



Contaminations radioactives : atlas France et Europe



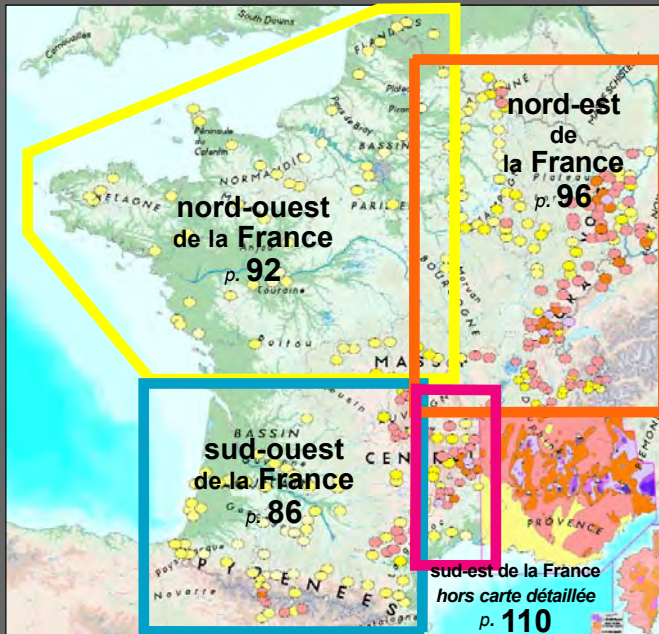
CRIIRAD
et
André Paris

é
c
o
l
o
g
i
e

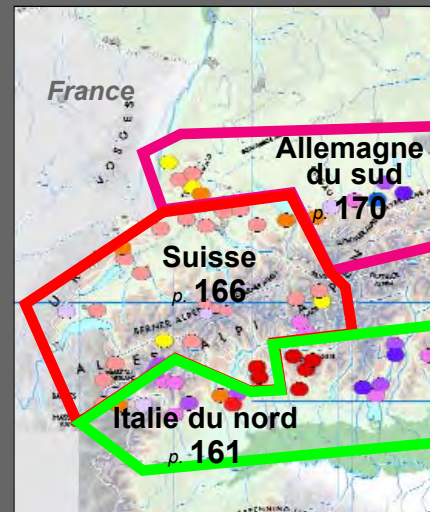
Editions
Yves Michel

Contaminations radioactives

© CRIIRAD et André Paris, éd. Yves Michel

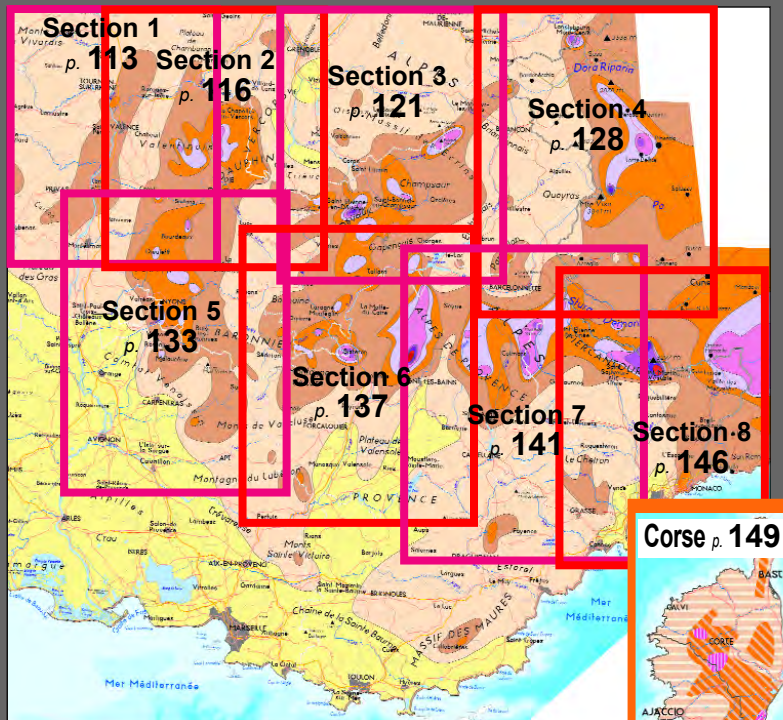


France p. 80

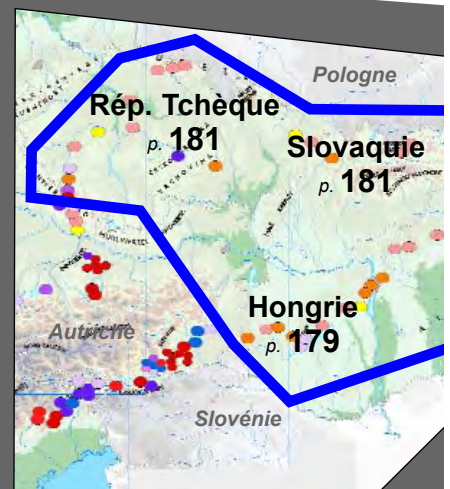


Europe

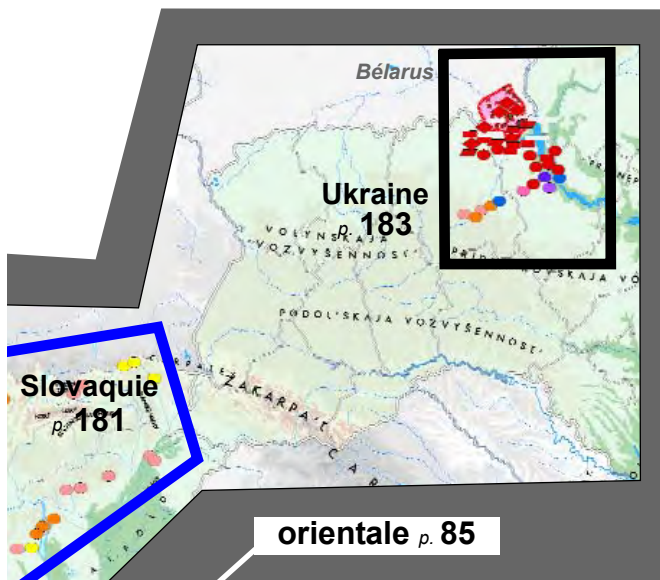
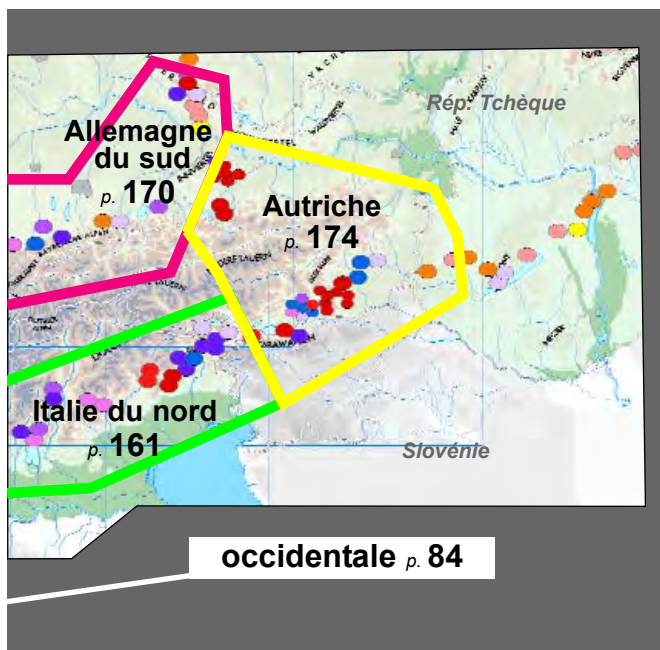
Les mesures de contaminations radioactives dont il est fait état ont été réalisées principalement en 1999 et en 2000. Les niveaux de contamination radioactive sont donc **actuels**.



sud-est de la France
carte détaillée p. 81



Europe



Sur le terrain, l'inventaire des accumulations de contamination de l'Arc Alpin a été conduit par Thierry Constantin-Blanc et André Paris. Les carottages de sol ont été analysés par le laboratoire de la CRIIRAD. La cartographie de la contamination a été conduite : en Italie, Suisse, Allemagne, Autriche, Hongrie, Slovaquie, Rép. Tchèque par Thierry Constantin-Blanc et André Paris, en Ukraine par la CRIIRAD et André Paris, en France, Espagne, Belgique par André Paris. L'intercomparaison des méthodes a été effectuée sur le terrain par la CRIIRAD et André PARIS. Les carottages de sol et les productions biologiques ont été analysés par le laboratoire de la CRIIRAD. Certaines analyses ont été financées par les associations APRIIRAD et AFCIIRAD.

Les différentes campagnes de mesures dont il est fait état des résultats, ont été assumées hors tout financement public.

Crédit photographique : T. Constantin-Blanc, J.P. Mourat, S. Grazziani, A. Paris, CRIIRAD, Musée de Tchernobyl.

Contamination des sols français par les retombées de l'accident de Tchernobyl Les preuves du mensonge CRIIRAD

7

Contribution du laboratoire de la CRIIRAD à la réalisation de l'Atlas CRIIRAD

53

Atlas

André Paris

Radioactivité naturelle/radioactivité artificielle	71
Répartition de la contamination	74
La France	80
Le sud-est de la France, le Piémont italien, la Corse	81
Europe occidentale	84
Europe orientale	85
Le sud-ouest de la France	86
Le nord-ouest de la France	92
Le nord-est de la France	96
Le sud-est de la France (à l'ouest de la carte détaillée)	110
Le sud-est de la France, section 1	113
Le sud-est de la France, section 2	116
Le sud-est de la France, section 3	121
