

NUCLÉAIRE ET CANCER

L'enquête qui dérange



P. Mouchon

DOIT-ON AVOIR PEUR DU NUCLÉAIRE CIVIL ? LA FRANCE, QUI EST LE PAYS LE PLUS NUCLÉARISÉ DU MONDE, POSSÈDE, À LA HAGUE, L'UN DES TROIS CENTRES DE RETRAITEMENT DES DÉCHETS NUCLÉAIRES DE LA PLANÈTE. ON APPREND AUJOURD'HUI QUE, À PROXIMITÉ DE CETTE "USINE MODÈLE", LE RISQUE DE LEUCÉMIE POUR LES JEUNES DE MOINS DE 25 ANS SEMBLE MULTIPLIÉ PAR TROIS. SCIENCE & VIE PUBLIE LES RÉSULTATS D'UNE ENQUÊTE ÉPIDÉMIOLOGIQUE QUI JETTE UN PAVÉ DANS LA MARE DES NUCLÉOCRATES.

SCIENCE & VIE PUBLIE LES RÉSULTATS D'UNE ENQUÊTE ÉPIDÉMIOLOGIQUE QUI JETTE UN PAVÉ DANS LA MARE DES NUCLÉOCRATES.



COGEMA

L'usine de La Hague retraite les déchets radioactifs de l'ensemble du parc nucléaire français, ainsi que ceux d'autres pays européens et du Japon. C'est également un centre de stockage de déchets de faible et moyenne radioactivité.

Des leucémies en trop
p. 86

La preuve par trois méthodes
p. 89

La Hague, mode d'emploi
p. 92

DES LEUCÉMIES EN TROP

■ Une enquête épidémiologique sans précédent révèle une augmentation du nombre des cancers autour de l'usine de retraitement de déchets nucléaires de La Hague. Son auteur, le Pr Jean-François Viel, livre en exclusivité pour *Science & Vie* les résultats de dix années de recherches.

PAR DIDIER DUBRANA

Les enfants qui vivent autour du centre de retraitement nucléaire de La Hague courent-ils plus de risques que les autres d'avoir une leucémie ? A cette question, le Pr Jean-François Viel, qui dirige l'unité de biostatistique et d'épidémiologie de la faculté de médecine de Besançon, répond aujourd'hui par l'affirmative. Cette conclusion est le fruit d'une dizaine d'années de recherches, qui ont débuté à la fin de ses études de médecine (1). Elles aboutissent ce mois-ci à la publication, dans la revue britannique *Statistics in Medicine*, d'un article intitulé "*Incidence of leukaemia in young people around the La Hague nuclear waste reprocessing plant : a sensitivity analysis*", qui prouve que les jeunes de moins de 25 ans vivant dans un rayon de 10 km autour de l'usine encourent trois fois plus de risques d'avoir une leucémie (voir la carte p. 89).

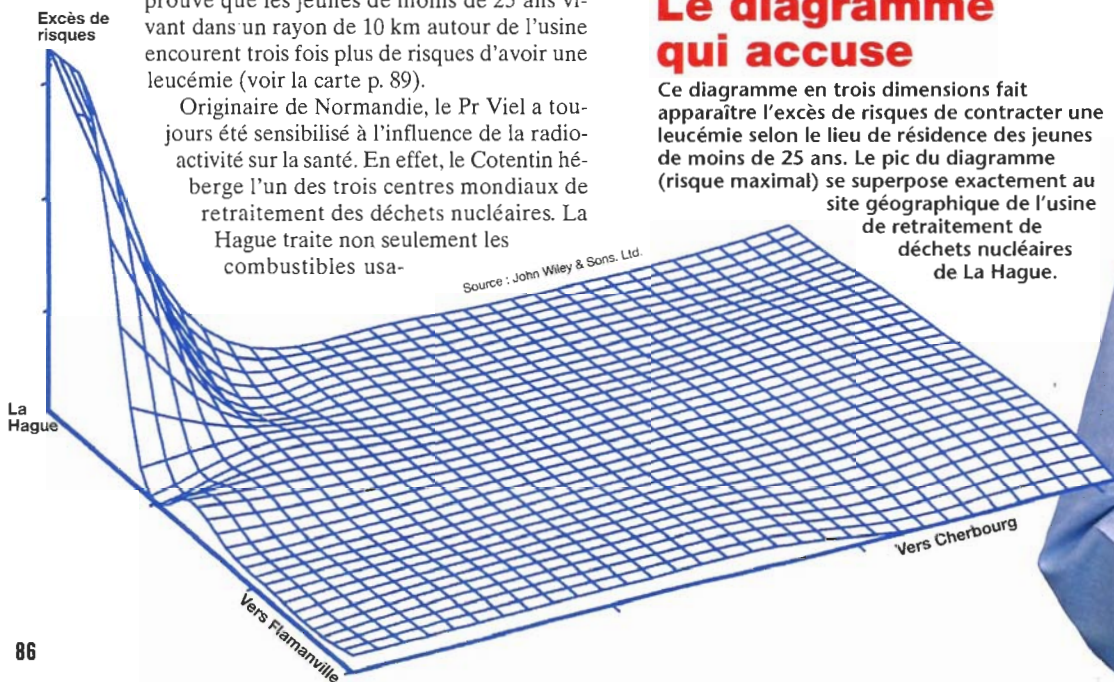
Originaire de Normandie, le Pr Viel a toujours été sensibilisé à l'influence de la radioactivité sur la santé. En effet, le Cotentin héberge l'un des trois centres mondiaux de retraitement des déchets nucléaires. La Hague traite non seulement les combustibles usa-

