



Synthèse du rapport

"Evaluation des conséquences sanitaires de
l'accident de Tchernobyl en France :
dispositif de surveillance épidémiologique,
état des connaissances,
évaluation des risques et perspectives"

Décembre 2000

P. VERGER¹, L. CHERIE-CHALLINE²,
avec la contribution de : O. BOUTOU², D. CHAMPION¹, P. GOURMELON¹,
Ph. HUBERT¹, H. ISNARD², J. JOLY¹, M. JOUAN², Ph. PIRARD², Ph. RENAUD¹,
M. TIRMARCHE¹, M. VIDAL¹

- 1 INSTITUT DE PROTECTION ET DE SURETE NUCLEAIRE
IPSN, BP n° 6, F-92265 Fontenay-aux-Roses Cedex
- 2 INSTITUT NATIONAL DE VEILLE SANITAIRE
12, rue du Val d'Osne – 94415 Saint Maurice Cedex

RAPPORT IPSN-InVS Réf. IPSN/00-15b

Synthèse du rapport

**"Evaluation des conséquences sanitaires de
l'accident de Tchernobyl en France :
dispositif de surveillance épidémiologique,
état des connaissances,
évaluation des risques et perspectives"**

Décembre 2000

P. VERGER¹, L. CHERIE-CHALLINE²,
avec la contribution de : **O. BOUTOU², D. CHAMPION¹, P. GOURMELON¹,**
Ph. HUBERT¹, H. ISNARD², J. JOLY¹, M. JOUAN², Ph. PIRARD², Ph. RENAUD¹,
M. TIRMARCHE¹, M. VIDAL¹

1 INSTITUT DE PROTECTION ET DE SURETE NUCLEAIRE
IPSN, BP n° 6, F-92265 Fontenay-aux-Roses Cedex

2 INSTITUT NATIONAL DE VEILLE SANITAIRE
12, rue du Val d'Osne – 94415 Saint-Maurice Cedex

RAPPORT IPSN-InVS Réf. IPSN/00-15b

SOMMAIRE

1. Introduction	3
2. État des connaissances sur les conséquences sanitaires de l'accident de Tchernobyl	4
3. Situation en France concernant les cancers de la thyroïde	8
4. Évaluation des risques sanitaires liés aux retombées de l'accident de Tchernobyl en France	10
5. Pertinence et faisabilité des approches épidémiologiques possibles	13
6. Conclusions de l'étude	18

1. Introduction

L'accident de Tchernobyl, survenu le 26 avril 1986, a donné lieu à d'importants rejets radioactifs dispersés dans l'atmosphère. Ce « nuage » radioactif s'est propagé sur différents pays d'Europe, en laissant sur son passage des dépôts radioactifs plus ou moins importants selon la distance du lieu de l'accident et selon l'intensité des pluies. La France n'a pas été épargnée par cet événement.

En 1997, à la demande conjointe de la Direction de la Sûreté des Installations Nucléaires (DSIN) et de la Direction Générale de la Santé (DGS), l'Institut de Protection et de Sûreté Nucléaire (IPSN) a dressé un **bilan global des conséquences radioécologiques et dosimétriques de l'accident de Tchernobyl en France**, à partir de l'ensemble des mesures de contamination du sol et des aliments, réalisées après cet accident notamment par l'OPRI, les services du ministère de l'agriculture ainsi que par la CRIIRAD. Ce travail, rassemblé dans un rapport (IPSN 97-03) largement diffusé, a été présenté au Conseil Supérieur de la Sûreté et de l'Information Nucléaires (CSSIN) le 16 décembre 1997.

En janvier 2000, la DGS a demandé à l'IPSN et à l'Institut national de Veille Sanitaire (InVS), de lui fournir un état des connaissances sur les conséquences sanitaires de l'accident de Tchernobyl ainsi qu'une analyse sur les investigations qu'il conviendrait de mener en France pour mettre en évidence d'éventuels effets de cet accident sur la santé, notamment sur les cancers de la thyroïde.

Ce rapport conjoint de l'IPSN et de l'InVS répond à cette demande, en abordant successivement :

- une présentation de l'état des connaissances à la fois sur les conséquences sanitaires de l'accident de Tchernobyl dans les pays les plus exposés et sur les facteurs de risque des cancers thyroïdiens ;
- un rappel des principaux dispositifs contribuant à la surveillance épidémiologique des effets pouvant résulter d'une exposition aux rayonnements ionisants en France, ainsi qu'une présentation des connaissances sur les cancers de la thyroïde en France ;
- un calcul des risques de cancer de la thyroïde potentiellement liés aux retombées de l'accident de Tchernobyl en France ;
- sur la base des résultats de ce calcul, une discussion sur 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 en France.

La présente synthèse décrit les principaux résultats de ce travail, en insistant sur le cas des cancers thyroïdiens. En effet, cette pathologie est l'une des principales conséquences de l'accident de Tchernobyl observées en Biélorussie, en Ukraine et en Russie. De plus, on constate en France une augmentation des cancers de la thyroïde depuis plus de 20 ans. Bien qu'antérieure à la survenue de l'accident de Tchernobyl, cette augmentation est souvent perçue par le public et les médecins comme une conséquence de cet accident.

2. *État des connaissances sur les conséquences sanitaires de l'accident de Tchernobyl*

2.1 Généralités sur les effets sanitaires des expositions de l'homme aux rayonnements ionisants

Des effets sur la santé ont été observés à la suite d'une exposition aux rayonnements ionisants, notamment lors d'irradiations médicales, d'accidents radiologiques majeurs (accidents industriels, accidents de sources radioactives, etc.) ou à la suite de l'explosion des bombes nucléaires à Hiroshima et Nagasaki.

Ces effets dépendent de la dose d'irradiation reçue (exprimée en Gray (Gy)) et sont de deux types bien distincts :

- **des effets aigus et subaigus** observés pour de fortes doses d'irradiation **au-dessus d'un seuil**, variable selon l'individu et l'organe affecté (de 0,15 Gy à 5 Gy) ; **la gravité de ces effets augmente en fonction de la dose reçue** ;
- **des effets différés et aléatoires** tels que les cancers, **dont la fréquence au sein d'une population exposée dépend de la dose reçue**. Pour quantifier le risque d'apparition de tels effets, l'exposition est exprimée sous la forme de dose équivalente à un organe (par exemple la thyroïde) ou de dose efficace (applicable au corps entier), dont l'unité est dans les deux cas le Sievert (Sv)¹.