Le sud-est de la France, section 4	128
Le sud-est de la France, section 5	133
Le sud-est de la France, section 6	137
Le sud-est de la France, section 7	141
Le sud-est de la France, section 8	146
La Corse	149
Italie du Nord	161
Suisse	166
Allemagne du sud	170
Autriche	174
Hongrie, Slovaquie, République Tchèque	179
Ukraine	183
Mesure depuis la surface du sol, méthodologie	192



Crédit photo : Bernard J. Naegelen



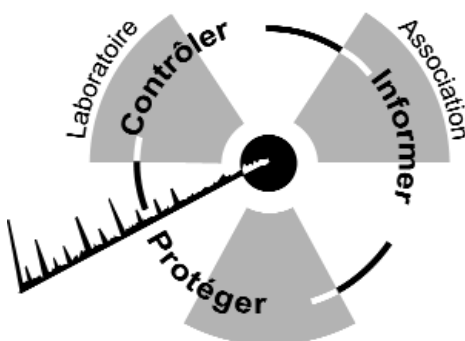
Crédit photo : Bernard J. Naegelen

Étude de l'état radiologique des sols réalisée à la demande du Conseil Régional d'Alsace. 1998. Prélèvement de sol par carottage.

Contamination des sols français par les retombées de l'accident de Tchernobyl

LES PREUVES DU MENSONGE

Corinne Castanier,
directrice de la CRIIRAD



Commission de Recherche et d'Information Indépendantes
sur la Radioactivité

« Il faut s'attendre dans les jours qui viennent à un complot international des experts officiels pour minimiser l'évaluation des victimes que causera cette catastrophe. La poursuite des programmes civils et militaires impose à l'ensemble des États une complicité tacite qui dépasse les conflits idéologiques ou économiques ».

Extrait d'un article rédigé par Madame Bella Belbéoch, physicienne, — co-auteur de *Tchernobyl, une catastrophe* — le 1^{er} mai 1986, soit 5 jours seulement après l'explosion du réacteur n°4 de Tchernobyl.

Article publié dans la revue *Ecologie* (n°371, mai 1986).

INTRODUCTION

Le mensonge de Tchernobyl Mythe ou réalité ?

LA FIN DU MYTHE ?

Le 23 octobre 1999, invité de l'émission *Tout le monde en parle*, Noël Mamère évoquait ses souvenirs de journaliste : " *Je présentais le journal de 13 heures en 1986, le jour de la catastrophe de Tchernobyl. Il y avait un sinistre personnage au SCPRI, qui s'appelait Monsieur Pellerin qui n'arrêtait pas de nous raconter que la France était tellement forte – complexe d'Astérix – que le nuage de Tchernobyl n'avait pas franchi nos frontières.* "

Publiquement mis en cause, l'ancien directeur du Service Central de Protection contre les Rayonnements Ionisants (SCPRI), Monsieur Pierre Pellerin, a porté plainte pour diffamation envers un fonctionnaire. Noël Mamère a été condamné une première fois, le 11 octobre 2000, par la 17^e chambre du Tribunal de Grande Instance de Paris et le jugement a été confirmé le 3 octobre 2001 par la cour d'Appel de Paris.