gés de nos centrales nucléaires mais aussi ceux de nombreux pays européens et du Japon (voir le troisième article de ce dossier). C'est également sur le site de La Hague qu'a été implanté, en 1969, le premier centre de stockage "en surface" de déchets de faible et moyenne radioactivité (525 000 m³).

Cette enfance bercée par l'atome a tout naturellement conduit le Pr Viel vers une enquête épidémiologique – semée d'embûches dans un pays comme la France qui tire 75 % de son électricité de l'énergie nucléaire. « En gros, explique-t-il, pour savoir si la santé des Normands est en danger, il faut pouvoir comparer le nombre de cancers dans la région à la moyenne nationale. » Premier écueil : la France ne possè-

Le diagramme qui accuse

Ce diagramme en trois dimensions fait apparaître l'excès de risques de contracter une leucémie selon le lieu de résidence des jeunes de moins de 25 ans. Le pic du diagramme (risque maximal) se superpose exactement au site géographique de l'usine de retraitement de déchets nucléaires de La Hague.



de pas de registre national des cancers, contrairement à d'autres pays tels que la Grande-Bretagne, la Suède ou le Danemark. Pourquoi ? Tout simplement à cause du choix politique de santé publique dans notre pays, où l'on ne voit pas l'utilité d'une telle organisation (?).

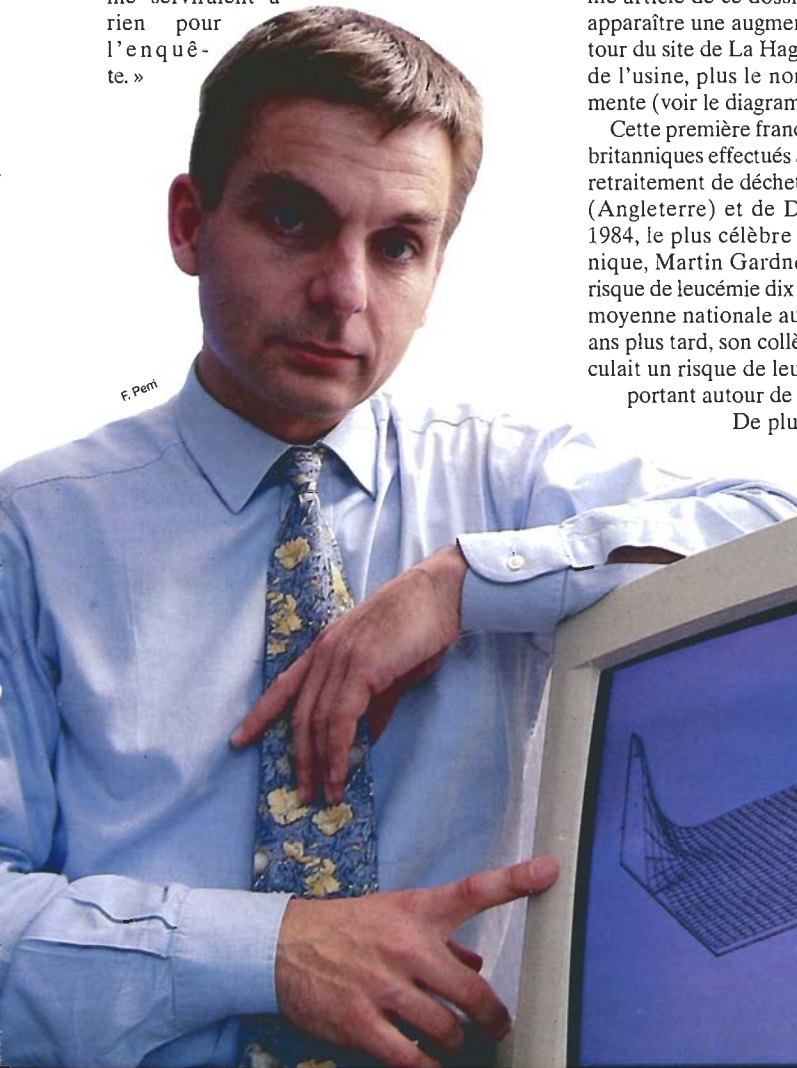
« Je me suis tout d'abord adressé à la commission d'information de La Hague – qui dépendait à l'époque du Premier ministre, tout en étant financée partiellement par la Compagnie générale des matières nucléaires – pour savoir s'il existait des chiffres du cancer dans la région, explique Viel. Cette structure, créée en 1981 sous la pression de nombreuses manifestations antinucléaires, me répondit que l'affaire n'était pas de son ressort, mais de celui du Comité régional de cancérologie. Celui-ci me fit savoir qu'il y avait trop peu de cas de cancers et que ces chiffres ne me serviraient à rien pour l'enquête. »

