle politique.

B. Gagnière ajoute que l'étude épidémiologique sera très intéressante car on ne connaît pas bien les facteurs liés à la survenue des cancers de la thyroïde – les causalités liées à tel ou tel risque. Une telle étude peut amener à réduire le risque global.

Ph. Hubert : En fait, l'épidémiologie est un instrument qui permet de détecter les catastrophes dans la mesure où il faut que l'effet soit majeur pour sortir du bruit de fond.

P.J. Provost rappelle qu'il est plus important d'étudier la survenue des cancers de la thyroïde dans leur ensemble ; ceux qui ont un caractère radio-induit sont marginaux.

B. Gagnière indique en réponse à une question de J.C. Chatard, que la majorité des cancers radio-induits est papillaire mais qu'un cancer papillaire n'est pas forcément radio-induit. Il y a des recherches sur les signatures des cancers radio-induits. Il ajoute que la causalité ne se fait pas sur une étude mais sur la convergence de plusieurs études, même si une seule étude très bien faite amène à telle ou telle conclusion.

THEME 7 : LES PROFILS DE DISTRIBUTION THYROÏDIENNE DE L'IODE PAR MICROSCOPIE IONIQUE ANALYTIQUE

Exposé de J.R. Jourdain

Parmi les paramètres qui seraient impliqués dans l'augmentation des cancers thyroïdiens observés chez les enfants touchés par les retombées de l'accident de Tchernobyl, figurent l'âge au moment de l'exposition, ainsi que la déficience iodée dont souffraient les populations atteintes. Plusieurs équipes se sont également interrogées sur le rôle des isotopes à vie courte de l'iode (nombre de masse compris entre 132 et 135) par rapport à celui de l'iode 131 quant à la distribution géographique des cancers de la thyroïde chez l'enfant.

Afin de déterminer le rôle de chacun de ces facteurs, une collaboration a été initiée entre le laboratoire de biophysique de la Faculté de médecine Xavier Bichat et le laboratoire d'évaluation et de modélisation de la dose interne de l'IPSN (LEMDI). Les travaux entrepris visent à établir les profils de distribution cellulaire des isotopes 127 et 129 de l'iode au sein de thyroïdes prélevées chez des rats nés de mères déficientes en iode et contaminées par de l'iode 129 dans un délais variant de 24 heures (nouveau-nés) à 21 jours (adolescents) après la naissance. Parmi les techniques d'analyse élémentaire, la microscopie ionique analytique ou SIMS (Secondary Ion Mass Spectrometry) a été choisie pour mener à bien cette étude. Les acquisitions réalisées aux masses 127 et 129 sur les thyroïdes exposées permettent d'étudier l'influence de l'âge au moment de la contamination et du déficit alimentaire en iode, les groupes témoins étant constitués de rats nés de mères normo-iodées. Ces images permettront également de comparer les distributions thyroïdiennes de l'iode 127 (iode stable retrouvé en particulier dans l'alimentation) et de l'iode 129 ; cet isotope radioactif de l'iode a été choisi en raison de sa période physique adaptée à l'analyse par la technique SIMS : en effet, compte tenu des délais nécessaires à la préparation des échantillons, la microscopie ionique analytique ne permet pas de détecter de façon significative la présence d'isotopes de période inférieure à deux mois. Par ailleurs, les calculs de rapports isotopiques iode 127/iode 129 sont exploités afin d'évaluer les doses reçues à la thyroïde tout en tenant compte d'une éventuelle hétérogénéité de distribution. Enfin, l'étude des profils de distribution à des temps correspondant aux périodes physiques des isotopes à vie courte de l'iode permettra de déterminer la contribution de l'incorporation de ceux-ci à la dose absorbée en fonction de l'âge au moment de la contamination.

Discussions

Ph. Renaud : Il y a 30 à 40% de l'iode qui se fixe dans la thyroïde. A-t-on une idée de l'évolution de ce pourcentage en fonction de la carence en iode ?