Dans son numéro d'août-septembre 2001, la Revue Générale Nucléaire publiait son compte-rendu ¹ de ces décisions de justice :

*" [La Cour d'Appel] juge que les accusations portées contre le professeur Pellerin d'avoir donné en connaissance de cause des informations mensongères sur Tchernobyl sont **dénuées de fondement** et constituent une diffamation. Ainsi, à un an d'intervalle, deux instances judiciaires ont rendu justice sans aucune ambiguïté à Pierre Pellerin. Elles ont établi qu'il n'avait jamais prononcé la phrase ou développé l'idée, selon laquelle le nuage de Tchernobyl s'était « **arrêté à la frontière de la France** ». Elles ont reconnu, bien au contraire, qu'il avait pleinement assumé ses responsabilités **en évaluant avec précision le parcours du nuage et son impact radiologique**. Avec ces deux jugements, **le mythe** entretenu depuis quinze ans par les antinucléaires sur le « mensonge » de P. Pellerin et des autorités françaises relatif à l'accident de Tchernobyl en France est proprement mis en pièce. "*

Créé en mai 1986 en réaction contre la désinformation officielle, la **CRIIRAD** serait donc née, au mieux, d'un malentendu, au pire, d'une escroquerie intellectuelle et le combat qu'elle mène depuis plus de 15 ans pour l'établissement de la vérité serait sans fondement.

Il n'y a pas eu de mensonge en mai 86 ; la responsabilité du gouvernement français n'est pas engagée ; le SCPRI n'a pas sous-évalué la contamination ; son directeur, Monsieur Pellerin, a parfaitement rempli sa mission de surveillance radiologique du territoire.

Le mensonge n'était qu'un mythe, inventé par des journalistes en mal de scoop et des militants anti-nucléaires. Quinze ans après les faits, une décision de justice réhabiliterait — enfin ! —, l'action des pouvoirs publics.

¹ Extrait d'un article de Francis Sorin, dans : Revue Générale Nucléaire - année 2001, n°4 - août-septembre.

LA VÉRITÉ D'UNE CARICATURE

Qui peut imaginer qu'au début mai 1986, le directeur du SCPRI – ou n'importe quel responsable – ait pu affirmer que " *Le nuage de Tchernobyl s'est arrêté aux frontières de la France* " sans déclencher les rires des journalistes et les huées du public ? C'est grotesque.

L'image du douanier intimant au nuage de Tchernobyl de stopper à la frontière franco-allemande appartient à l'univers des humoristes.

Les responsables se sont évidemment exprimés avec plus de nuance et la désinformation n'a pas été toujours facile à décrypter. Le mensonge s'est décliné en chiffres, cartes, becquerels, interprétations erronées et amalgames subtils... autant de choses que l'opinion publique a naturellement du mal à retenir. Le contenu des déclarations officielles a été oublié.

Seules persistent dans la mémoire collective, l'idée du mensonge et l'image de la frontière... mais c'est précisément le propre d'une caricature réussie que de rendre compte, en forçant le trait, d'une réalité nécessairement plus complexe.



Les successeurs du SCPRI² avaient déjà tenté, il y a quelques années, de jouer sur l'ambiguïté. Sur une radio nationale, un repas gratuit à la *Tour d'argent* avait été promis à quiconque pourrait démontrer que le professeur Pellerin avait effectivement déclaré : " *le nuage de Tchernobyl s'est arrêté aux frontières de la France* ! " Un pari évidemment sans risque.

Nous avons alors souri de la grossièreté du subterfuge. Nous étions loin de nous douter que ce raisonnement spécieux pourrait un jour servir à réécrire l'histoire.

À CHACUN DE JUGER

Puisque d'aucuns annoncent que l'honneur du professeur Pellerin est enfin lavé, que la responsabilité des pouvoirs publics est désormais dégagee, il nous a paru indispensable de rassembler l'essentiel des informations diffusées depuis 1986 par les services officiels français à propos de la contamination des sols.

Nous vous proposons d'en prendre connaissance, d'en faire l'analyse critique et de les comparer aux résultats des investigations conduites par le laboratoire de la CRIIRAD.

À chacun de juger de la validité des arguments et des accusations.

À chacun de déterminer qui – de la CRIIRAD ou des pouvoirs publics – a abusé de la crédulité des citoyens. Quels sont les véritables mensonges et qui sont les menteurs ?

² L'Office de Protection contre les Rayonnements Ionisants (OPRI) a remplacé le SCPRI en 1994.

Les informations diffusées par les services officiels français en 1986

**Quel niveau de contamination a provoqué, en France, le passage du nuage de Tchernobyl ?
À cette question, les autorités françaises pouvaient, et devaient, apporter une réponse fiable.**

Elles pouvaient car elles avaient le temps et le matériel pour le faire. Les appareils de mesure étaient disponibles, et en quantité puisque, au-delà des services d'État, tous les sites nucléaires en disposaient, des centrales nucléaires d'EDF aux centres de recherche du CEA. Par ailleurs, Tchernobyl étant situé à 2 500 km de la France et l'accident annoncé dès le 28 avril³, les autorités étaient en état d'alerte et avaient le temps de réagir.

Elles devaient car une estimation correcte des dépôts au sol est l'un des éléments-clés de la protection des populations : la nature et la quantité des produits radioactifs déposés sur les sols déterminent en effet la contamination de la chaîne alimentaire : impact direct pour les fruits et légumes, d'autant plus contaminés que les surfaces de captage sont importantes (d'où les teneurs élevées mesurées dans les légumes-feuilles type salades, blettes, épinards...) ; impact indirect pour la viande, le lait et les produits laitiers, le bétail pâturent des herbages contaminés.

En situation accidentelle, le mot-clé est l'anticipation : l'évaluation correcte des dépôts au sol permet de prédire les doses de rayonnement que recevront les consommateurs et de décider de l'opportunité d'intervenir pour limiter l'exposition des personnes. À ce stade, il n'est pas nécessaire de disposer de chiffres très précis, mais il est **indispensable de déterminer les ordres de grandeur**.