Le Pr Viel ne recevra aucune donnée détaillée de cette administration. Loin de se décourager, le médecin décide de faire du porte-à-porte pour recenser tous les cas de leucémie enregistrés dans la région chez les jeunes de moins de 25 ans : « J'ai contacté les pédiatres, les médecins biologistes, le centre anticancéreux de Caen et les hôpitaux de la région de Cherbourg. »

Cette fois, la collecte des chiffres sera fructueuse. Le Pr Viel rencontre en effet de nombreux collègues d'université qui répondent volontiers à ses questions. Finalement, l'enquête portera sur 60 000 jeunes de moins de 25 ans vivant dans un rayon de 35 km autour de l'usine. Elle recense 25 cas de leucémie sur une période de quinze ans. Dans un souci d'objectivité, l'interprétation des données a été passée au crible de trois méthodes statistiques (voir le deuxième article de ce dossier). Toutes les trois font apparaître une augmentation des leucémies autour du site de La Hague : plus on se rapproche de l'usine, plus le nombre de leucémies augmente (voir le diagramme ci-contre).

Cette première française confirme les travaux britanniques effectués autour des deux usines de retraitement de déchets nucléaires de Sellafield (Angleterre) et de Dounreay (Ecosse). Dès 1984, le plus célèbre épidémiologiste britannique, Martin Gardner, a mis en évidence un risque de leucémie dix fois plus important que la moyenne nationale autour de Sellafield. Deux ans plus tard, son collègue M. A. Heasman calculait un risque de leucémie trois fois plus important autour de Dounreay.

De plus, Martin Gardner ■ ■ ■



■ ■ ■ a clairement conclu que les installations nucléaires – donc les fuites radioactives – sont la cause des leucémies. En revanche, le Pr Viel se garde bien, pour l'instant, d'accuser la pollution nucléaire. « Je constate simplement que, autour de La Hague, il y a sans aucun doute un excès de leucémies. Mais je ne dis pas que cet

excès est dû aux irradiations de La Hague. »

Il faudra maintenant une deuxième phase de recherche pour tenter de prouver que la pollution nucléaire est bien la cause des cancers. Une enquête "cas témoin" devrait se terminer à la fin de l'année prochaine. Elle prendra en compte la "biographie" des enfants leucémiques. Ont-ils des parents qui travaillent dans le nucléaire ? Sont-ils exposés à d'autres pollutions, comme les champs électromagnétiques ou les pesticides, qui pourraient, elles aussi, induire des leucémies ? Chaque cas sera comparé à dix enfants témoins du même âge, du même sexe et vivant au même endroit, mais non leucémiques.

Ces recherches jettent un pavé dans la mare des nucléocrates. D'autant plus qu'un récent rapport de l'Académie des sciences, intitulé *les Installations nucléaires : quel danger pour les populations ?*, dispense le nucléaire de tout effet nocif sur la santé. On y lit, par exemple : « Aujourd'hui, tout le monde est d'accord pour rejeter l'hypothèse que l'exposition externe [due aux rejets radioactifs] ait pu induire l'excès de leucémies. » Cette affirmation ne manquera pas de relancer le débat sur le problème des faibles doses : peut-on déterminer un seuil sous lequel la radioactivité n'est pas préjudiciable à la santé ? Certains chercheurs affirment qu'aucune dose radioactive n'est inoffensive : en 1990, l'Office de protection des rayonnements ionisants (OPRI) reconnaissait que « il n'existe pas de seuil de dose de rayonnement sous lequel il n'y a aucun effet cancérigène et génétique ». Mais l'OPRI fixe aussi à 20 millisieverts la dose maximale annuelle que les travailleurs du nucléaire peuvent recevoir sans danger. Pour le reste de la population, cette norme est divisée par dix.

En 1993, le Pr Viel avait mis en évidence une corrélation entre l'exposition aux faibles doses provenant du radon, un gaz radioactif naturel émanant du sol, et l'apparition de leucémies myéloïdes aiguës. Or, cette étude montre que, même dans les régions – comme la Creuse ou la Corrèze – où les habitants ne sont soumis qu'à 2 millisieverts par an (soit la norme de l'OPRI), le radon semble être la cause de l'apparition des leucémies.

Pour le Pr Viel, il faudrait réaliser des enquêtes épidémiologiques pour surveiller les nouveaux cas de leucémie autour de toutes les centrales nucléaires françaises. Vaste programme... ■

LA RADIOACTIVITÉ : UN RAYONNEMENT, UNE ACTIVITÉ, UNE PÉRIODE

La plupart des atomes qui composent la matière sont stables et restent immuables pendant des milliards d'années. Mais une minorité d'atomes sont instables, car leur noyau contient trop de protons ou de neutrons pour être équilibré. Ces atomes ont spontanément tendance à se transformer en d'autres atomes, en émettant différents types de rayonnements. Ils sont dits radioactifs.