J.R. Jourdain indique que si le transporteur est fonctionnel, ce pourcentage peut atteindre 70 à 90% de captation en cas de carence forte. Mais, la question est aussi de savoir si, en cas de forte carence, le transporteur est encore fonctionnel.

Ph. Hubert : En France, il est souvent fait allusion à une carence iodée endémique, qu'en est-il ?

J.R. Jourdain lui répond que l'iodurie n'est pas faite couramment en France. Il n'a pas de valeur pour la France.

B. Gagnière fait remarquer qu'il y a un contrôle de l'iodurie et une recherche d'hypothyroïdie à la naissance et un ajout d'iode dans le sel en France.

J.C. Chatard : Est-ce que les populations dont les thyroïdes sont surchargées en iode, comme les populations insulaires, développent des pathologies particulières ? Peut-on descendre en dessous de 10% de captation de la thyroïde, si elle est saturée ?

J.R. Jourdain lui répond que le métabolisme de l'iode dans la thyroïde est un cycle et dans ce cas l'élimination urinaire sera plus élevée. Au Japon par exemple, l'iodurie peut atteindre jusqu'à 1500 ou 2000 µg/l.

Ph. Renaud : Y a-t-il des hyperthyroïdies liées à des expositions ?

J.R. Jourdain lui répond qu'à sa connaissance on ne peut pas attribuer une hyperthyroïdie à une exposition. **B. Gagnière** précise que, pour noter l'augmentation d'une maladie, il faut la suivre ce qui n'est pas le cas ici.

C. Saut : Y a-t-il des maladies auto-immunes qui peuvent être associées à une exposition à l'iode ?

B. Gagnière lui répond qu'un cancer de la thyroïde ou d'un autre type n'est pas en soi dû à l'iode mais à la perturbation des mécanismes de synthèse due à la présence des rayonnements.

J.C. Chatard : Comment arrive-t-on à saturer la thyroïde ? Quel est l'apport de l'alimentation ? des produits de la mer ?

J.R. Jourdain lui répond qu'il n'y a pas de l'iode que dans les produits de la mer mais aussi dans les légumes et dans bien d'autres aliments. Il faut une alimentation très spécifique pour saturer la thyroïde.

J.C. Chatard : On nous a dit qu'en Corse la population est carencée en iode. Est-ce que c'est vrai ?

J.R. Jourdain lui demande sur quelle information est basée cette affirmation ?

J.C. Chatard lui répond que c'est une information de l'Office Régional de la Santé.

B. Gagnière précise qu'un individu n'est pas carencé ou non, il y a des degrés de carence. Si la thyroïde est carencée en iode et si elle est soumise à des rayonnements, cela n'exclut pas que l'on aura un cancer de la thyroïde dû à d'autres causes.

Ph. Renaud indique qu'il serait intéressant de connaître les quantités d'iode ingérées quotidiennement (150 µg par jour en moyenne) en Corse par rapport à la moyenne nationale et connaître plus précisément le taux de captation d'une population particulière, d'observer s'il y a une différence entre les populations vivant sur la côte et les populations vivant dans la partie montagneuse.

A. Sugier indique qu'il faudrait peut-être nouer des relations plus étroites avec l'ORS de Corse pour répondre à ces questions. **J.C. Chatard** fait remarquer que cet organisme n'est pas très sérieux car il continue d'affirmer que le nuage radioactif n'est pas passé en Corse. Le seul rapport de l'ORS sur l'accident de Tchernobyl n'apporte rien, ajoute-t-il.

Ph. Renaud : Peut-on conclure que plus on est carencé en iode, moins l'iode radioactif se fixe dans la thyroïde ?

J.R. Jourdain : Une des hypothèses serait qu'en cas de forte carence, le transporteur n'est plus opérationnel. Mais aujourd'hui, on ne peut sûrement pas dire qu'une carence en iode est radioprotectrice.

Ph. Hubert : Ce que l'on voit dans les données précédentes, c'est qu'il y a moins d'iode 129, lorsqu'il y a une carence des mères en iode. Le reste est à démontrer.

Ph. Renaud : Est-ce que la carence imposée à la mère est importante ?

