

## Cartographie des retombées radioactives de l'accident de Tchernobyl en France : présentation comparée de différentes approches

A la suite de l'accident de Tchernobyl survenu le 26 avril 1986, une partie des fines particules radioactives présentes dans l'air en France entre le 1<sup>er</sup> et le 5 mai 1986 est retombée au sol, formant un dépôt qui a recouvert à la fois les végétaux et la terre. Ce fut en particulier le cas du césium 137, élément radioactif qui persiste dans les sols et constitue, de ce fait, un bon marqueur du dépôt. L'intensité de ce dépôt a été fortement influencée par les pluies ; or, début mai 1986, des épisodes pluvieux ont affecté le territoire national, avec une importance très variable, même à l'échelle locale. Une fois arrivée au sol, une partie du dépôt s'est fixée sur la végétation, une autre partie s'est infiltrée dans la terre et, en fonction de l'intensité des pluies, le reste est parti sous l'effet du ruissellement pour s'accumuler sur d'autres parcelles ou au contraire être évacué définitivement par les cours d'eau.

En pratique, il est très difficile de représenter la diversité de ces dépôts sous forme d'une carte à l'échelle de la France. Plusieurs approches exploitant les mesures disponibles ont permis à l'IRSN de réaliser de telles représentations cartographiques qui, toutes, apportent une information utile mais ont leurs propres limites selon l'usage que chacun veut en faire.

La présente parution du rapport du Conseil scientifique de l'IRSN portant sur les travaux menés par l'Institut donne l'occasion de dresser un bilan synthétique sur la cartographie des retombées en France de l'accident de Tchernobyl. Ce bilan s'appuie sur l'avis exprimé dans ce rapport, qui valide la démarche scientifique adoptée par l'IRSN mais souligne également les limites et les imprécisions liées à la complexité des phénomènes en cause et à la qualité des données disponibles.

### **Première approche : cartographie établie directement à partir des mesures de la contamination des sols par le césium 137**

Si cette technique paraît simple et séduisante a priori, elle atteint rapidement ses limites si on s'intéresse à l'intégralité du territoire français. En effet :

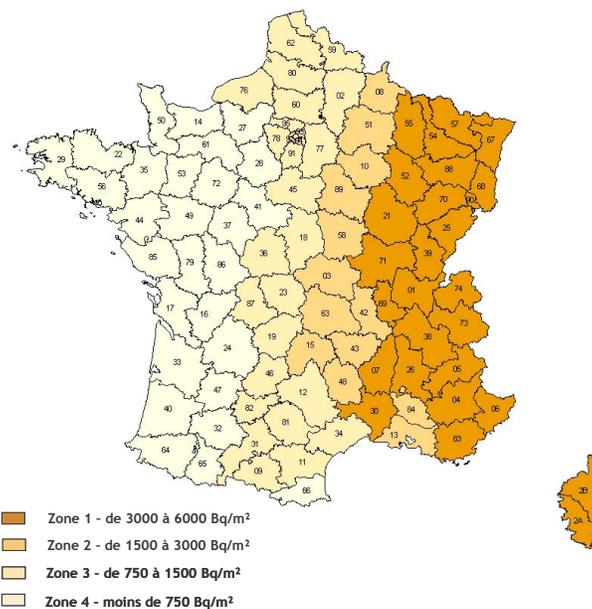
- même lorsqu'elles ont été réalisées en 1986, immédiatement après l'accident, la contamination mesurée dans les sols ne représente qu'imparfaitement les retombées initiales, celles-ci étant distribuées entre la végétation, les eaux de ruissellement et le sol proprement dit. A fortiori, lorsque les mesures sont réalisées des années après le dépôt, le lessivage, l'érosion, les labours, etc. ont contribué à déformer davantage la trace du dépôt initial, nécessitant une expertise pointue pour interpréter correctement les mesures. De plus, en 1986, le sol pouvait encore contenir du césium 137 hérité des retombées anciennes des tirs nucléaires en atmosphère pratiqués dans le monde jusqu'à la fin des années 70 ;
- à l'échelle de la France, les mesures de contamination dans les sols sont rares, surtout si on ne retient que celles réalisées en 1986 (une quarantaine de sites d'observation) ; même si elles sont plus nombreuses les années suivantes, elles sont inégalement réparties sur le territoire. Faire une carte sur cette base conduit à interpoler l'information entre des sites de mesures parfois très éloignés, donnant une représentation très grossière qui ne permet pas de situer les contrastes du dépôt initial.