Ces rayonnements sont principalement de trois sortes : les rayons alpha (qui sont en réalité des noyaux d'hélium), peu pénétrants mais de grande énergie ; les rayons bêta (voir dessin ci-dessous), un peu plus pénétrants ; les rayons gamma, très pénétrants, qui sont des rayonnements électromagnétiques, analogues aux rayons X mais de plus grande énergie.

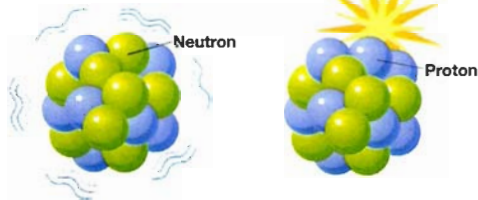
Tous ces rayonnements, lorsqu'ils pénètrent dans les organismes vivants, ont des effets destructeurs. Ils cassent les molé-

cules, en particulier l'ADN. Si les doses sont trop fortes ou si le temps d'exposition est trop long, ces lésions finissent par entraîner des cancers et des leucémies. Les êtres vivants supportent cependant sans trop de dommages la faible radioactivité naturelle issue du sol et des rayons cosmiques.

La radioactivité d'un élément se caractérise par trois paramètres : le type de rayonnement émis (alpha, bêta ou gamma) ; l'activité, c'est-à-dire le nombre de noyaux qui se désintègrent par seconde ; et la période radioactive, à savoir le temps au bout duquel la moitié des noyaux radioactifs se sont transformés. Par exemple, la période du plutonium 239 est de 24 100 ans : cela signifie que, dans 24 100 ans, la radioactivité aura diminué de moitié. Les périodes radioactives sont très variables selon les noyaux : elles vont de la seconde au milliard d'années.

Electron

LA RADIOACTIVITÉ B
Un neutron du noyau se transforme en proton en éjectant un électron.



(1) Il a publié déjà deux autres articles sur le sujet (*British Medical Journal*, 1990, n° 300, pp. 580-581 ; et *Cancer Causes & Control*, 1993, n° 4, pp. 341-343.)

(2) Sept départements pionniers ont mis en place un tel registre, régulièrement utilisé par les épidémiologistes : Bas-Rhin, Calvados, Côte-d'Or, Doubs, Hérault, Isère, Tarn.

LA PREUVE PAR TROIS MÉTHODES

■ Pour éviter les erreurs d'interprétation, les résultats de l'enquête du Pr Viel ont été recoupsés par trois méthodes statistiques. Toutes confirment un risque de leucémie, dans le voisinage de La Hague, supérieur à la moyenne nationale.

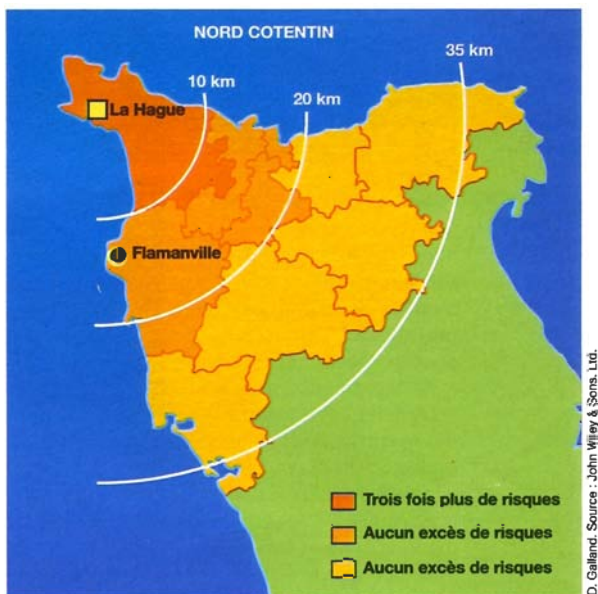
PAR ROMAN IKONICOFF

L'étude du Pr Jean-François Viel sur le nombre de cas de leucémie recensés chez les moins de 25 ans, entre 1978 et 1992, dans le département de la Manche (voir l'article précédent) bute contre un obstacle majeur : bien que l'incidence de l'usine de retraitement de La Hague sur l'apparition de leucémies soit possible, il s'agit tout au plus de quelques cas supplémentaires en quinze ans. Or, en épidémiologie, un surplus de cet ordre peut être révélateur d'un épiphénomène. Cependant, cet excédent n'est pas statistiquement significatif : il pourrait être dû au hasard. C'est là tout le problème de l'interprétation, donc de la validation, de l'enquête.