Il peut exister d'autres effets sanitaires observés à la suite d'un accident radiologique majeur, tels que des troubles psychologiques, des modifications de comportement provoquées par le stress et l'anxiété (consommation de médicaments, avortements provoqués), etc.. Ces effets sont en rapport avec l'accident mais n'ont pas de lien direct avec le niveau d'exposition aux rayonnements ionisants. Par ailleurs, dans le cas de Tchernobyl, l'existence de troubles fonctionnels affectant certains organes (systèmes digestif, cardio-vasculaire, nerveux central) est également évoquée, mais il n'existe pas de lien connu entre ces troubles et l'exposition chronique aux substances radioactives rejetées par l'installation accidentée ; toutefois, peu d'études ont été faites dans ce domaine.

S'agissant de la France, les doses reçues par la population à la suite de l'accident de Tchernobyl sont faibles et ne peuvent pas entraîner d'effets aigus ou subaigus ; on s'intéresse donc ici essentiellement au risque de cancer.

Selon les résultats de l'étude de la mortalité des survivants d'Hiroshima et Nagasaki, exposés à une irradiation externe sur un temps très court (fort débit de dose), **la dose efficace ou équivalente minimale pour laquelle un excès significatif de cancers solides² (tous types confondus) a pu être mis en évidence à ce jour est de l'ordre de 100 millisievert (mSv)**. Cette valeur, qui dépend de la puissance statistique de l'étude épidémiologique ayant permis de la déterminer, ne peut pas être considérée comme un seuil en dessous duquel tout risque dû aux rayonnements ionisants pourrait être écarté.

¹ Dans la suite de l'étude, compte tenu des facteurs de dose utilisés pour le rayonnement gamma, une dose équivalente à la thyroïde de 1 Sv correspond à une dose d'irradiation de 1 Gy.

² Les tumeurs solides sont les tumeurs touchant des organes solides (estomac, poumon, thyroïde...), par opposition aux hémopathies malignes qui affectent le sang.

Par ailleurs, l'étude des cancers qui pourraient résulter d'une exposition aux rayonnements ionisants se heurte à deux difficultés importantes :

- il existe un délai entre le moment de l'exposition d'une population et le moment où peut survenir un excès de cancers provoqué par cette exposition, variable selon l'organe ou le tissu considéré (3 à 4 ans pour les leucémies, dix ans ou plus pour la plupart des tumeurs solides) ;
- il n'existe pas de type de cancer exclusivement dû à une exposition aux rayonnements ionisants ; de multiples causes ou facteurs de risque peuvent intervenir dans la survenue d'un cancer ; lorsqu'une personne est victime d'une telle maladie, aucun marqueur biologique fiable ne permet de dire, en l'état actuel des connaissances scientifiques, que l'exposition aux rayonnements ionisants a joué un rôle dans sa survenue.

2.2 Conséquences sanitaires de l'accident de Tchernobyl dans les pays les plus exposés

Pendant les dix jours qui ont suivi l'accident de Tchernobyl (26 avril 1986), des quantités considérables de radionucléides ont été rejetées dans l'atmosphère : **les deux familles de radionucléides les plus fortement présentes dans ces rejets étaient les iodes** (iode 131, iode 132/tellure 132, iode 133) **et les césiums** (césium 137, césium 134). Le nuage radioactif s'est dispersé au-dessus de l'Europe ; les régions les plus contaminées ont été le sud de la Biélorussie, le nord de l'Ukraine et les régions de Briansk et Kaluga en Russie. Dans ces régions, les dépôts de césium 137 et d'iode 131 ont pu atteindre respectivement $1,5 \cdot 10^6$ Bq/m² et $18,5 \cdot 10^6$ Bq/m².

Le principal effet détecté jusqu'à présent est une épidémie de cancers de la thyroïde, observée chez les enfants qui avaient moins de 15 ans au moment de l'accident. Suivant les régions, l'excès correspond à une multiplication par 10 à 100 de la fréquence habituelle des cancers de la thyroïde de l'enfant, chez lequel cette maladie est normalement très rare. Le rôle de l'exposition à l'iode 131 dans cette épidémie est reconnu. Les doses moyennes à la thyroïde chez les enfants ont été estimées à 400-700 mSv dans les zones les plus contaminées en Biélorussie.

En dehors des cancers de la thyroïde, une augmentation significative des taux de cancers solides en relation avec l'exposition aux retombées de l'accident de Tchernobyl n'a pas été mise en évidence à ce jour dans les trois pays les plus contaminés.

Par ailleurs, les études menées sur la population ne montrent **pas d'augmentation significative de la fréquence des leucémies** par rapport à la période antérieure à l'accident, y compris dans les zones les plus contaminées. En revanche, un excès de leucémies chez les liquidateurs (personnes qui sont intervenues pour gérer les conséquences immédiates de l'accident) est suspecté mais non confirmé à ce jour ; des études épidémiologiques sont en cours à ce sujet.

De plus, dans les pays de l'ex-URSS les plus exposés, **un excès d'anomalies congénitales à la naissance est suspecté mais non confirmé. Les observations publiées sont contradictoires et leur interprétation est perturbée par l'amélioration de l'enregistrement des anomalies à la suite de l'accident.** Cependant, une augmentation de grande ampleur n'a pas été détectée. La vérification des données est en cours en Biélorussie où existe un registre national.

En ce qui concerne les conséquences dans le reste des pays européens, deux types de pathologie ont été étudiés : les leucémies (étude ECLIS mise en place par le Centre

International

de

Recherche contre le Cancer (OMS) dans 23 pays européens pour surveiller les leucémies de l'enfant sur la période 1980–1997 à partir de 36 registres) ; les malformations congénitales (notamment, étude menée par le réseau européen de registres de malformations « EUROCAT »). Ces études concluent à l'absence d'augmentation de ces pathologies, attribuable à l'accident de Tchernobyl, dans les pays d'Europe de l'Ouest.

2.3 Facteurs de risque des cancers de la thyroïde

Les connaissances actuelles sur l'impact sanitaire de l'accident de Tchernobyl dans les pays les plus exposés conduisent à examiner les facteurs qui peuvent favoriser la survenue de cancers thyroïdiens (facteurs de risque).