Pour ces deux raisons principales, l'IRSN n'a pas retenu cette approche directe pour cartographier les retombées de l'accident de Tchernobyl en France. Seules des études à l'échelle locale (zone atelier en basse vallée du Rhône, Mercantour, etc.) ont été menées sur la base de mesures directes de la contamination des sols par le césium 137.

## Seconde approche : cartographie indirecte à partir de l'interprétation de la contamination mesurée en 1986 dans les légumes à feuilles et le lait de vache

Une partie des retombées radioactives induites par l'accident de Tchernobyl a été interceptée directement par les feuilles des végétaux cultivés et de l'herbe des prairies, entraînant une contamination des produits récoltés mais aussi du lait de vache via l'alimentation du bétail en pâture. De nombreuses mesures de radioactivité (césium 137 et iode 131) dans les légumes et le lait provenant de la plupart des départements ont été réalisées en 1986. A partir des connaissances disponibles sur l'efficacité de l'interception du dépôt par les végétaux (qui varie fortement selon que le dépôt soit sec ou formé à l'occasion de pluie) et sur le transfert des substances radioactives dans les végétaux et les produits animaux, il est possible d'estimer la valeur moyenne du dépôt initial susceptible d'avoir été à l'origine de la contamination mesurée dans les légumes et le lait.

Cette approche a été suivie par l'IPSN en 1997 et a conduit à une carte de France distinguant 4 zones selon l'importance du dépôt à l'origine de la contamination des produits agricoles.



*Carte des retombées moyennes en <sup>137</sup>Cs sur les surfaces agricoles, consécutives à l'accident de Tchernobyl, établie en 1997 par l'IPSN par l'interprétation des mesures dans le lait et les légumes à feuilles à l'aide du modèle ASTRAL*

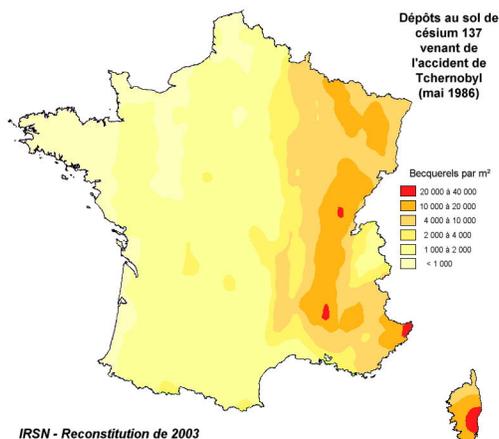
Cette approche étant majoritairement fondée sur des mesures dans des échantillons de lait prélevés dans des centres de regroupement de lait produit dans les départements, elle ne permet pas un découpage plus fin du territoire. De plus, l'interprétation des mesures dans le lait en termes de dépôts est basée sur l'hypothèse d'une proportion de 80% du dépôt formé par les pluies et de 20% par dépôt sec d'aérosols radioactifs présents dans l'air ambiant. Or, dans de nombreux départements de l'est de la France, cette proportion de dépôt par la pluie a été plus importante ; toutefois, l'apport supplémentaire de dépôt par les pluies n'a eu aucun effet sensible sur la contamination des végétaux et du lait, en raison de la faible efficacité de rétention par les feuilles. Par conséquent, cette méthode d'évaluation conduit à occulter la part des dépôts qui n'a pas contribué efficacement à la contamination de la chaîne alimentaire en 1986 ; elle ne permet donc pas de mettre en évidence la variation des dépôts en fonction de l'importance des pluies tombées début mai 1986.