IL FAUT TENIR COMPTE DE LA PYRAMIDE DES ÂGES

Dans les trois méthodes statistiques utilisées par le Pr Viel, le concept central est le rapport entre le nombre de cas "observés" et le nombre de cas "attendus". Les cas observés sont ceux que l'enquête a dépistés. Les cas attendus sont ceux qu'on devrait recenser sur le site s'il n'y avait pas d'usine à La Hague.

Le calcul des cas attendus pose un problème, car il porte sur le seul département de la Manche. Or, un éventuel déséquilibre dans la pyramide des âges peut y altérer les données. Par exemple, si une étude révèle qu'il y a quatre cas de leucémie chez les jeunes dans une région A, qui compte 500 000 habitants, et si la même



Première méthode, premier soupçon

En traçant trois arcs de cercle autour de La Hague, le Pr Viel a délimité trois zones d'étude : à 10, 20 et 35 km de l'usine. Cette méthode révèle que les jeunes de moins de 25 ans ont trois fois plus de risques de développer une leucémie à l'intérieur de la zone des 10 km.

étude relève seulement deux cas dans une région B ayant le même nombre d'habitants, peut-on conclure que la région A présente un risque plus élevé de leucémie que la région B ? Non, car les pyramides des âges des deux régions sont peut-être différentes.

En effet, si dans la région A on a 20 % de jeunes et s'ils ne sont que 5 % dans la région B, malgré les apparences, la région B présentera un risque double : 0,008 % en B et 0,004 % en A.

Le calcul des cas attendus permet d'éviter une telle erreur d'appréciation. A cet effet, on prend en considération une région dont la population, dans sa composition socio-économique, ressemble à celle de la région étudiée, mais où il n'y a pas d'implantation nucléaire. En l'occurrence, le Pr Viel a étudié le département de Calvados.

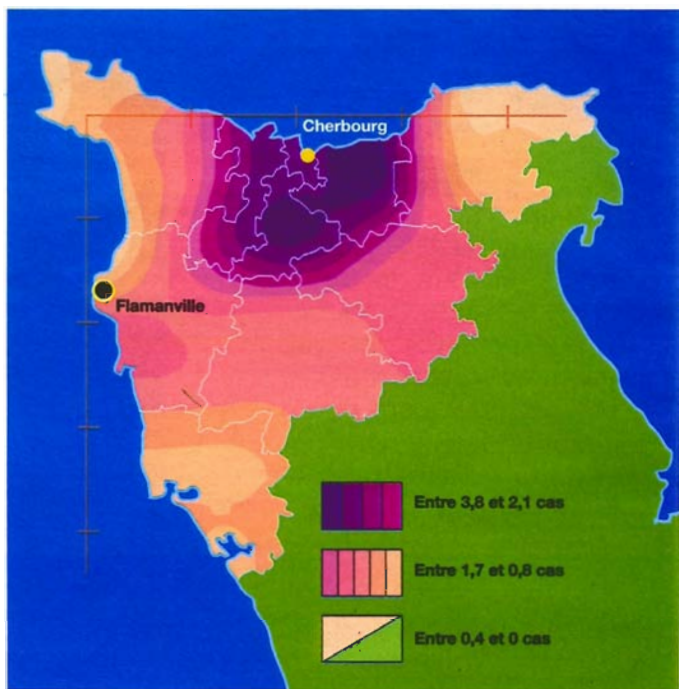
Ensuite, on trace la pyramide des âges et on calcule le taux de leucémie chez les jeunes. Puis on transpose ces données au département de la Manche, en tenant compte de sa propre pyra-

■ ■ ■ mide des âges, pour en déduire le taux de leucémie qu'on devrait trouver s'il n'y avait pas d'usine nucléaire. C'est par référence à ces données (cas attendus) qu'on pourra savoir si l'usine de La Hague a une incidence sur les leucémies, en procédant à un simple ratio entre le nombre de cas observés (autour de l'usine) et le nombre de cas attendus (s'il n'y avait pas d'usine).

Dans la première méthode statistique, l'étude est basée sur "la distribution de Poisson", qui décrit la probabilité d'apparition d'un événement très rare – ce qui est le cas de la leucémie en France. Les auteurs ont arbitrairement tracé trois arcs de cercle centrés sur l'usine de La Hague et dont les rayons respectifs sont de 10, 20 et 35 km (voir la carte page précédente). Ils ont ensuite calculé le nombre de cas attendus (si l'usine de retraitement de La Hague n'existait pas) et l'ont comparé au nombre de cas observés. A l'intérieur d'un rayon de 35 km, le nombre de cas attendus était de 22,8, et celui de cas observés, de 25 : une très faible différence, peu significative. En revanche, à l'intérieur d'un rayon de 10 km autour de La Hague, on a relevé 4 cas de leucémie, alors qu'on aurait dû statistiquement en trouver 1,4. "Quelque chose" a donc multiplié par 2,8 les risques de leucémie.

SI LE HASARD N'EST PAS LA CAUSE, QUEL EST LE COUPABLE ?