J.R. Jourdain répond que l'on ne peut pas descendre à une carence plus faible car on est en limite de dosage.

Ph. Renaud : Alors, est-ce que c'est un cas réaliste de carence en iode ? Est-ce que cet état de carence est possible chez l'homme ?

J.R. Jourdain lui dit qu'il ne peut pas répondre à la question en ce qui concerne la transposition à l'homme mais que le régime imposé à la mère est cinq fois plus faible que le régime normo-iodé.

Y. Miserey demande s'il y a eu des expériences semblables dans le cas de la saturation de la thyroïde par l'iode ?

J.R. Jourdain lui indique que c'est la prochaine étape de son étude : voir si une saturation prolongée peut conduire à des troubles pathologiques.

J.C. Chatard demande quel était l'état des connaissances sur ces points en 1986 ?

Ph. Hubert répond qu'il y avait plus de certitudes et moins de connaissances.

B. Gagnière : la question n'est pas que plus la thyroïde est carencée plus elle va capter l'iode mais que plus on est en état d'hypothyroïdie plus on a besoin d'iode. La carence iodée imposée aux animaux a-t-elle induit une hypothyroïdie ? C'est ce que l'on ne sait pas ici.

CONCLUSIONS

L'attention portée aux critiques adressées à l'IPSN concernant son rôle lors de la catastrophe de Tchernobyl, les débats et les réflexions suscités par les sujets réglementaires ou techniques litigieux, ont permis au groupe de travail de se faire une opinion sur les travaux de l'IPSN mais aussi de poser de nombreuses questions dont certaines dépassaient les missions du groupe :

- Quels sont les effets des faibles doses sur l'organisme en cas d'exposition par incorporation de radionucléides sur de très longues périodes ?
- Les données rassemblées sont-elles suffisantes pour estimer l'impact sanitaire en France dans certaines régions plus contaminées, où les habitudes de vie sont plus pénalisantes en termes de niveaux d'exposition ?
- Comment a été gérée la crise par les autorités de l'époque et par les acteurs politiques ?

La France est aujourd'hui le seul pays, en dehors des territoires contaminés proches de la centrale accidentée, où près de vingt ans après les retombées de l'accident de Tchernobyl, les conséquences sanitaires et environnementales font encore l'objet de débats et de polémiques. C'est pourtant aujourd'hui l'un des pays où la contamination des sols est la mieux connue, les cartes éditées par l'IPSN puis l'IRSN de 1997 à 2002, mais aussi par la CRIIRAD au cours de la même période, illustrent ce niveau de connaissance. La poursuite de la polémique est sans doute le résultat du débat sur la gestion de la crise elle-même durant les semaines qui suivirent l'accident.

Ce point n'est que très partiellement abordé dans le présent rapport qui se limite, comme cela est rappelé en préambule, à l'intervention de l'un des acteurs : l'IPSN.

ANNEXES GENERALES

EXTRAITS DE DOCUMENTS DE REFERENCE CITES DANS LE RAPPORT

- 1- Note de l'IPSN du 20 avril 1996 retraçant l'historique sur la polémique relative aux cancers de la thyroïde dans la région PACA durant la période 1984-1994.
- 2- Lettre du 11 janvier 2002 de A. Sugier, directrice déléguée à la protection, au Directeur Général de la Recherche à la Commission Européenne sur l'Atlas Européen de la contamination suite à la catastrophe de Tchernobyl.
- 3- Extrait du rapport Tchernobyl +16 sur l'Atlas Européen.

Note de l'IPSN du 20 avril 1996 retraçant l'historique sur la polémique relative aux cancers de la thyroïde dans la région PACA durant la période 1984-1994



REPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT DE PROTECTION ET DE SURETE NUCLEAIRE

Fontenay aux Roses, le 20 avril 1996

LES CANCERS DE LA THYROÏDE DANS LA REGION PROVENCE-ALPES-CÔTE D'AZUR DURANT LA PERIODE 1984-1994

A la suite de rumeurs persistantes sur l'augmentation de la fréquence des cancers de la thyroïde chez l'enfant en région Provence-Alpes Côte d'Azur- Corse, l'Institut de Protection et de Sécurité Nucléaire a décidé au cours de l'année 1995 de conduire une étude sur ce sujet.