L'exposition aux rayonnements ionisants est le facteur de risque du cancer de la thyroïde le mieux étudié. Plus précisément :

- un excès de risque significatif de cancer de la thyroïde a été observé après irradiation externe de la tête et du cou à des fins médicales à partir de doses à la thyroïde de l'ordre de 100 mGy. Les risques sont d'autant plus élevés que l'exposition a eu lieu à un plus jeune âge ; un excès de risque significatif n'a pas été observé lors d'une irradiation externe à l'âge adulte, notamment chez les survivants d'Hiroshima et de Nagasaki ;
- aucune augmentation significative du risque de cancer de la thyroïde n'a été observée après irradiation médicale par injection d'iode 131 (irradiation interne) chez l'adulte comme chez l'enfant.
- un excès de risque a été observé à la suite d'un essai nucléaire atmosphérique américain en 1954 (îles Marshall), au cours duquel la population a été simultanément exposée à une irradiation externe et une irradiation interne par des iodures radioactifs, avec une dose moyenne à la thyroïde de 12400 mGy.

Il faut souligner que les conditions d'exposition (nature de l'irradiation, type de radionucléides, débit de doses, etc.) sont différentes d'une situation à l'autre et ne sont pas facilement transposables au cas de l'accident de Tchernobyl. **Ainsi, en dehors du cas de cet accident, aucun excès de cancers thyroïdiens imputable à une contamination interne résultant majoritairement de l'iode 131, n'avait été mis en évidence. La constatation d'une épidémie de cancers de la thyroïde chez l'enfant après l'accident de Tchernobyl, dont le lien avec une irradiation interne par l'iode 131 est établi, a donc apporté un élément nouveau dans l'appréciation du risque lié à l'exposition à l'iode 131.**

D'autres facteurs de risque du cancer de la thyroïde sont établis ou suspectés, notamment :

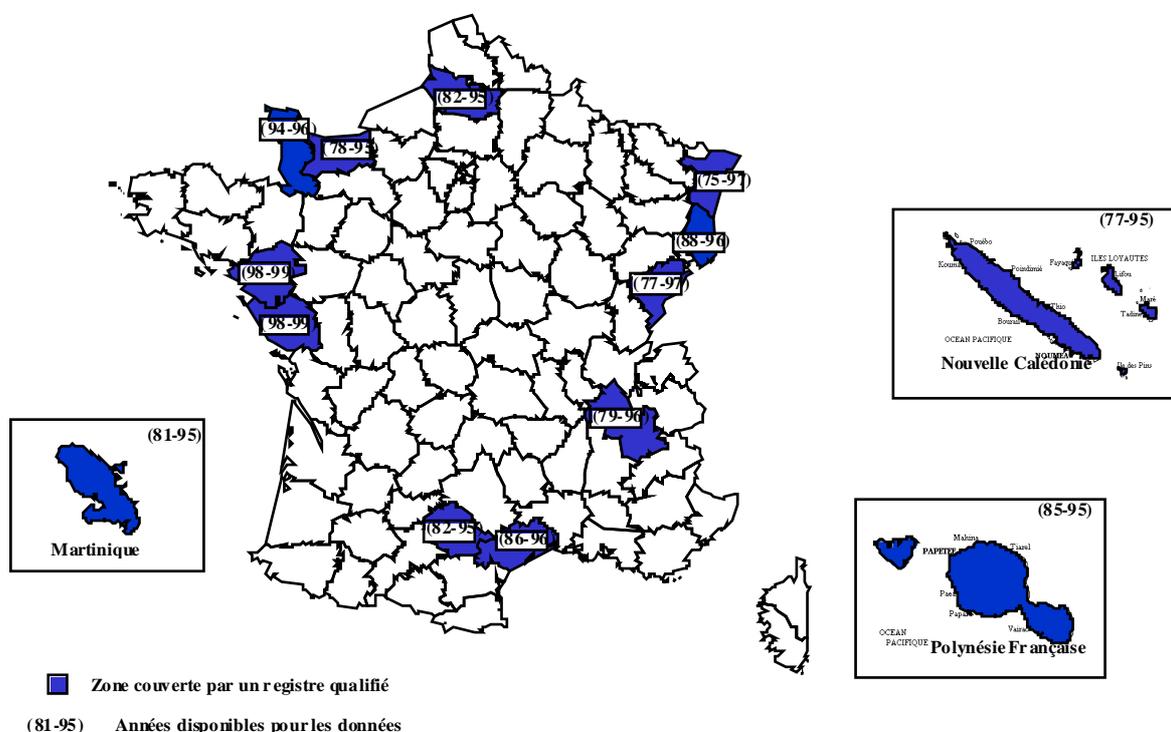
- l'âge : la fréquence du cancer de la thyroïde augmente avec l'âge ;
- les antécédents de goitre ou de nodules bénins de la thyroïde ;
- les facteurs nutritionnels (carence ou excès d'apport en iode dans les aliments) ;
- les facteurs hormonaux (par exemple, la fréquence est 2 à 3 fois plus élevée chez la femme que chez l'homme).

3. Situation en France concernant les cancers de la thyroïde

3.1 Les registres des cancers en France

La surveillance de la fréquence des cancers est indispensable après un accident comme celui de Tchernobyl. Elle est possible à partir des registres des cancers pour la réalisation desquels un personnel qualifié effectue l'enregistrement et l'analyse des nouveaux cas de cancer qui surviennent chez les habitants d'une zone géographique définie.

En 1986, la France disposait de registres généraux de cancers³ dans six départements. Ce dispositif a été étendu et comprend en 1999 treize registres généraux de cancer qualifiés par le Comité National des Registres (CNR), dont dix couvrant onze départements, soit environ 13% de la population générale métropolitaine (figure 1).



Source : InVS - DMCT

Figure 1. Registres généraux des cancers – Situation au 31 décembre 1999

Par ailleurs, deux registres nationaux des cancers de l'enfant ont vu le jour : un registre national des « leucémies » de l'enfant, créé en 1995, et un registre national des tumeurs solides de l'enfant ; ce dernier, déjà opérationnel dans 6 régions couvertes par les registres locaux de cancers de l'enfant préexistants, doit être étendu à l'ensemble du territoire en 2002 (figure 2).