Dans la seconde méthode, dite "du maximum de Poisson", on recherche une zone de risque maximal, plutôt que de la délimiter arbitrairement comme dans la première méthode. Pour définir les contours de cette zone, on dispose d'un test statistique : on est à l'intérieur de la zone de risque maximal lorsque le surplus de cas de leucémie trouvé (cas observés divisés par cas attendus) ne peut être expliqué par le hasard ou, de façon plus formelle, lorsque le surplus de cas de leucémie a moins de 5 % de chances d'être dû au hasard. C'est l'impératif de toute étude biostatistique. Les résultats obtenus par le Pr Viel

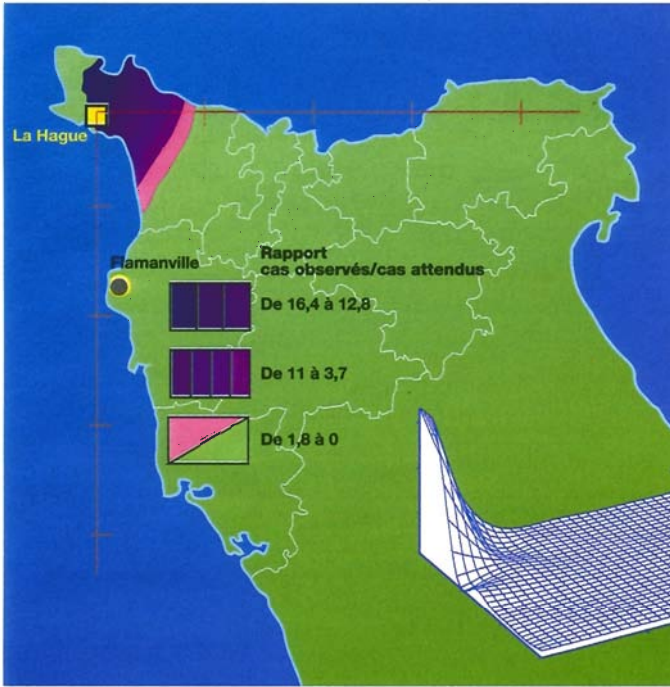


Leucémies "naturelles"

Cette carte illustre, par calcul statistique, la répartition des cas de leucémie qu'on devrait trouver dans la région s'il n'y avait pas d'usine à La Hague. Les environs de Cherbourg affichent le taux de leucémie le plus élevé, car c'est la zone où les jeunes sont les plus nombreux.

concordent avec ceux que lui a fournis la première méthode : le risque maximal est limité au seul canton incluant l'usine. Il est 2,8 fois plus élevé que le risque normal, et la probabilité que ce risque maximal soit dû au hasard est inférieure à 6 %, ce qui est acceptable. Mais, si le hasard n'est pas en cause, quel est le coupable ? Une pollution ? Et laquelle ? Le Pr Viel se garde de conclure qu'il s'agit d'une pollution nucléaire.

La troisième méthode, mise au point en 1993 par A. B. Lawson, de l'université d'Abertay-Dundee, en Ecosse, est du type "spatiale-géographique". Elle permet de représenter par des courbes de niveau (comme sur les cartes d'état-major) les cas de leucémie et les risques encourus dans le département de la Manche. Les auteurs ont d'abord tracé les courbes de niveau donnant les cas de leucémie attendus s'il n'existait



Excès de leucémies

Cette carte met en lumière l'excès de cas de leucémie dans la région étudiée. Elle montre le rapport entre le nombre de cas observés et le nombre de cas qu'on devrait "naturellement" y trouver. Ce surplus est nettement visible autour de l'usine de retraitement de La Hague.

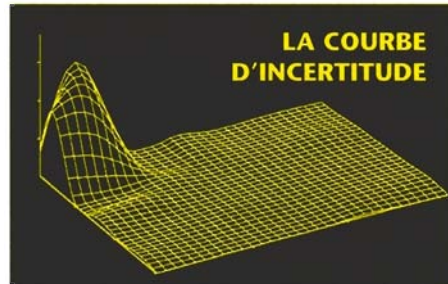
pas d'usine de retraitement à La Hague (carte de gauche). Le plus grand nombre de cas apparaît autour de Cherbourg, ce qui s'explique par la concentration de jeunes, plus forte dans la ville que dans le reste du département. Le deuxième graphique illustre le rapport entre les cas observés et les cas attendus (carte de droite). Il révèle un excès de leucémies autour de La Hague par rapport au résultat qu'on devrait trouver sans usine. Cet excès augmente à mesure qu'on se rapproche de l'usine. Le troisième graphique (ci-dessus) montre le taux de risque en fonction de la position spatiale. Le pic de risque coïncide exactement avec l'emplacement de l'usine ! Le taux maximal de risque est de 15, ce qui signifie qu'un jeune habitant au voisinage immédiat de l'usine court un risque quinze fois plus élevé de contracter une leucémie. Chiffre bien supérieur au résultat trou-

vé dans les deux premières méthodes (le risque y était 2,8 fois plus élevé).