Cette question a été incluse dans une étude confiée par l'IPSN à l'Observatoire Régional de la Santé (contrat signé en décembre 1995) qui porte par ailleurs sur la faisabilité d'un recueil en continu de pathologies à partir du fichier régional de l'Assurance Maladie et sur la faisabilité d'une étude des effets du stress sur les populations concernées par les inondations du Vaucluse en 1992.

I - L'ORS s'intéresse notamment au cancer de la thyroïde chez l'enfant. Il obtient les données du registre régional des cancers de l'enfant créé en 1984 par le Pr. Jean-Louis Bernard. Ce registre est agréé par la Direction Générale de la Santé et l'INSERM.

Les données, dont l'IPSN a reçu copie le 31 janvier 1996, concernent les cas de cancers recensés durant la période 1984-1991 (données du 9 novembre 1992) et durant la période 1984-94 (données du 17 janvier 1996).

Cette base de données dénombre 3 cas sur la période 1984-1991 et 17 cas sur la période 1984-1994. Le Bulletin épidémiologique hebdomadaire (n° 52 du 28/12/92, article : "Les cancers de l'enfant dans le Sud-Est de la France", D. COSTE, E. BERNARD-COUTERET, J.L. BERNARD) avait publié les mêmes données brutes pour la période 1984/91.

L'IPSN a demandé la vérification des données. Une réunion entre les médecins de l'ORS et de l'IPSN est organisée à Marseille le 8 mars 1996 avec le Pr. J.L. Bernard. Pour étudier ce qui apparaît à l'ensemble des participants comme une augmentation sensible à partir de 1992, il est décidé que l'ORS en collaboration avec le Pr. Bernard vérifiera les pathologies enregistrées, les dates de diagnostic et les lieux de résidence.

L'ORS et le Pr. Bernard tiennent une réunion de travail le 25 mars 1996 pour discuter des critères de vérification des données (répartition histologique, lieu de résidence, lieu de naissance,...). Les données continuent d'être lues comme montrant une augmentation sensible.

Pour permettre une analyse critique des données recueillies, les épidémiologistes de l'IPSN ont parallèlement interrogé les responsables de registres nationaux et internationaux, ainsi que le responsable de la veille sanitaire (DGS) sur l'évolution des données sur les pathologies thyroïdiennes.



- II L'IPSN est interrogé le 19 mars par un journaliste de "l'Événement du Jeudi" sur les conséquences de Tchernobyl. Au cours de l'entretien, l'augmentation des cas est mentionnée mais les chiffres ne sont pas cités. Le journaliste est orienté vers le Pr. Bernard, qu'il contactera peu après.

Un article du journal "le Nouvel Observateur" paru le 28 mars accentue l'intérêt des médias : Mme Sugier répond (le 28 mars) à une interview du journal "Le Monde". Le lien avec l'accident de Tchernobyl est jugé peu probable et la nécessité de confirmation est réaffirmée.

Pour répondre alors aux très nombreuses demandes des médias, l'IPSN et l'ORS diffusent le 28 mars une note d'information commune. Cette note précise la nécessité d'une validation des données.

- III L'IPSN a mentionné cette augmentation des cas enregistrés lors des réunions suivantes :

- le 20 février 1996, au comité de direction de l'IPSN.
- le 22 février 1996, au comité scientifique de l'IPSN.
- le 19 mars 1996, devant le Conseil Supérieur de la Sécurité et de l'Information Nucléaire (CSSIN).

Chacune des présentations de l'IPSN signalait que les chiffres devaient faire l'objet d'une vérification.

- IV Dans l'après-midi du 28 mars, l'IPSN et l'ORS sont informés d'une nouvelle répartition de ces cas sur la période 1984-94 lors d'une conversation téléphonique avec la DGS. Celle-ci tient ses informations du Pr Bernard.