Sous-évaluer, de plusieurs ordres de grandeur, la contamination des sols conduirait à sous-évaluer considérablement les risques et à décider, à tort, de ne prendre aucune mesure de protection, pas même pour les enfants et les femmes enceintes.

LA CENTRALE DE TCHERNOBYL EXPLOSE

Dans la nuit du 25 au 26 avril 1986, le réacteur numéro 4 de la centrale nucléaire de Tchernobyl explose, projetant des débris hautement radioactifs à plus de 2 000 m d'altitude. Des quantités considérables de particules et de gaz radioactifs sont rejetées sans discontinuer pendant 10 jours avant que les Soviétiques ne parviennent à contrôler la situation.

Tchernobyl se trouve en Ukraine, à 130 km au nord de Kiev, à plus de 2 000 km de la France, **mais la contamination s'étend rapidement**. Dès le 26 avril, poussés par des vents d'altitude qui soufflent du sud / sud-est à environ 30 km/h, les panaches contaminés gagnent la Biélorussie et la Pologne. Le 27, ils progressent vers la Finlande et la Suède où des balises de surveillance vont permettre, le **28 avril**, de donner l'**alerte**. À cette date, les vents soufflent de l'est et portent la contamination vers l'Europe centrale. **Le territoire français est atteint dès le 29 avril** — l'augmentation de la radioactivité de l'air est attestée à Verdun, dans la Meuse et à Marcoule, dans le Gard — et presque totalement **recouvert le 1^{er} mai**.

³ En 1989, dans une interview accordée à Catherine Rouvier, de l'université Paris II, le directeur du SCPRI a déclaré que ses services avaient été informés dès le 28 avril, 13 heures.

Les panaches radioactifs se répandent progressivement sur tout l'hémisphère nord. Ils atteignent les États-Unis le 5 mai, simultanément par l'Atlantique et le Pacifique.

La contamination est maximale en Ukraine, en Russie et surtout en Biélorussie⁴ mais les dépôts au sol ne sont pas simplement fonction de l'éloignement : des zones chaudes nécessitant des mesures de relogement seront identifiées à plusieurs centaines de kilomètres de Tchernobyl.

À l'échelle de l'Europe, les trajectoires des panaches radioactifs et les variations de pluviosité vont provoquer des dépôts très hétérogènes, induisant une contamination " en taches de léopard ".

LE RÔLE DU SCPRI

Un organisme va jouer un rôle déterminant dans l'information que diffuseront les autorités françaises. Il s'agit du Service Central de Protection contre les Rayonnements Ionisants, plus connu sous le sigle **SCPRI**. Créé en **1956**, ce service était placé sous la double tutelle des **ministères de la Santé** (pour la protection des populations) **et du Travail** (pour la protection des personnes professionnellement exposées aux rayonnements ionisants). Il avait notamment pour mission de surveiller le niveau de contamination du territoire et d'alerter en cas de problème ses ministères de tutelle.

L'arrêté portant création du SCPRI stipule ainsi qu'il " *pratique toutes mesures, analyses ou dosages permettant la détermination de la radioactivité ou des rayonnements ionisants dans les divers milieux où ils peuvent présenter des risques pour la santé des individus ou de la population, et assurer la vérification des moyens de protection utilisés et de leur efficacité.* "

Depuis sa création, le SCPRI était dirigé par Monsieur **Pierre Pellerin**.

UN NON-ÉVÉNEMENT

Le 29 avril 1986, alors que les masses d'air contaminé abordent les frontières françaises, le SCPRI publie un premier diagnostic : " [À Tchernobyl], *en ce qui concerne les populations, il y a certes un problème d'hygiène publique, mais pas de réel danger, et certainement pas plus loin que 10 à 20 km au nord de la centrale. (...) En France, en tout cas, compte tenu de la distance et de la décroissance dans le temps, si l'on détecte quelque chose, il ne s'agit que d'un problème purement scientifique.* "

Avant même que le nuage radioactif n'atteigne officiellement la France, les conclusions de M. Pellerin sont arrêtées : la contamination sera nécessairement infime, une question de pure métrologie qui ne concerne que les chercheurs.

Trois jours plus tard, le 2 mai, c'est bien ce message que les populations découvrent dans leurs journaux. *Libération* indique que " *la légère hausse de radioactivité décelée dans le sud-est n'est pas significative selon le SCPRI* ". *Le Figaro* affirme que " *des particules radioactives ont été détectées dans le sud-est de l'hexagone. Mais en quantité trop faible pour présenter le moindre danger.* "