Les auteurs ont donc tracé une courbe (ci-dessous) permettant d'évaluer l'incertitude statistique (ou erreur) liée à cette méthode, car le faible nombre de cas relevés (25 en quinze ans) rend les mesures incertaines. Cette courbe montre que l'incertitude est forte. Comme le précise le Pr Viel, il ne faut pas prendre au pied de la lettre ce taux de risque de 15.

« En raison de la nouveauté de la méthode, ses résultats doivent être considérés qualitativement (aspect des courbes) et non quantitativement (valeurs trouvées). »

En résumé : on a recensé dans le département de la Manche 25 cas de leucémies chez les jeunes de moins de 25 ans entre 1978 et 1992, dont 22,8 s'inscrivent dans une moyenne "normale". Les 2,2 cas restant sont en excès (première méthode). Ce nombre ne serait pas significatif si ce surplus était réparti de façon homogène sur tout le département. Mais la seconde méthode dévoile qu'il est circonscrit au canton de La Hague, ce qui multiplie par trois le risque de contracter une leucémie dans cette zone. Le maximum de risque (pic) est centré sur



Source : John Wiley & Sons Ltd.

l'usine de retraitement. Il peut indiquer l'origine d'une pollution et/ou être partiellement dû au changement de profil socio-économique (niveau de vie, âge, alimentation...) qu'aurait entraîné l'implantation de l'usine. Le Pr Viel est entrain de réaliser d'autres tests statistiques. ■

LA HAGUE, MODE D'EMPLOI

■ L'usine retraites les déchets radioactifs des 54 réacteurs nucléaires français et de ceux d'une vingtaine de compagnies d'électricité européennes et japonaises. Une série d'opérations à haut risque, rigoureusement contrôlées. Et pourtant...

PAR HÉLÈNE GUILLEMOT

L'industrie électronucléaire, qui fournit les trois quarts de l'électricité consommée en France, produit des déchets, comme toute industrie. Mais des déchets très spéciaux : ils sont fortement radioactifs, et certains le resteront pendant des centaines de milliers d'années.

L'usine de La Hague, dans le Cotentin (Manche), est consacrée au retraitement des déchets – ou plutôt du “combustible usé”, comme on dit pudiquement – provenant des 54 réacteurs nucléaires français, mais aussi des réacteurs d'une vingtaine de compagnies d'électricité européennes et japonaises.

Le combustible des centrales nucléaires à eau légère (toutes les centrales françaises sont de ce type) est de l'oxyde d'uranium enrichi. Il se présente sous la forme de pastilles de 8 mm de diamètre, empilées dans des gaines de zirconium formant de longs “crayons” assemblés en faisceaux. C'est la fission (c'est-à-dire l'éclatement) des noyaux d'uranium qui produit l'énergie nucléaire. La chaleur dégagée par ces réactions est transmise à l'eau de refroidissement et, *in fine*, transformée en électricité par des turbines.

STOCKÉS EN PISCINE

Chaque année, on remplace le tiers des assemblages combustibles par des éléments neufs : le combustible “brûlé” donc – ou, plus exactement, est irradié – durant trois ans. A l'issue de cette période, il contient encore 95 ou

96 % d'uranium non consommé, mais aussi 3 ou 4 % de produits de fission, qui sont les “morceaux” des noyaux d'uranium brisés. Le 1 % restant est du plutonium. Une fois retirés, ces assemblages irradiés sont d'abord stockés en piscine sur le lieu même de la centrale pendant cinq ou six mois, pour laisser décroître la radioactivité des produits de fission. Puis ils sont transportés par la route, par bateau ou par train jusqu'à l'usine de La Hague, dans des conteneurs appelés “châteaux”.

Ces châteaux de 30 tonnes de plomb et d'acier sont conçus pour contenir la radioactivité et résister à toute agression extérieure. Déchargés à La Hague, les assemblages sont à nouveau entreposés dans l'une des quatre piscines de refroidissement du site, capables de stocker en tout 10 000 tonnes de

combustible irradié. Ce second séjour en piscine dure au moins deux ans.

Alors seulement commence le retraitement. Il consiste à séparer les trois principaux constituants des combustibles usés : l'uranium et le plutonium – en principe réutilisables –, et les produits de fission, qui constituent les déchets proprement dits. Ces opérations sont réalisées dans les deux usines du site, qui ont chacune une capacité théorique de 800 tonnes par an. UP 2, modernisée l'an dernier, retraits les produits des réacteurs français, et UP 3, mise en service en 1990, le combustible en provenance de pays étrangers. A ce jour, les installations de La Hague ont retraits environ 7 000 tonnes de combustible, dont 1 300 tonnes pour la seule année 1994.

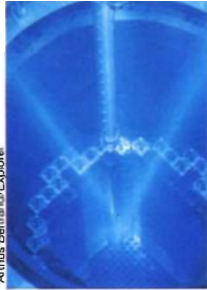


D. Aubert/Sygnma



Centrale

J. Paul/Explorator



Stockage du combustible usé en piscine pendant deux ans

Arthus Bertrand/Explorator



Transport

D. Maillet/REA

La Hague : le circuit des déchets

Le retraitement des déchets nucléaires produit, en bout de chaîne, de l'uranium et du plutonium – réutilisables – et des produits de fission. Les différentes opérations engendrent des effluents liquides et gazeux qui, ayant été en contact avec la radioactivité, doivent eux aussi être retraités.