En revanche, cette carte fondée sur l'interprétation de la contamination de produits agricoles reste, encore aujourd'hui, la meilleure base pour évaluer les doses reçues, en moyenne, par la population en 1986 par l'ingestion de denrées contaminées et, plus particulièrement, les doses à la thyroïde presque entièrement dues à l'ingestion d'iode 131.

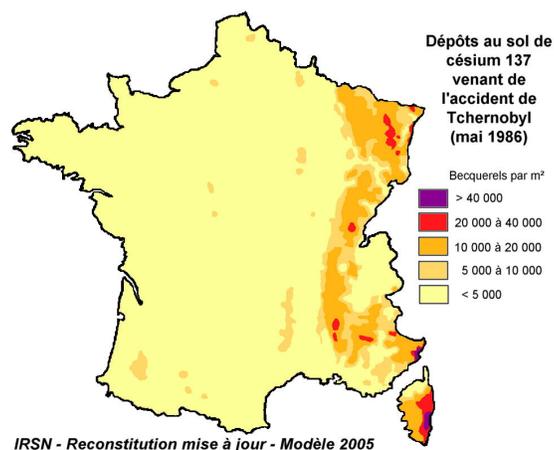
### Troisième approche : cartographie indirecte à partir d'une corrélation entre l'intensité des pluies et les dépôts

L'influence prépondérante des pluies dans la modulation des dépôts radioactifs est bien connue et a été largement observée sur l'ensemble de l'Europe à la suite de l'accident de Tchernobyl. Moyennant une formulation appropriée de la corrélation entre l'intensité des pluies et celle des dépôts, il est possible d'estimer les dépôts de césium 137 à l'échelle de la France. L'intérêt principal de cette approche tient au fait qu'il existait en 1986 en France un réseau dense (3657 points d'observation bien répartis sur le territoire) de mesure des hauteurs quotidiennes de pluie, exploité par Météo-France.

Cette voie a été suivie par l'IPSN puis l'IRSN entre 1999 et 2003, en établissant une relation directe entre les dépôts et les pluies tombées entre le 1<sup>er</sup> et le 5 mai 1986, fondée sur des mesures collectées dans la basse vallée du Rhône où le gradient des pluies a été important (entre 0 et 40 mm de hauteur de pluie cumulée sur 5 jours). Cette approche s'est conclue par la carte publiée par l'IRSN en 2003.



En 2005, l'IRSN a consolidé cette approche par une prise en compte plus détaillée des composantes du dépôt (sèche et humide) et des variations quotidiennes de la contamination de l'air à l'origine du dépôt. Les paramètres propres à l'épisode « Tchernobyl » ont été obtenus après analyse des mesures de contamination des sols disponibles sur l'ensemble du territoire. La nouvelle estimation des dépôts obtenue par cette méthode est très proche de la précédente : sur les 3657 stations où une valeur du dépôt a été calculée, 94% présentent moins de 5000 Bq/m<sup>2</sup> d'écart avec les résultats obtenus en 2003.



L'une ou l'autre de ces deux approches permettent de mieux mettre en évidence les contrastes importants des dépôts formés en mai 1986 et de les situer géographiquement à l'échelle de la France. Mais cette méthode indirecte donne un résultat entaché d'imprécision sur la valeur du dépôt et ne

permet pas de différencier des dépôts ne s'écartant que de quelques milliers de Bq/m<sup>2</sup> les uns des autres.