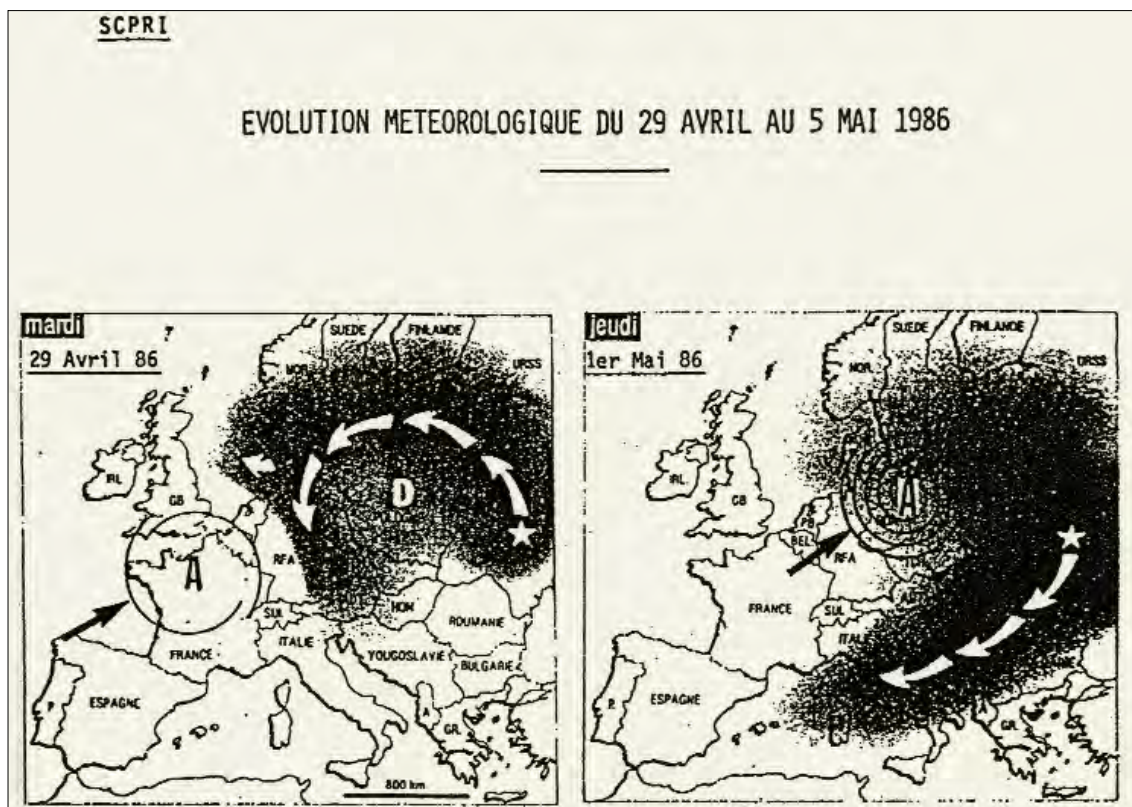
Durant toute la **période critique** du début mai, les autorités s'efforcent en effet de convaincre la population de la normalité de la situation et de l'inutilité de toute précaution. Dès le début du mois de mai, le **SCPRI** rédige un " **communiqué spécial** " qui sera envoyé des jours durant à tous ceux qui sont susceptibles de renseigner et de conseiller les Français : en tout premier lieu aux préfets à qui incombe la responsabilité de prendre des mesures pour assurer la protection des personnes, mais aussi aux DDASS, aux centres anti-poisons, aux centres anti-cancéreux, aux services de médecine nucléaire, aux pharmaciens, à l'INC, aux agences de presse bien sûr... et jusqu'à S.V.P. Le communiqué est très clair. L'accident de Tchernobyl n'a aucune incidence en France et ne nécessite **absolument** aucune précaution : " ***Il faudrait imaginer des élévations dix mille à cent mille fois plus importantes pour que commencent à se poser des problèmes significatifs d'hygiène publique.*** "

De 10 000 à 100 000 fois plus avant de devoir se préoccuper d'un début de problème : la marge est de taille !

⁴ Ces républiques soviétiques sont devenues indépendantes en 1991. La Biélorussie a alors pris le nom de Bélarus.

Forts de cette assurance, les relais locaux vont persuader tous ceux qui s'interrogent de ne rien modifier à leurs habitudes. On montre du doigt les mesures conservatoires prises par l'Italie, l'Allemagne ou la Grèce pour limiter l'exposition des populations : bétail retiré des pâturages, restriction sur la commercialisation des aliments à risque, conseils de décontamination, limitation des voyages à l'Est, etc.

Le sentiment de sécurité est renforcé par la publication de cartes météorologiques montrant que **la France est protégée par un anti-cyclone**, une information largement diffusée par les média. Les cartes reproduites ci-dessous ont été présentées aux Français au début du mois de mai⁵.



La force de ces images a balayé beaucoup d'interrogations. Le texte précisait que " *la France, l'Espagne, et partiellement, la Grande-Bretagne, ont été nettement moins exposées aux retombées de Tchernobyl (moins du tiers en moyenne du reste de l'Europe) par suite de la présence, jusqu'au 1er mai, d'un anti-cyclone centré sur les Açores puis la France (voir cartes météorologiques [...])* ". La France n'aurait été touchée que par " *la queue* " du nuage de Tchernobyl, là où les poussières radioactives étaient " *déjà très fortement diluées* ". " *De ce fait les niveaux relativement les plus élevés que l'on a mesurés en France se sont toujours situés au voisinage immédiat des frontières italienne, suisse et allemande.* " ⁶

Ce travail de désamorçage porte ses fruits. Les journaux ne mentionnent qu'en petits caractères les faibles quantités de particules qui survolent la France. Le processus aboutit le 6 mai 1986, au célèbre communiqué du ministère de l'Agriculture, alors dirigé par Monsieur François Guillaume : " *Le territoire français, en raison de son éloignement, a été totalement épargné par les retombées de radionucléides consécutives à l'accident de la centrale de Tchernobyl. À aucun moment, les hausses observées de radioactivité n'ont posé le moindre problème d'hygiène publique.* "

⁵ Le document reproduit ci-dessus provient du communiqué récapitulatif du SCPRI du 2 juin 1986, intitulé " *Accident de Tchernobyl* " et signé " *Pr Pierre Pellerin, Directeur du SCPRI* ".

⁶ " *Les retombées de Tchernobyl et l'action du SCPRI* ", Pierre Pellerin, article publié dans la Revue Générale du Nucléaire, n°3, mai-juin 1986.

Les deux phrases pourraient paraître contradictoires – comment observer des " hausses de radioactivité " sur un territoire qui a été " *totale­ment épargné* " ? En fait, elles retranscrivent précisément l'analyse du SCPRI, reprise par les pouvoirs publics : **la contamination est si faible, si insignifiante qu'il s'agit d'un "non-événement". On peut considérer que le nuage radioactif n'a pas touché le territoire français.**

UN ÉLÉMENT-CLÉ : LA MESURE DES DÉPÔTS AU SOL

Dans son bilan de juillet 1986, le SCPRI souligne qu'il " *a très régulièrement informé les autorités et toutes les principales agences de presse [...] par un communiqué quotidien depuis le 29 avril* " et par des " *cartes récapitulatives, établies successivement les 7, 15 et 30 mai* ".

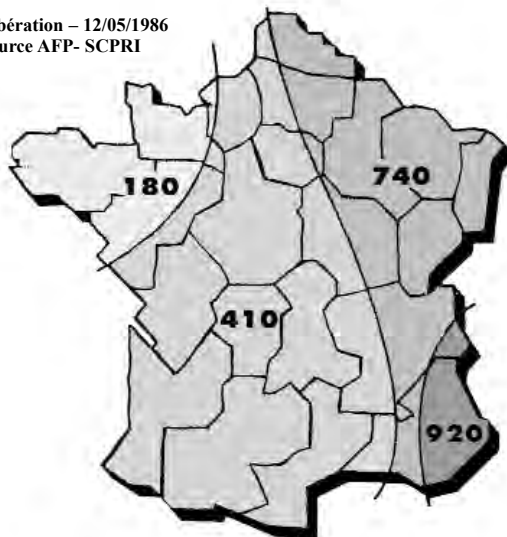
Le premier bilan est donc dressé le 7 mai ⁷. Le directeur du SCPRI présente son évaluation de la quantité de radioactivité retombée sur le sol français.