³ c'est-à-dire de registres dans lesquels tous les types de cancer sont enregistrés dans toute la population générale de la région couverte.

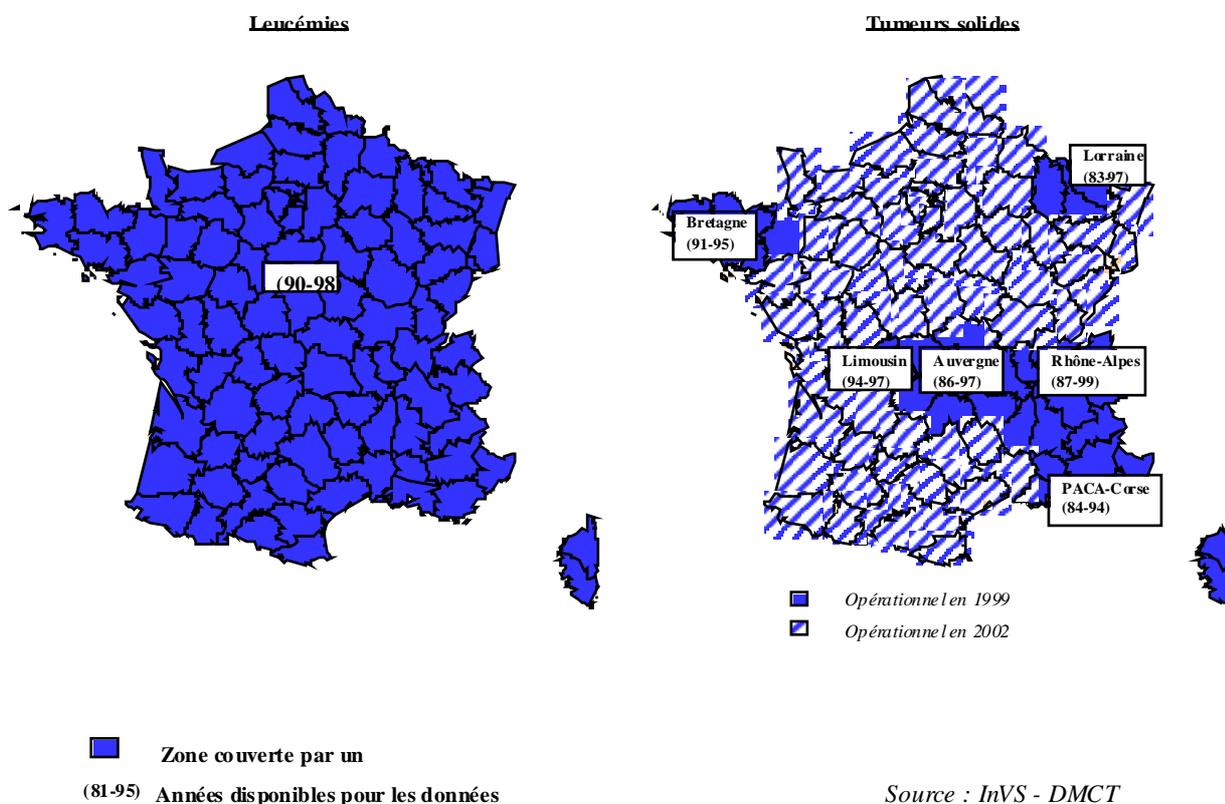


Figure 2. Registres des cancers de l'enfant – Situation au 31 décembre 1999

3.2 Incidence⁴ et mortalité des cancers de la thyroïde en France

Le réseau FRANCIM des registres du cancer a réalisé des estimations de l'incidence annuelle des cancers pour la France entière sur la période 1975-1995. Ces estimations nationales sont produites par modélisation à partir des données nationales de mortalité et des données d'incidence observées dans huit départements métropolitains couverts par un registre. Ces modélisations reposent sur le rapport incidence/mortalité. Dans le cas des cancers thyroïdiens la mortalité est faible et relativement constante sur la période étudiée ; il en résulte que cette méthode amplifie l'augmentation de l'incidence.

Ainsi, dans la population générale, l'incidence estimée du cancer de la thyroïde est passée, entre 1975 et 1995, de 0,6 à 3,1 pour 100 000 habitants chez les hommes et de 2,1 à 5,7 pour 100 000 habitants chez les femmes (figure 3). Un examen des données des registres des cancers dans la plupart des autres pays d'Europe ne montre pas une tendance aussi nette, notamment chez l'homme. L'augmentation des cancers thyroïdiens est observée avant l'accident de Tchernobyl et se poursuit après ; durant la même période, la mortalité par cancer de la thyroïde n'a pas augmenté chez l'homme et a légèrement diminué chez la femme. On constate

⁴ incidence : nombre de nouveaux cas de cancers thyroïdiens dans une population donnée (ex. : France entière) pendant une période de temps donnée (le plus souvent : une année)

également une grande variabilité de l'incidence entre départements français ; les taux les plus bas sont observés dans la Somme et le Doubs et les plus élevés dans le Tam et le Calvados.