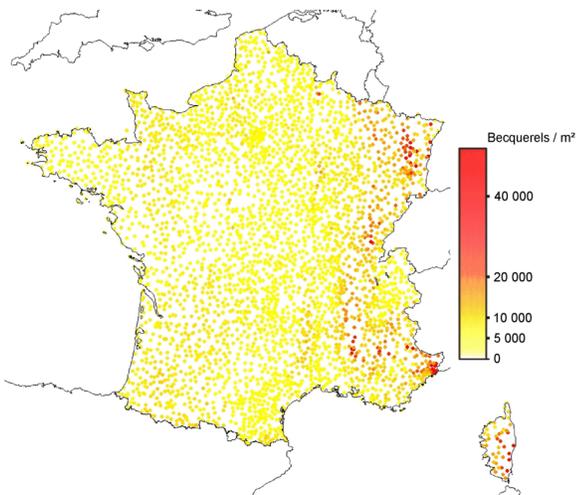
Si cette approche est satisfaisante pour établir une carte à l'échelle de la France, on voit qu'elle ne permet pas d'aboutir à une description précise des dépôts à l'échelle d'un petit territoire (de l'ordre de la commune ou du canton) ; dans un tel cas, seules les mesures directes sont appropriées.

Enfin, ce mode de reconstitution ne permet pas de déterminer les doses reçues en 1986 par la population : les cartes de dépôts ne sont pas des cartes de doses. En effet, les doses reçues sont principalement dues à l'ingestion de denrées contaminées du fait du dépôt sur les feuilles ; cette contamination dépend des conditions de formation du dépôt ; surtout, les doses qui en résultent sur les personnes dépendent fortement des modes d'alimentation (origine, quantité et nature des produits consommés).

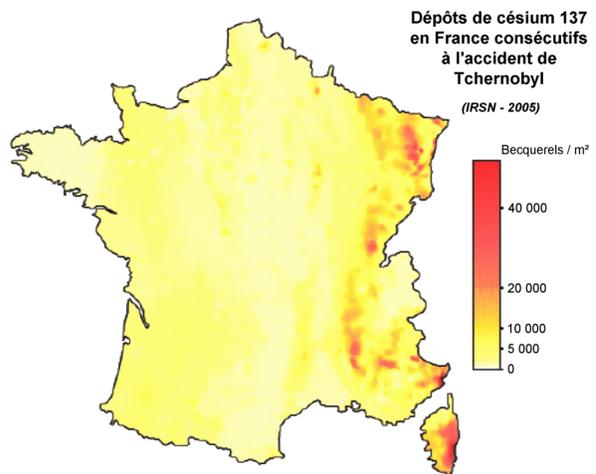
### Les choix graphiques de la carte des dépôts

Une carte n'est qu'une façon de restituer un ensemble d'informations (mesures, résultats de calcul) réparties sur un territoire : il existe plusieurs façons de concevoir cette représentation cartographique : représentation discontinue ou continue, échelle progressive ou par niveau, choix de la palette des couleurs. Les deux cartes ci-dessus illustrant la reconstitution des retombées de césium 137 en mai 1986 faite en 2003 puis en 2005 ont en commun d'utiliser un mode de représentation continu (tout le territoire est couvert) et une échelle par niveaux (respectivement 6 et 5). Ce mode de représentation donne un résultat net et lisible, mais la précision des contours délimitant les différents territoires n'est qu'apparente. La répartition des dépôts doit être lue à l'échelle présentée. Il n'est pas possible de déduire de ces cartes une quantification fiable et précise à l'échelle d'un canton ou d'une commune.

Afin de mieux rendre en compte l'incertitude sur l'estimation des dépôts et sa variabilité, il est préférable d'utiliser une échelle progressive. Les deux cartes ci-dessous montrent le résultat, selon un mode discontinu (seuls les points où une valeur existe sont représentés, montrant ainsi la densité d'information) ou continu (interpolation entre les points et lissage). Cette dernière représentation constitue certainement le compromis le plus satisfaisant pour représenter, sous forme de carte, la connaissance actuelle des retombées en France de césium 137 dues à l'accident de Tchernobyl.



Reconstitution des dépôts de césium 137 dus à l'accident de Tchernobyl - Mise à jour 2005 - Représentation en points selon une échelle progressive



Reconstitution des dépôts de césium 137 dus à l'accident de Tchernobyl - Mise à jour 2005 - Représentation en continu selon une échelle progressive