Ces nouvelles données ne montreraient plus d'augmentation au cours de la période 84-94. Effectivement, le 2 avril l'ORS transmet à l'IPSN une fiche signée conjointement entre l'ORS et le Pr Bernard analysant l'état du registre au 29 mars et infirmant les informations antérieures.

En accord avec le Directeur Général de la Santé, l'IPSN diffuse le 3 avril un communiqué fondé sur cette transmission. La presse a largement repris ce second communiqué.

*

En résumé,

Devant la persistance de rumeurs d'apparition de cancers de la thyroïde chez l'enfant, l'Institut a confié en décembre 1995 la conduite d'une étude à l'Observatoire Régional de la Santé de Marseille. Les données brutes révèlent une répartition temporelle des cas de cancers de la thyroïde très surprenante, conduisant à une augmentation du nombre de cas dans la période 1992-1994. Les premières vérifications, qui ne démentent pas ces chiffres, amènent l'Institut à faire part de cette augmentation, avec les réserves d'usage, aux différentes instances, à savoir : le Comité de Direction et le Comité Scientifique de l'IPSN ainsi que le CSSIN entre le 20.02. et le 21.03.96.

Plusieurs journalistes ayant eu connaissance de la teneur de ces données, par leurs propres canaux, ont demandé à l'Institut d'apporter des commentaires.

Rien n'indiquait alors qu'une répartition temporelle des cas de cancers, différente de celle évoquée depuis 2 mois, était possible.

Lorsque de nouvelles informations ont été disponibles, l'IPSN les a rapidement communiquées aux médias.

**Lettre du 11 janvier 2002 de A. Sugier, directrice déléguée à la protection,
au Directeur Général de la Recherche à la Commission Européenne sur l'Atlas
Européen de la contamination suite à la catastrophe de Tchernobyl**



REPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT DE PROTECTION ET DE SURETE NUCLEAIRE

La Directrice Déléguée à la Protection

Fontenay aux Roses, 11 janvier 2002

IPSN/D/02/114

Monsieur Achilleas MITSOS

Directeur Général de la Recherche
Commission Européenne
Rue de la Loi, 200
1049 Bruxelles
BELGIQUE

Objet : ATLAS Césium

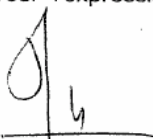
Monsieur le Directeur Général,

La Commission Européenne a publié en 1998 un ATLAS des dépôts de césium en Europe suite à l'accident de Tchernobyl.

L'élaboration de cet ATLAS a été faite dans le cadre d'un programme de recherche sur les conséquences de l'accident sous la direction de la Commission et des Ministres responsables des actions relatives à Tchernobyl en Belarus, Ukraine et Russie.

Nous souhaitons, dans la perspective de l'élaboration d'une nouvelle version de cet ATLAS, compléter les données concernant la France. En effet, les informations qui ont servi à cartographier le césium en France ne rendent pas compte des informations disponibles à ce jour.

Je vous prie, Monsieur le Directeur Général, d'agréer l'expression de mes salutations distinguées.


Annie SUGIER

Extrait du rapport Tchernobyl +16 sur l'Atlas Européen

- 80 -

L'ATLAS EUROPEEN

En 1998, la Commission Européenne¹ publiait un ATLAS des dépôts de césium en Europe résultant de l'accident de Tchernobyl, élaboré au cours de la période 1992-1995 dans le cadre d'un programme de recherche coopérative avec les ministres des Affaires de Tchernobyl de Bélarus, Russie et Ukraine. Les informations qui ont servi à l'établissement de l'Atlas ont été fournies par chacun des pays européens concernés. Dans le cas français, ce document ne rend pas compte de l'ensemble des mesures rendues publiques par ailleurs, notamment par l'IRSN.

Dans un ouvrage récemment publié et intitulé « Contaminations radioactives : Atlas France et Europe »², la CRII-RAD et André Paris ont présenté une carte de la contamination des sols par le césium 137 sur la base d'une étude menée entre 1987 et 1993 sur 165 communes, pour la plupart localisées dans l'Est de la France et en particulier en Alsace. Cette carte a été complétée par des mesures effectuées en 1999-2000 dans le Sud-Est de la France et la Corse.