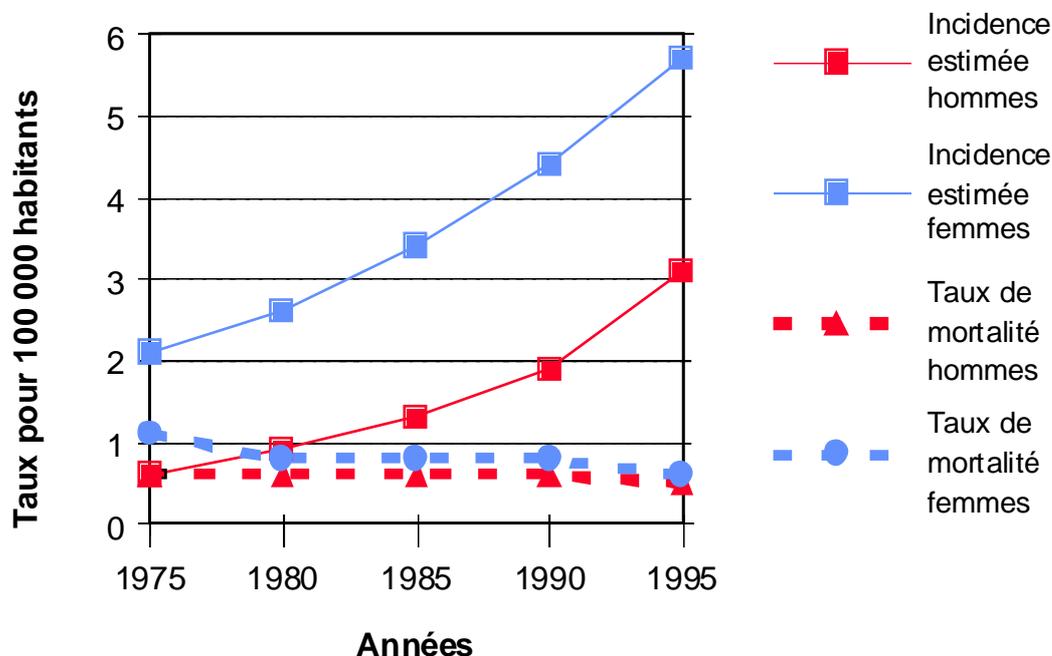


Figure 3. Incidence et mortalité du cancer de la thyroïde dans la population générale française sur la période 1975-1995 séparément chez les femmes et les hommes [rapport DGS-FRANCIM, 1999]

Les causes de cette augmentation, ainsi que les différences observées d'un département à l'autre ou d'un pays à l'autre, ne sont pas établies à ce jour.

Chez l'enfant, le cancer de la thyroïde est très rare, avec une incidence annuelle de 1 à 2 cas par million d'enfants de moins de 15 ans ; les données disponibles ne révèlent **pas d'augmentation au cours des 20 dernières années, mais sont difficilement interprétables compte tenu du faible nombre de cas.**

4. Évaluation des risques sanitaires liés aux retombées de l'accident de Tchernobyl en France

Pour évaluer la faisabilité et la pertinence d'une étude épidémiologique visant à mettre en évidence l'impact éventuel des retombées de l'accident de Tchernobyl en France, une évaluation des risques sanitaires a été effectuée à partir des données sur l'exposition moyenne de la population française consécutive à cet accident. Le risque plus particulièrement considéré ici est le cancer thyroïdien.

4.1 Estimation des doses à la thyroïde reçues par la population française à la suite de l'accident de Tchernobyl

L'étude menée par l'IPSN en 1997 sur les conséquences radioécologiques et dosimétriques de l'accident de Tchernobyl en France fournit une estimation des doses reçues par la population française, tenant compte de l'ensemble des mesures de contamination effectuées en France après l'accident. Quatre zones ont été distinguées selon l'importance des dépôts moyens en césium 137 (figure 4) : l'Est de la France (zone I) a été plus particulièrement exposé aux retombées radioactives de l'accident de Tchernobyl.

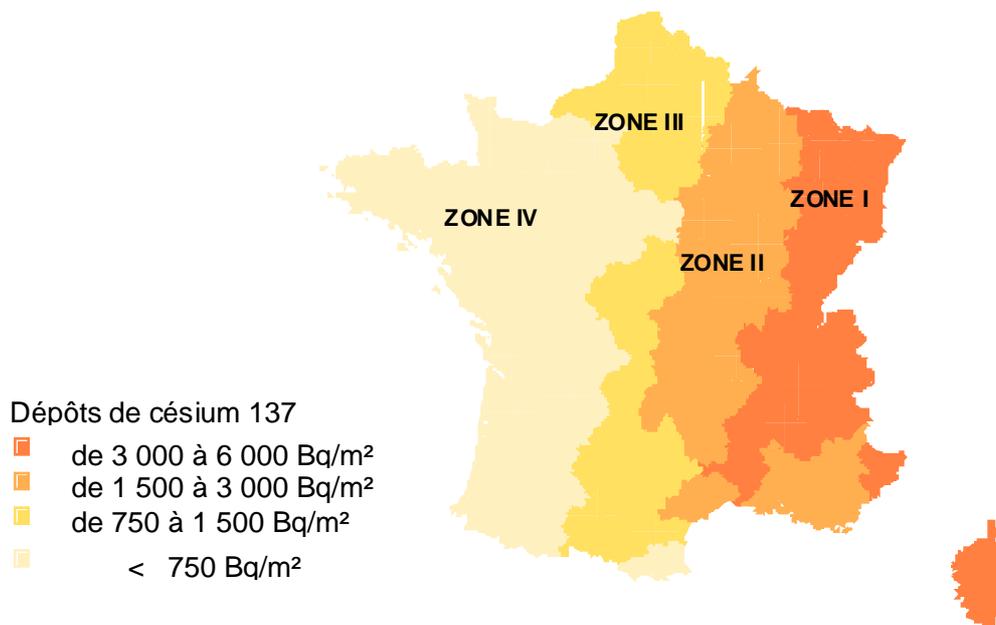


Figure 4. Carte des zones retenues pour l'estimation des doses à partir des dépôts moyens par département de césium 137 sur les surfaces agricoles [rapport IPSN 97-03 de 1997]. Les dépôts en iode 131 en 1986 étaient environ 10 fois plus élevés.

Dans le but d'évaluer les doses et les risques de cancer de la thyroïde dans la zone I, une enquête a été effectuée afin de recueillir des données plus précises que celles qui avaient pu être rassemblées en 1997 concernant la proportion de produits frais consommés, la provenance des aliments, les délais de consommation. A partir de ces données et des données de contamination sur l'iode 131 rassemblées en 1997, des **estimations de doses à la thyroïde** ont été effectuées pour les enfants qui résidaient dans la zone I et âgés de 3 mois, 1 an, 5 ans et 10 ans en 1986. **Les résultats de ces estimations sont 1,9 mSv pour le nourrisson, 9,8 mSv pour l'enfant d'1 an, 5,9 mSv pour l'enfant de 5 ans et 3,0 mSv pour l'enfant de 10 ans ; ces valeurs sont établies à partir d'une valeur de 45 000 Bq/m² pour les dépôts d'iode 131 sur les surfaces agricoles de la zone I, et sont considérées comme une moyenne pour l'ensemble cette zone. De ce fait, certaines personnes d'une même tranche d'âge ont pu avoir des doses plus faibles et d'autres des doses plus fortes, selon leur mode de vie.** L'analyse 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. Ainsi, un enfant d'un an qui aurait consommé uniquement du lait de chèvre provenant de la zone I en 1986 aurait eu une dose à la thyroïde estimée à 214 mSv ; toutefois, les données disponibles montrent que les

consommateurs de lait de chèvre sont peu nombreux (0,2 % de la population) et ils sont vraisemblablement des consommateurs occasionnels.