D'après ce service spécialisé, le dépôt moyen total peut être estimé à **407 becquerels par mètre carré de sol** (Bq/m²) ⁸. Ce chiffre tient compte de la présence de **6 radionucléides** ⁹ : l'iode 131 (218 Bq/m²), le tellure 132 (74 Bq/m²), le ruthénium 103 (55,5 Bq/m²), le baryum 140 (24 Bq/m²), le césium 137 (8,5 Bq/m²) et le césium 134 (4,4 Bq/m²).

La carte détaillant la répartition spatiale de la contamination, est diffusée par l'AFP et reproduite le 12 mai par le quotidien *Libération* (cf. ci-contre). Quatre zones sont distinguées. La Bretagne et la Normandie apparaissent comme les régions les moins touchées avec un dépôt total inférieur à 200 Bq/m². Dans le sud-est, secteur le plus touché, les retombées restent inférieures à 1 000 Bq/m².

Radioactivité du sol

Libération – 12/05/1986
Source AFP- SCPRI



Activités exprimées en millions de becquerels par kilomètre carré ce qui correspond à des becquerels par mètre carré (Bq/m²).

Le **césium 137** est le radionucléide qui persistera le plus longtemps dans les sols du fait de sa période radioactive relativement longue (30 ans) ¹⁰. Son activité représente à peine plus de 2% de l'activité totale : de l'ordre de 4 Bq/m² dans l'Ouest et jusqu'à 20 Bq/m² à l'Est, pour un dépôt moyen de **8,5 Bq/m²**.

Une semaine plus tard, un nouveau communiqué ¹¹, daté du **16 mai 1986**, confirme les ordres de grandeurs. Les chiffres sont en baisse compte tenu de la décroissance des produits radioactifs à vie courte. Le SCPRI indique que le " *niveau actuel de la radioactivité surfacique [est] réduit de moitié environ par rapport à celui de la semaine précédente* " : **240 Bq/m²** en moyenne pour l'ensemble du territoire (contre 407 Bq/m² le 7 mai). La carte que publie le SCPRI (cf. page suivante, carte de gauche) présente les niveaux de contamination par région : les valeurs s'échelonnent de 500 Bq/m² dans l'Est à moins de 100 Bq/m² dans l'Ouest.

⁷ Il est publié dans un communiqué SCPRI daté du 8 mai 1986 (référence TX 12539) sous le titre " *Premier bilan établi par le SCPRI après l'accident de Tchernobyl* ".

⁸ Dans ce premier communiqué, le SCPRI a exprimé les activités en curie (soit 11 millicuries par km²). La semaine d'après, il utilisait le becquerel (Bq). Afin de faciliter la compréhension (et puisque le Bq était déjà l'unité légale de mesure de la radioactivité), nous avons converti toutes les valeurs en becquerels par mètre carré (Bq/m²).

⁹ Résultats obtenus à partir de 2 séries de mesure : la première comptabilise les dépôts du 1 au 2 mai 1986 (les plus importants) ; la seconde, les dépôts du 2 au 8 mai 1986. A noter que la somme des 6 radionucléides (384 Bq/m²) est légèrement différente de la valeur donnée par le SCPRI, soit 407 Bq/m².

¹⁰ La période radioactive est le temps nécessaire pour que l'activité initiale diminue de moitié. En 30 ans, l'activité du césium 137 est divisée par 2, en 60 ans par 4, en 90 ans par 8, etc. En 300 ans (ce qui correspond à 10 périodes), l'activité initiale est divisée par 1 000. Si la quantité initiale est très élevée, il faut bien plus de 10 périodes pour que la contamination devienne négligeable.

¹¹ Second bilan officiel publié le 16 mai 1986 et intitulé : " *Cartes de la radioactivité sur le territoire français au 15 mai 1986* ".

Carte de France SCPRI
des dépôts au sol
Activités totales au 15 mai 86



Carte de France des dépôts au sol
Activités du césium 137
(Valeurs déduites des chiffres SCPRI)



Le césium 137 représentait, le 8 mai, 2,2 % de l'activité totale mesurée par le SCPRI. Connaissant la contribution relative des 6 radionucléides évalués et leurs périodes radioactives respectives¹², on en déduit que le césium 137 représentait le 15 mai, 4,3 % de l'activité totale, principalement du fait de la diminution de l'activité du tellure 132. Un simple calcul permet d'indiquer, pour chaque région, l'ordre de grandeur des dépôts de césium 137. Les valeurs sont indiquées en chiffres dactylographiés.

EN FRANCE, AUCUNE PRÉCAUTION N'EST REQUISE

Se basant sur les évaluations du SCPRI, les autorités françaises décident de ne prendre **aucune des contre-mesures disponibles pour limiter les incorporations de radioactivité** : aucune recommandation pour éviter de rester sous la pluie ou de laisser les enfants jouer dehors les premiers jours de mai ; aucune restriction sur la commercialisation des aliments critiques (lait frais, fromage frais, légumes à larges feuilles, etc.) provenant des zones les plus touchées ; aucun conseil aux éleveurs pour la mise en stabulation du bétail et la distribution de grains et fourrages non contaminés ; aucune consigne aux agriculteurs pour la gestion des cultures et, bien évidemment, aucune possibilité d'indemnisation pour le retrait des produits les plus contaminés ; aucun conseil aux professionnels les plus exposés (agriculteurs, éleveurs, forestiers, agents de maintenance des systèmes de filtration de l'air, etc.)

Bien au contraire, **les autorités insistent sur l'inutilité de toute action préventive, y compris à l'égard des enfants ou des femmes enceintes**. Quel que soit leur âge, les consommateurs sont encouragés à ne rien changer à leurs habitudes alimentaires. Ces recommandations sont rappelées et confirmées à deux reprises par des communiqués du ministre de la Santé, Madame Michèle Barzach.

Si la contamination avait été telle que la décrivait le SCPRI, cette totale inaction aurait été parfaitement justifiée. Malheureusement pour la population française, ce n'était pas le cas.