Pour l'essentiel, l'ensemble des mesures présentées dans cet ouvrage sont cohérentes avec les différentes informations publiées au cours des dernières années par l'IRSN (cf. le présent dossier de presse).

A propos de l'Atlas européen, la CRII-RAD estime qu'« il est exclu de l'utiliser pour l'interprétation des études épidémiologiques, en tout cas, en ce qui concerne la France. Ce serait le meilleur moyen de ne rien voir, de ne rien savoir, des conséquences sanitaires de la catastrophe de Tchernobyl ».

Effectivement, s'agissant des doses et des risques pour les populations, les estimations réalisées par l'InVS et l'IRSN ne s'appuient pas sur les données de l'Atlas européen mais sur les études présentées au chapitre 4 du présent dossier de presse. L'IRSN considère cependant qu'il conviendrait d'actualiser l'Atlas européen et il a proposé à la Commission Européenne en janvier dernier, « dans la perspective de l'élaboration d'une nouvelle version de cet Atlas, de compléter les données concernant la France. En effet, les informations qui ont servi à cartographier le césium en France, ne rendent pas compte des informations disponibles à ce jour ».

Le 31 janvier 2002, le Directeur Général de la recherche à la Commission Européenne a pris acte de cette proposition, en acceptant la mise à jour des bases de données de la Commission, tout en précisant que celle-ci « n'envisage pas pour le moment de préparer une version révisée de l'Atlas ».

¹ EUR 16733 - 1998

² CRII-RAD et André Paris, Editions Yves Michel

Extrait du rapport Tchernobyl +10, estimation du nombre de cancers mortels

21

Estimation provisoire de l'IPSN du nombre de cancers mortels dus à Tchernobyl

(Projection pour une génération de 70 ans depuis 1986 (1986-2056))

Le tableau ci-dessous donne une prévision simplifiée des cancers mortels attendus suite à l'accident de Tchernobyl.

Il convient de souligner que ce type d'estimation est par nature très fragile : les données sur les doses reçues font largement défaut, la mise en oeuvre des contre-mesures protectrices n'est pas certaine, et, bien entendu, la relation dose-effet à très faible débit de dose reste débattue. De telles estimations ne peuvent donc qu'être un ordre de grandeur.

Population en cause	Taille de la population	Type de cancer	Nombre « normal » de morts par cancers	Excès prédit sur la durée de vie	
				Nombre	%
Intervenants Iers jours	1.000 +	Tous cancers	150-200	15-20	10
Liquidateurs	200.000	Tous cancers Leucémies	41.500 800	2.000 200	5 20
Evacuées en 1986	135.000	Tous cancers Leucémies	21.500 500	150 10	0,1 2
Habitants (>555 kBq.m ²)	270.000	Tous cancers Leucémies	43.500 1 000	1 500 100	3 9
Habitants des autres zones	3.700.000	Tous cancers Leucémies	433.000 13.000	2.500 200	0,6 1,5

Le tableau ci-dessous donne une estimation du nombre de cancer de la thyroïde à venir dans la population d'enfants particulièrement affectée.

Groupe à risque	Taille de la population	Nombre de cancers « naturels » attendu	Nombre de cancers attribuables
Enfants 0-14 ans (1986)	1.000.000	0-14 ans : 10-40 14 -70 ans : 1 000 (50-100 mortels)	4.000 - 8.000 (200-800 mortels)