4.2 Calcul du nombre de cancers de la thyroïde en excès parmi les enfants qui résidaient dans l'Est de la France en 1986

L'évaluation du risque sanitaire causé par les retombées de l'accident de Tchernobyl en France a été réalisée en calculant le nombre de cancers de la thyroïde en excès⁵ parmi les enfants de moins de 15 ans qui résidaient dans la zone I (cf. carte de la figure 4) en 1986. Ce groupe d'enfants comporte 2,27 millions de personnes.

Les doses moyennes à la thyroïde estimées chez l'enfant en France sont faibles, de l'ordre de 100 fois moins que celles reçues par les enfants de Biélorussie parmi lesquels une épidémie de cancers thyroïdiens a été décelée. **Pour ces niveaux de dose, l'existence d'un risque réel est incertaine car on ne dispose pas d'observation épidémiologique mettant en évidence un excès de cancers de la thyroïde aux faibles doses et dans des conditions d'exposition équivalentes. On ne peut cependant pas exclure la possibilité d'un tel excès, en particulier chez les enfants.** En effet, ceux-ci constituent une population beaucoup plus radiosensible que les adultes, concernant le cancer de la thyroïde ; par ailleurs, c'est dans ce groupe de personnes que les doses à la thyroïde estimées sont les plus élevées, en comparaison avec les doses moyennes des enfants des autres zones ou des adultes. Les enfants nés dans la même zone après juin 1986 n'ont pas été inclus dans cette étude car ils n'ont pas été exposés à l'iode 131 en raison de la courte durée de vie (période radioactive de 8 jour) de cet élément.

La réalisation du calcul de l'excès potentiel de risque aux faibles doses se heurte ainsi à deux difficultés méthodologiques importantes :

- les risques ont été calculés par extrapolation à partir des connaissances sur les effets aux doses plus fortes selon **l'hypothèse d'une relation dose-effet linéaire sans seuil** ; cette hypothèse n'est ni démontrée ni infirmée au plan scientifique ;
- la plupart des coefficients de risque⁶ disponibles pour le cancer de la thyroïde ont été établis à partir d'études épidémiologiques sur des populations qui ont été exposées à une irradiation externe seule ou à une irradiation mixte (externe et iodes radioactifs) ; une étude récente (Jacob, 1999) menée sur les enfants de Biélorussie exposés à l'accident de Tchernobyl fournit des coefficients propres à une exposition à l'iode 131 ; toutefois, il s'agit d'une étude de corrélation géographique effectuée sur une période d'observation courte ; ses coefficients de risque sont donc moins solides surtout pour les calculs effectués jusqu'à 2015.

Au total, **6 modèles de risque**, y compris le modèle de Jacob, ont été utilisés pour faire les calculs de risque afin de connaître l'influence des modèles sur les résultats d'excès de risque calculés.

En raison du délai de latence entre l'exposition de la thyroïde aux rayonnements ionisants et l'apparition d'un cancer de cet organe (au moins 5 ans), **les retombées de l'accident de Tchernobyl en France ne peuvent pas être à l'origine d'un excès de cancers de la thyroïde sur la période antérieure à 1991**. Le calcul de risque est donc fait à partir de 1991, selon deux périodes: 1991-2000 et 1991-2015. Pour ces deux périodes, le nombre de **cancers de la**

⁵ Il s'agit du nombre de cas supplémentaires par rapport au nombre de cancers qui auraient dû apparaître dans la population considérée en l'absence d'exposition aux retombées de l'accident de Tchernobyl

⁶ Coefficient permettant de calculer un excès de cancers en fonction de la dose reçue par une population exposée

thyroïde spontanés (c'est-à-dire sans exposition aux retombées de l'accident de Tchemobyl) dans ce groupe d'enfants a également été estimé à l'aide des données sur la fréquence de ces cancers par tranche d'âge, disponibles pour la période 1982-1992 ; ces estimations sont elles-mêmes entachées d'une incertitude qui a été évaluée. Les résultats de ces calculs sont rassemblés dans le tableau ci-dessous.

Estimation des cancers de la thyroïde spontanés et des excès de cancers chez les personnes âgées de moins de 15 ans en 1986 qui résidaient dans la zone I, selon les modèles retenus

Période	Nombre de cancers de la thyroïde spontanés	Nombre de cancers de la thyroïde en excès	Pourcentage en excès par rapport au nombre de cancers spontanés
1991-2000	97 ± 20	Entre 0,5 et 22,0	0,5 à 22,7 %
1991-2015	899 ± 60	Entre 6,8 et 54,9	0,8 à 6,1 %

Ces résultats montrent que, selon le modèle choisi, les excès de cas estimés sont inférieurs ou comparables aux incertitudes sur l'estimation du nombre de cancers spontanés : ces excès devraient dès lors être difficilement détectables du point de vue épidémiologique. Compte tenu des limites méthodologiques indiquées ci-dessus et des incertitudes sur l'existence d'un risque aux faibles doses, il est aussi possible que l'excès réel de risque de cancers thyroïdiens, aux niveaux de dose considérés ici, soit nul.

4.3 Perspectives d'amélioration de l'estimation des risques

Des travaux complémentaires permettraient d'affiner les estimations de doses et de risque présentées ci-dessus. En particulier, il existe quelques zones situées dans des départements de l'Est de la France (Haute-Corse, Jura, Drôme, Alpes-Maritimes, Corse-du-Sud, Vaucluse, Haute-Saône, Meuse, Vosges et Alpes-de-Haute-Provence) qui présentent des dépôts de radioactivité nettement plus élevés que la moyenne des départements de la zone I, en raison de fortes pluies survenues entre le 1^{er} mai et le 5 mai 1986. Il conviendrait de faire une évaluation plus précise des doses et du risque pour les personnes qui résidaient dans ces zones au moment de l'accident.

5. *Pertinence et faisabilité des approches épidémiologiques possibles*

A partir des connaissances et des résultats présentés ci-dessus, trois questions se posent :

- est-il possible de mettre en évidence par des études épidémiologiques les excès potentiels de risque de cancer de la thyroïde calculés précédemment ?