Stockage en piscine



J. Anderson/Syigma

Cisaillage



COGEMA

Dissolution dans de l'acide nitrique concentré

Extraction - séparation par solvant TBP

Traitement des liquides

Traitement des gaz

Uranium + plutonium

Produits de fission

Séparation

Stockage pendant cinq ans

Uranium

Plutonium

Concentration - dessiccation

Traitement de l'uranium

Traitement du plutonium

Vitrification



D. Maillet/REA

Nitrate d'uranyle

Oxyde de plutonium

Verres stockés en surface



COGEMA

Fabrication du combustible

Fabrication du combustible MOX



COGEMA

■ ■ ■ La première opération du retraitement consiste à cisailer les "crayons" de combustible. Les morceaux tombent dans une solution d'acide nitrique concentrée, qui dissout le combustible usé mais pas les tronçons de gaine en zirconium. Ceux-ci sont récupérés, enrobés après rinçage dans une matrice de ciment puis stockés dans des conteneurs en inox.

La solution acide, qui contient l'ensemble du combustible nucléaire, est mélangée à un solvant à base de phosphate tributylque (TBP). Ce procédé (dont le principe de base a été mis au point en 1948), baptisé Purex, permet d'extraire chimiquement l'uranium et le plutonium, qui se lient au solvant tandis que les produits de fission restent dissous dans l'acide nitrique.

Par une autre succession d'extractions chimiques, l'uranium est ensuite séparé du plutonium, et tous deux, ainsi recyclés, peuvent servir à nouveau de combustible. L'uranium, sous forme de nitrates, est expédié aux usines, qui le transformeront en hexafluorure. Quant au plutonium, après purification, il est stocké sous forme d'oxyde pour servir de combustible, soit dans les surgénérateurs (mais le seul surgénérateur français, Superphénix, ne marche pratiquement plus...), soit dans les centrales fonctionnant au MOX. Ce nouveau combustible

nucléaire, mélange d'oxydes d'uranium et de plutonium, est précisément destiné à consommer le plutonium recyclé.

Restent donc les produits de fission, qui ne constituent que 3 % du combustible usé mais émettent une très forte radioactivité. Après un stockage en cuve d'environ cinq ans, on procède à la dessiccation de la solution liquide qui les contient. Réduits à l'état de poudre, ils sont vitrifiés, c'est-à-dire fondus à 1 200 °C et inclus dans une matrice de verre. Ces blocs très radioactifs (leur température s'élève à plus de 400 °C) sont provisoirement stockés sur le site,

dans des puits ventilés. Le stockage définitif des produits vitrifiés, qui doit être précédé d'études approfondies, n'interviendra pas avant plusieurs décennies. Actuellement, une tonne de combustible usé produit, en bout de chaîne, un volume de 130 litres de verre.

RETOUR À L'ENVOYEUR

Mais les déchets ne se présentent pas tous sous forme solide. Différents produits de fission radioactifs, en particulier l'iode et le tritium, sont des gaz volatils. On cherche donc à les "piéger" sur des colonnes de lavage, afin de les mettre sous forme liquide. Mais ces effluents liquides (comme d'autres qui sont produits au cours de différentes phases du retraitement) étant contaminés par la radioactivité, il faut aussi les traiter. Jusque récemment, on utilisait des techniques de précipitation, qui produisaient des boues qu'on enrobait dans du bitume. Mais le démarrage d'UP 3 et la

modernisation des techniques ont rendu les procédés chimiques plus efficaces, ce qui a beaucoup réduit la radioactivité des effluents liquides. La technique de retraitement des liquides a pu être modifiée : les effluents sont concentrés dans des évaporateurs, et les concentrats, envoyés à la vitrification. Depuis cette année, les bitumes, qui étaient très volumineux, sont donc entièrement supprimés. Les rejets

liquides et gazeux qui sortent des usines de La Hague sont bien entendu contrôlés, et les résultats des mesures, régulièrement publiés : la radioactivité des rejets est très inférieure aux limites légalement autorisées (elle atteint, selon les gaz, entre 0,1 % et 25 % de ces normes).

Quant aux déchets et au plutonium provenant de clients étrangers, ils doivent être retournés à leur pays d'origine après retraitement. Ces réexpéditions ont commencé. Le premier convoi de déchets vitrifiés renvoyés au Japon provoqua, on s'en souvient, des manifestations en juin dernier. ■



D. Mallouf/IFEA

Une région sous surveillance

Dans les divers prélèvements (air, pluie, etc.) effectués régulièrement autour de La Hague, la radioactivité reste inférieure aux limites légales. Pourtant, on observe dans cette région un taux de leucémies anormalement élevé...