Le nombre de cancers attribuables à Tchernobyl est environ 100 fois plus élevé que les cancers « naturels ». Le nombre total de cancers devrait être environ dix fois plus élevé que le nombre des cancers mortels, compte tenu du relatif bon pronostic de ce cancer.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- (1) Workshop on « Methods for Assessing the Reliability of Environmental Transfer Model Predictions » organisé par la Commission Européenne, DOE (USA), AIEA (Vienne) – Athènes, octobre 1987
- (2) Impact et dynamique de la radioactivité provenant de Tchernobyl dans trois bassins versants. Impact des accidents d'engins nucléaires sur l'environnement – Cadarache, 11-18 mars 1988
- (3) H. Maubert. Suivi de la radioactivité de l'herbe après l'accident de Tchernobyl dans le bassin du Var. Post-Tchernobyl Workshop – Bruxelles, 3-5 février 1987
- (4) Premiers résultats des observations consécutives aux dépôts radioactifs de mai 1986 dans le bassin du Tavignano – CEA/IPSN/DERS/SERE, septembre 1987
- (5) Le Tavignano en Corse – Etude d'un bassin versant après les retombées de l'accident de Tchernobyl – L. Ottavi, O. Charlent, Cadarache, 11-18 mars 1988
- (6) Observations portant sur les retombées consécutives à l'accident de Tchernobyl dans la moitié Nord de la France – Cadarache, 11-18 mars 1988, C. Capat, Y. Belot et al
- (7) Impact et dynamique de la radioactivité provenant de Tchernobyl dans trois bassins versants – J. Delmas, A. Grauby et al – Cadarache, 11-18 mars 1988
- (8) Les retombées en France de l'accident de Tchernobyl. Ph. Renaud, H. Maubert, K. Beaugelin et Ph. Ledenvic – Ed. EDP Sciences (1999)
- (9) Caractérisation des zones de France métropolitaine ayant reçu les dépôts ^{131}I les plus importants à la suite de l'accident de Tchernobyl. Ph. Renaud, J.M. Métivier – Rapport DPRE/SERNAT/2000-32 (novembre 2000)
- (10) Mission hélicoptérée dans le département des Vosges. Mesure de la contamination radioactive dans la région de Saint-Jean-d'Ormont – Rapport IPSN/97-03
- (11) Etat de la contamination en ^{137}Cs des sols de la commune de Sisteron (Alpes de Haute Provence) L. Pourcelot, Ph. Renaud, M. Morello, J. Marquet – Rapport DPRE/SERNAT/2001-28 (juillet 2001)
- (12) Synthèse des connaissances acquises par l'IPSN en Corse à la suite de l'accident de Tchernobyl, Ph. Renaud, B. Descamps, L. Pourcelot et D. Louvat – Rapport DPRE/SERNAT/2001-18 (mai 2001)
- (13) Tchernobyl 17 ans après. Rapport IRSN, 2003.
- (14) L'accident de Tchernobyl, rapport IPSN n° 2/86 Rev. CEA, Institut de Protection et de Sûreté Nucléaire (Juin 1986) – Rév. 1 (21 mai 1986) – Rév. 3 (octobre 1986)
- (15) Estimation des conséquences sanitaires en France de l'accident nucléaire de Tchernobyl à partir des mesures faites par le Groupe CEA –F. Laylavoix, C. Madelmont, N. Parmentier, D. Robeau, I. Wartenberg. Rapport DPS 86/03 SEAPS (27 juin 1986)