- l'augmentation des cancers de la thyroïde constatée en France depuis 20 ans, donc dès avant l'accident de Tchemobyl, reflète-t-elle une augmentation réelle du risque de survenue de ce cancer ?
- si oui, quels sont les facteurs de risques possibles et comment les mettre en évidence ?

Une discussion autour de ces trois questions est présentée ci-après.

5.1 Peut-on mettre en évidence un excès de risque attribuable à l'accident de Tchernobyl par des études épidémiologiques ?

Les résultats des calculs précédents ont été utilisés pour discuter la pertinence et la faisabilité d'études épidémiologiques pour mettre en évidence un excès de risque attribuable à l'accident de Tchernobyl. Les conditions nécessaires à la réalisation d'études de cohorte⁷ ou d'études cas-témoins⁸, visant à évaluer l'impact direct des retombées de l'accident de Tchernobyl en France ont été examinées. Pour la période 1991-2000, l'excès de risque calculé le plus élevé est de 23 %. Sa mise en évidence par une étude de cohorte nécessiterait l'observation d'environ 200 cas de cancers de la thyroïde parmi les personnes âgées de moins de 15 ans en 1986 et qui résidaient dans la zone est de la France, alors que le nombre de cas attendus dans cette population de 2,27 millions de personnes sur cette période n'est que de 97.

Une étude cas-témoins serait, *a priori*, plus appropriée car elle permettrait de recueillir de l'information sur un nombre plus restreint de personnes. Pour mettre en évidence un excès de risque de 20 % par une étude cas-témoins, il faudrait inclure environ 1540 cas de cancers thyroïdiens, nombre sensiblement plus élevé que celui de cancers thyroïdiens attendus chez les personnes âgées de moins de 15 ans en 1986, pour la France entière, sur 1991-2000. Une enquête cas-témoins incluant 500 cas, ce qui correspond au nombre de cas qui pourrait être observés sur cette période, permettrait, en théorie, d'écarter un excès de risque d'au moins 40 %. Pour être réalisée, le recueil de cas devrait être effectué de la façon la plus exhaustive possible, sur la France entière, auprès de l'ensemble des sources d'informations pertinentes concernant le cancer de la thyroïde. Pour cette raison elle serait difficile à mettre en œuvre. Sa réalisation serait en revanche facilitée en présence d'un système de surveillance renforcé et élargi du cancer de la thyroïde en France. L'absence de données précises sur les expositions individuelles, qui seraient évaluées que de façon qualitative par des questionnaires remplis 15 ans après l'événement, ne faciliterait cependant pas l'étude du lien causal entre le niveau d'exposition des personnes et les excès éventuellement observés.

Il convient de noter qu'une étude épidémiologique, conduite par l'Union Régionale des Médecins Libéraux de Franche-Comté, est en cours, dans le but d'estimer la fréquence des cancers de la thyroïde chez les enfants âgés de 0 à 14 ans ayant résidé en Franche-Comté entre le 1^{er} janvier 1980 et le 31 décembre 1998. Les résultats de cette étude, lorsqu'ils seront disponibles, fourniront des éléments nouveaux à la discussion épidémiologique présentée ci-dessus.

⁷ Il s'agit de l'étude de la fréquence de troubles de santé ou de maladies dans le groupe de personnes exposées, comparativement à celle d'une population de référence (population non exposée).

⁸ Il s'agit d'une étude comparant un groupe de cas (personnes malades) à un groupe de témoins (personnes non malades ou atteintes d'une autre maladie) du point de vue de leur exposition passée aux facteurs de risque étudiés (ici, l'exposition à l'iode 131 due à l'accident de Tchernobyl) dans le but d'étudier le lien éventuel entre la maladie et l'exposition à ces facteurs.

5.2 L'augmentation de la fréquence des cancers de la thyroïde reflète-t-elle une augmentation réelle du risque de survenue de ce cancer en France ?

L'estimation de la fréquence des cancers de la thyroïde en France, réalisée à partir des registres généraux de cancers, met en évidence une augmentation de la fréquence des cancers de la thyroïde depuis 20 ans, touchant la population adulte. Avant d'invoquer une cause environnementale pour cette augmentation, il est nécessaire de vérifier en tout premier lieu si celle-ci peut être expliquée par des **biais de dépistage**, c'est-à-dire par l'évolution des pratiques de détection, de diagnostic et de traitement des pathologies thyroïdiennes. Bien que le rôle de tels facteurs soit probable, cela reste à démontrer.

Plusieurs actions sont engagées ou prévues pour mieux décrire la réalité et la nature de l'évolution de la fréquence des cancers de la thyroïde en France. Il s'agit notamment :

- d'une mise à jour des données des registres généraux sur les cancers de la thyroïde afin d'étudier l'évolution de la fréquence de ces cancers, ses variations dans les différents départements couverts par un registre et l'influence de critères tels que l'âge et la période de naissance ; des résultats devraient être disponibles en mars 2001 ;
- d'une étude en cours dans le département de la Manche, portant sur l'évolution durant la dernière décennie (1988 – 1998) de la fréquence du cancer thyroïdien en fonction de la taille de la tumeur et de son stade d'évolution au moment du diagnostic ; une augmentation de la fréquence des tumeurs de très petite taille serait un argument solide en faveur de l'influence de la modification des pratiques médicales au cours du temps ;
- d'études, en cours, sur l'évolution des pratiques anatomo-pathologiques (nombre de prélèvements, taille du cancer, morphologie) sur la période 1988-1999 et sur l'évolution des pratiques d'exploration et de prise en charge chirurgicale des pathologies thyroïdiennes entre 1980 et 2000, afin d'évaluer l'impact éventuel de ces évolutions sur l'augmentation observée de la fréquence des cancers thyroïdiens.

5.3 Si l'augmentation du risque de survenue d'un cancer thyroïdien est réelle, quels sont les facteurs possibles et comment les mettre en évidence ?