¹² La période radioactive du césium 137 est de 30 ans, celle du césium 134 est de 2,06 ans, celle du ruthénium 103 est de 39,3 jours, celle de l'iode 131 est de 8 jours, celle du tellure 132 est de 3,3 jours et celle du baryum 140 est de 12,8 jours.

Création de la CRIIRAD et dénonciation du mensonge

MOBILISATION CITOYENNE POUR LE DROIT DE SAVOIR

À quelques exceptions près, l'information est bien contrôlée par les services officiels. Michel Chevalet, alors responsable du service scientifique de TF1, se félicite ¹³ d'avoir échafaudé l'information de concert avec François Cogné, directeur de l'Institut de Protection et de Sécurité Nucléaire ¹⁴. Celui-ci l'a contacté avant même qu'il ne tente de le joindre et " *pendant plusieurs jours, à propos de Tchernobyl, [leur] collaboration a été permanente.* "

Cependant, des réactions se font jour. Bien que très minoritaires quelques scientifiques prennent la parole ¹⁵. Certains journalistes commencent à prendre du recul et confrontent les discours officiels aux informations qui circulent à l'étranger.

Dans la Drôme, un groupe de simples citoyens – qui va donner naissance à la CRIIRAD ¹⁶ – décide de vérifier le niveau de contamination de l'environnement. Des prélèvements d'eau de pluie, d'herbe et de terre sont effectués mais il est difficile de trouver un laboratoire disposé à analyser les échantillons. C'est finalement le **Professeur Robert Béraud** ¹⁷, de l'Institut de Physique Nucléaire de Lyon, qui accepte de réaliser les analyses et de former les futurs responsables de la CRIIRAD. L'aide bénévole de ce scientifique, plus désireux de savoir que soucieux de sa carrière, a été déterminante.

Le résultat des premiers contrôles étonne tout le monde : **tous les échantillons sont contaminés et le cocktail des produits radioactifs est impressionnant** : de l'iode 131, du césium 134, du césium 137, du ruthénium 103, du ruthénium 106, du tellure 132. Le 10 mai, une conférence de presse est organisée à Lyon. La réalité de la contamination est rendue publique : il ne s'agit plus de traces de particules radioactives diluées par un anticyclone mais de retombées radioactives capables de générer une contamination non négligeable de toute la chaîne alimentaire !

Dès le lendemain, le directeur du SCPRI, Pierre Pellerin, doit s'expliquer sur TF1 et admettre que la contamination de l'air a été multipliée par 100, 200 voire 400. Le 12 mai, *Libération* titre sur " **Le mensonge radioactif** " mais l'ampleur du mensonge reste encore à découvrir. Ces chiffres sont encore très loin de la vérité ¹⁸, mais presque tout le monde l'ignore.

Pendant ce temps, dans la Drôme, la dynamique est lancée. Le 15 mai, une centaine de personnes se réunissent au Teil, près de Montélimar et fondent **la CRIIRAD** – Commission de Recherche et d'Information Indépendantes sur la Radioactivité ¹⁹. L'épreuve de force commence. L'association multiplie les réunions d'information et demande le retrait des produits contaminés. De son côté, la Préfecture

¹³ Intervention de Michel Chevalet, chef du service scientifique à TF1, au cours de la réunion organisée par la Société Française de l'Energie Nucléaire et la Société Française de Radioprotection le 18 juin 1986 à Paris, publiée dans la Revue Générale du Nucléaire, n°3, 1986.

¹⁴ Institut créé au sein du Commissariat à l'Energie Atomique (CEA), établissement public chargé du développement des utilisations civiles et militaires de l'énergie nucléaire.

¹⁵ Des membres du GSIEN, Groupement de Scientifiques pour l'Information sur l'Énergie Nucléaire, (en particulier Roger et Bella Belbéoch, Monique et Raymond Sené) ou encore le professeur Jean-Marie Martin, du CNRS (Laboratoire de Montrouge).

¹⁶ La CRIIRAD est née d'une mobilisation citoyenne à l'image de la société. L'équipe de départ comprend ainsi Yves Sabatier, responsable d'une tuilerie, François Mosnier, pilote d'avion, Michèle Rivasi, professeur de biologie, Marie-Laure Rodet, agricultrice, Jean-Marie Tavan, architecte, Gérard Dabbène, électricien, Philippe Hornick, formateur, Pierre Coulomb, pépiniériste, Christian Courbon, père au foyer, Alain Crégut, commercial, Catherine Maneval, infirmière, Denise Wolh, médecin, etc.

¹⁷ La CRIIRAD a également bénéficié de l'aide de M. Sylvain Vanzetto, assistant du Pr Béraud, et de M. Jean-Pierre Manin (CNRS).

¹⁸ En réalité, l'activité de l'air en césium 137 est passée de 0,001 millibecquerel par mètre cube à 1,5 becquerel par mètre cube, soit une augmentation de plus de 1 million de fois (cf. mesures de J.M. Martin sur la région parisienne, zone relativement épargnée).

¹⁹ Les statuts de l'association sont déposés le 28 mai 1986 à la préfecture de la Drôme. D'abord commission régionale d'information indépendante sur la radioactivité, l'association acquiert rapidement une assise nationale et modifie sa dénomination.

de la Drôme conseille aux producteurs de porter plainte contre des extrémistes qui vont les conduire à la faillite. Lors du congrès des plantes aromatiques et médicinales qui se tient début juillet, la polémique bat son plein. L'Administration soutient que le thym n'est pas contaminé... mais doit s'incliner après la réalisation d'analyses contradictoires sur des échantillons prélevés en présence d'un huissier.