- (16) Lettre 1380/96/IPSN du 8/12/1986 adressée au Dr D. Fauconnier
- (17) Les incidences radiologiques de l'accident de Tchernobyl dans les pays de l'OCDE – AEN/OCDE, Paris 1987
- (18) Evaluation des conséquences sanitaires de l'accident de Tchernobyl en France : dispositif de surveillance épidémiologique, état des connaissances, évaluation des risques et perspectives – P. Verger, L. Chérié-Challine – Rapport IPSN-InVS – Réf. IPSN/00-15a – Décembre 2000
- (19) Estimation des doses moyennes à la thyroïde reçues par les enfants en France en 1986 à la suite de l'accident de Tchernobyl et analyse de sensibilité, M. Vidal, Ph. Renaud – Note technique SEGR/SAER/00-67 – Indice 1 – Novembre 2000
- (20) Estimation des doses à la thyroïde reçues à la suite de l'accident de Tchernobyl, par les enfants résidant dans les régions françaises ayant reçu les dépôts les plus importants – M. Vidal, Ph. Renaud – Note technique SEGR/SAER/00-78 Indice 1 – Avril 2001
- (21) Influence des retombées de l'accident de Tchernobyl sur l'activité en ¹³⁷Cs du vin des Côtes du Rhône – Ph. Renaud, C. Colle, R. Gurarian, J. Marquet – Rapport DPRE/SERNAT/2001-24
- (22) Réédition de la « Note sur les valeurs de radioactivité mesurées dans le Haut Bassin du Var » - H. Maubert, L. Jourd'heuil, J.M. Métivier et al – Rapport DPRE/97-04 – Septembre 1997
- (23) Planning for off-site response to radiation accidents in nuclear facilities – Safety Series n° 55 – International Atomic Energy Agency, Vienna 1981
- (24) Protection of the public in the event of Major Radiation Accidents : principles for planning-annals of the ICRP – Vol. 14 n° 2 – Pergamon Press 1984
- (25) Directive du Conseil, du 15 juillet 1980 portant modification des directives fixant les normes de base relatives à la protection sanitaire de la population et des travailleurs contre les dangers résultant des rayonnements ionisants – EUR 7330 – CCE – Radioprotection 21
- (26) Critères de radioprotection pour limiter l'exposition du public en cas de rejet accidentel de substances radioactives – Commission des Communautés Européennes – DG. Emploi, Affaires sociales et éducation – Luxembourg, juillet 1982
- (27) Chernobyl reactor accident – Report of a consultation – 6 May 1986 - World Health Organisation – Regional office for Europe, Copenhague – ICP/CEH 129
- (28) Recommandation de la Commission du 6 mai 1986 adressée aux Etats-membres concernant la coordination des mesures nationales prises à l'égard des produits agricoles suite aux retombées radioactives provenant d'Union Soviétique – Journal Officiel de la CEE n° L118 du 7 mai 1986 p. 28
- (29) Protection contre les rayonnements ionisants – principes généraux (décret n° 66 – 450 du 20 juin 1966)
- (30) Règlement Euratom n° 3954/87 du Conseil du 22 décembre 1987 fixant les niveaux maximaux admissibles de contamination radioactive pour les denrées alimentaires et les aliments pour bétail après un accident nucléaire ou dans toute autre situation d'urgence radiologique

- (31) Règlement CEE n° 1707/86 JO n° L146 du 31 mai 1986 (p. 88)
 - (32) Règlement CEE n° 737/90 du Conseil du 22 mars 1990 relatif aux conditions d'importation de produits agricoles originaires des pays tiers à la suite de l'accident survenu à la centrale nucléaire de Tchernobyl
 - (33) Recommendations of an Article 31 – Working party on EU Food Restriction Criteria for Application After an Accident (29 October 1988)
 - (34) Intervention criteria in a nuclear on radiation emergency – Safety Series n° 109 – IAEA - Vienna, 1994
 - (35) Les incidences radiologiques de l'accident de Tchernobyl dans les pays de l'OCDE – Agence pour l'Energie Nucléaire – OCDE, Paris, 1987
 - (36) Principles for Intervention for Protection of the Public in a Radiological Emergency – Publication n° 63 of the Annals of the ICRP – Vol. 22 n° 4 – Pergamon Press (1991)
 - (37) I.F. White, NRPB Emergency Data Handbook – National Radiological Protection Board, NRPB-R182 March 1986 (London HMSO)
 - (38) Linsley G.S, Crick M.J, Simmonds J.R and Haywood S.M. – Derived Emergency Reference levels for the introduction of countermeasures in the early to intermediate phases of emergencies involving the release of radioactive materials to the atmosphere. Chilton, NRPB-DL10, 1986 (London HSMO)
 - (39) Le risque d'induction de cancer par rayonnements à faible doses et faibles débits de dose. NRPB documents Vol 6 n°1 (1995)
 - (40) Conséquences radioécologiques et dosimétriques de l'accident de Tchernobyl en France. Ph. Renaud, K. Beaugelin, H. Maubert, Ph. Ledenvic – Rapport IPSN/97-03 Novembre 1997.
-