Le fait que l'augmentation de la fréquence des cancers thyroïdiens soit observée sur la période de 10 ans précédant l'accident de Tchernobyl montre que **cet événement ne peut pas être à l'origine de l'augmentation avant 1986**. Par ailleurs, l'exposition aux retombées de l'accident de Tchernobyl est un facteur de risque de cancer thyroïdien concernant principalement les enfants qui résidaient dans l'Est de la France en 1986, alors que l'augmentation constatée des cancers thyroïdiens semble concerner la population adulte de la France entière. Par conséquent, les calculs de risque réalisés dans le cadre de la présente étude donnent des résultats qui ne permettent pas d'expliquer l'augmentation de la fréquence des cancers de la thyroïde constatée dans la population générale française après 1986.

S'il apparaît que cette augmentation n'est pas expliquée uniquement par des biais de dépistage, il pourrait être envisagé de mener **une étude cas-témoins sur l'ensemble des facteurs de risque du cancer de la thyroïde en France**, notamment les antécédents thyroïdiens, les facteurs hormonaux, les facteurs environnementaux et comportementaux, les facteurs médicaux, les facteurs génétiques et les biomarqueurs d'exposition... Parallèlement, il serait utile d'étudier l'évolution dans le temps de l'exposition aux facteurs de risque les plus

importants et les mieux documentés du cancer de la thyroïde, à savoir l'exposition à d'autres sources de rayonnements ionisants (irradiations médicales de la tête et du cou, scintigraphies thyroïdiennes, retombées des essais nucléaires atmosphériques) et les goitres et tumeurs bénignes de la thyroïde.

5.4 Renforcement de la surveillance des cancers de la thyroïde en France

Si les résultats de l'évaluation de risque permettent de conclure que les risques attribuables aux retombées de l'accident de Tchemobyl en France sont faibles et que l'observation d'un excès de risque par un dispositif épidémiologique serait difficile, voire impossible, il paraît cependant opportun de recommander un renforcement de la surveillance du cancer de la thyroïde avec les objectifs suivants :

- suivre la fréquence des cancers de la thyroïde et la mettre en regard de l'évolution des pratiques de prise en charge chirurgicale ; mieux connaître la situation actuelle, voire passée, et disposer d'estimations plus précises des taux d'incidence dans les différentes régions ;
- fournir un outil facilitant la réalisation d'études épidémiologiques sur les facteurs de risque de ce cancer ou visant à étudier l'impact d'une éventuelle exposition environnementale ou professionnelle ;
- disposer d'un point « zéro » épidémiologique qui pourrait servir de base au programme de surveillance sanitaire qu'il conviendrait de mettre en place à la suite d'un accident nucléaire survenant en France ou dans un pays proche.

Le renforcement de la surveillance épidémiologique du cancer de la thyroïde en France concerne la qualité du dispositif (exhaustivité des enregistrements, renseignements sur les caractéristiques des tumeurs, ...) et, éventuellement, son extension géographique.

Ces recommandations rejoignent celles contenues dans le rapport « Rayonnements ionisants et santé : mesure des expositions et surveillance des effets sur la santé » de A. Spira et O. Boutou, remis en 1998 aux ministres de l'environnement et de la santé et publié à la documentation française.

6. Conclusions de l'étude

En réponse à la demande de la Direction générale de la santé, l'étude conjointe IPSN-InVS apporte une appréciation qualitative et quantitative sur les conséquences sanitaires de l'accident de Tchemobyl en France, au travers du calcul des risques de cancers de la thyroïde potentiellement induits pour les enfants qui résidaient dans l'Est de la France en 1986. Les principales conclusions sont les suivantes :

- **Les doses moyennes à la thyroïde estimées pour les enfants de moins de 15 ans qui résidaient dans l'Est de la France sont faibles**, de l'ordre de 100 fois moins que celles reçues par les enfants de Biélorussie parmi lesquels une épidémie de cancers thyroïdiens a été décelée. **Dans ces conditions, l'existence d'un risque réel est incertaine** car on ne dispose pas d'observation épidémiologique mettant en évidence un excès de cancers de la thyroïde à ces niveaux de dose et dans des conditions d'exposition équivalentes. **Il se peut donc que le risque soit nul, mais, par prudence, on ne peut cependant pas exclure la possibilité d'un tel excès, en particulier chez les enfants.**
- En supposant une relation dose-effet linéaire sans seuil entre les doses à la thyroïde et les excès de risque de cancer de la thyroïde aux faibles doses, hypothèse couramment admise dans les études de gestion des risques, **le calcul théorique du nombre potentiel de cancers de la thyroïde en excès** pour les enfants qui résidaient dans l'Est de la France en 1986 conduit aux résultats suivants, selon le modèle choisi : **sur la période 1991-2000,**

entre 0,5 et 22 cancers en excès pour 97 cas spontanés attendus, c'est-à-dire entre 0,002 et 0,1 cas pour 100 000 habitants et par an ; sur la période 1991-2015, entre 6,8 et 54,9 cancers en excès pour 899 cas spontanés attendus pour ces 25 années.

- **Ces résultats comportent des incertitudes** ; néanmoins, ils fournissent un ordre de grandeur de l'excès de cancers de la thyroïde qui pourrait être observé dans la population étudiée. Il est aussi possible que l'excès de risque réel de cancer de la thyroïde aux niveaux de dose considérés soit nul, l'hypothèse de la *relation dose-effet* linéaire sans seuil n'étant pas démontrée au plan scientifique.
 - **Sur un plan épidémiologique, ces valeurs d'excès de risque 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 individuelles des personnes aux retombées d'iode radioactif de l'accident de Tchemobyl.
 - L'accent devrait être mis sur l'amélioration de **l'enregistrement des cancers de la thyroïde en France**. En effet, **ce cancer mérite un suivi particulier du fait de l'augmentation de sa fréquence en France**. Un système de surveillance de ce cancer renforcé et élargi, constituerait un outil utile pour expliquer les raisons de cette augmentation et pour faciliter la réalisation d'études épidémiologiques sur les facteurs de risque de ce cancer.
 - **Enfin, ces estimations d'excès de risque ne permettent pas d'expliquer l'augmentation de la fréquence des cancers de la thyroïde dans la population générale, constatée en France depuis 20 ans**. Des études en cours, coordonnées par l'InVS, vont permettre de juger de l'évolution des pratiques de prise en charge et de l'amélioration des techniques de diagnostic. En fonction de leurs résultats, il pourra être opportun de recommander une étude portant sur les facteurs de risque de ce cancer en France.
-