De ces premières confrontations, la CRIIRAD tire un enseignement qui fera sa spécificité : la nécessité de disposer d'un **laboratoire spécialisé dans les mesures de radioactivité**. Dans les mois qui suivent, grâce à la mobilisation de l'opinion publique, l'association achète une première chaîne de détection par spectrométrie gamma. Son équipement se renforcera au fil des années, mais la CRIIRAD peut dès lors multiplier les contrôles sur l'environnement et la chaîne alimentaire. **Un de ses premiers objectifs sera de reconstituer le véritable impact de l'accident de Tchernobyl sur le territoire français.**

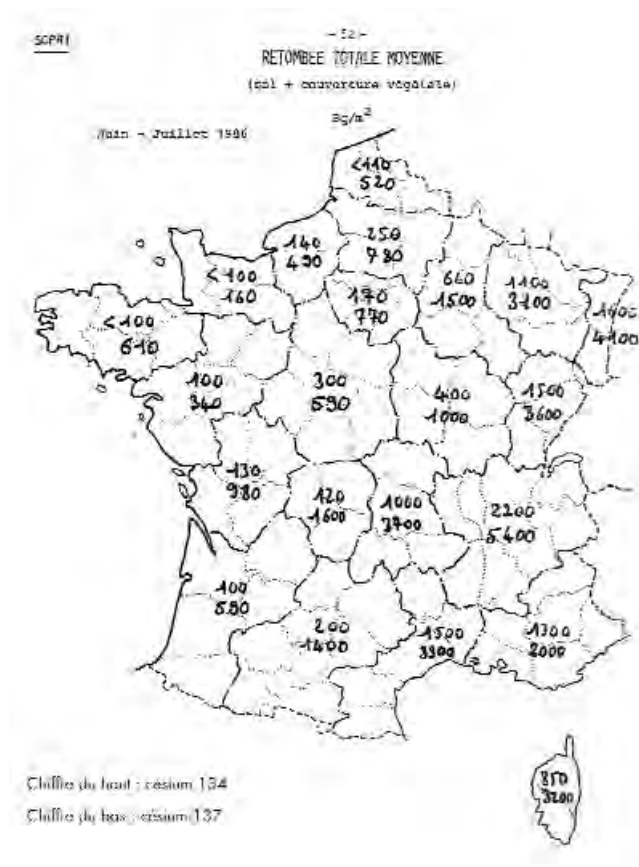
La CRIIRAD révèle...

LES DISCRÈTES CORRECTIONS DU SCPRI

Dans des rapports publiés plus de 3 mois après l'accident ²⁰, le SCPRI corrige à la hausse les chiffres publiés dans ses bilans du mois de mai. Les corrections sont sévères : les nouveaux chiffres sont **de l'ordre de 100 à 1 000 fois supérieurs** aux évaluations de mai 86 ! Ce n'est plus une évolution, mais une véritable révolution. La moyenne des dépôts de césium 137 reçus par les différentes régions s'élève à **1 800 Bq/m²**, soit plus de 200 fois la valeur donnée en mai 1986 (**8,5 Bq/m²**) !

La lecture des tableaux de résultats indique que les contrôles du SCPRI ont été effectués **entre le 30 mai 1986 et le 25 juillet 1986** (site de Gravelines). C'est beaucoup trop tard : c'était au début du mois de mai 86 qu'il fallait avoir les bons chiffres. En situation de crise, c'est immédiatement qu'il faut évaluer l'ampleur de la contamination. Il faut même l'anticiper ²¹ en établissant des scénarios prévisionnels car, pour être efficaces, les contre-mesures doivent être prises le plus rapidement possible.

Le plus remarquable est que le SCPRI publie des chiffres totalement incompatibles avec ses premières mesures... **sans donner aucune explication** ! Tout se passe comme si les évaluations du mois de mai n'avaient jamais existé. On comprend que le SCPRI perde opportunément la mémoire mais comment expliquer que **personne ne lui demande des comptes** ?



²⁰ Les tableaux de résultats ont été publiés dans le rapport mensuel de juillet 1986. Les cartes correspondantes figurent dans le rapport mensuel de mai-juin 1986. Les dates des rapports sont trompeuses : certaines des analyses qu'ils contiennent sont datées du 31 juillet 1986. Leur publication est donc nécessairement postérieure.

²¹ Ces outils existaient à l'étranger. Il s'agit notamment des limites dérivées sur l'air, les dépôts au sol et l'activité du lait que la CRIIRAD a obtenu du National Radiological Protection Board (NRPB), service officiel du Royaume-Uni, équivalent du SCPRI.

Le service chargé de la radioprotection se trompe de plusieurs ordres de grandeurs sur les retombées radioactives et personne ne réagit ; deux mois plus tard, il multiplie ses propres chiffres par 100 et plus et, là encore, cela ne suscite aucune réaction : aucun haut fonctionnaire de la DGS ²² ne s'émue ; pas un seul responsable du ministère de la Santé ne s'interroge. On se contente de se gausser des mesures de protection prises à l'étranger. **Cette loi du silence n'a jamais été rompue.** Aucun responsable, aucun des services en charge de la radioprotection et de la sûreté nucléaire n'a jamais fait mention des évaluations de mai 1986 : tout le monde s'est entendu pour occulter le problème et conclure à la bonne gestion du dossier par le SCPRI.

La CRIIRAD révèle...

LES GRAVES INSUFFISANCES DE LA NOUVELLE CARTE

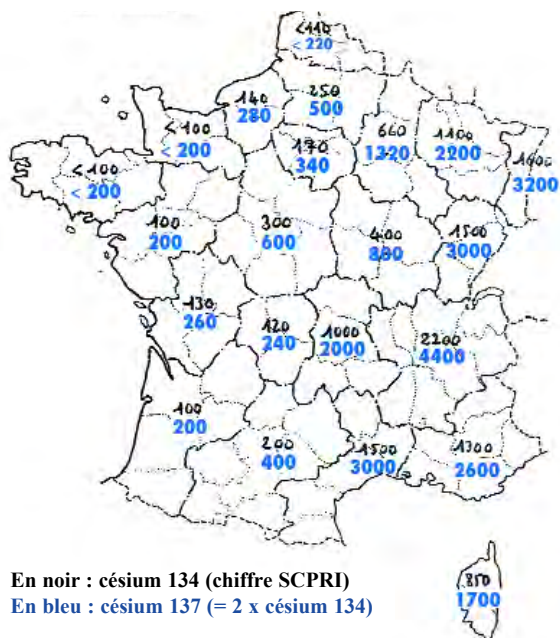
Les mesures effectuées en juin-juillet par le SCPRI sont certes plus proches de la réalité mais une lecture attentive révèle de nombreuses anomalies. Il est clair que les critères requis pour les publications scientifiques ne sont pas respectés : aucune précision n'est donnée sur la méthodologie, en particulier sur la profondeur du prélèvement de sol ; de nombreux résultats ne sont pas localisés : 11 des 42 sites évalués ne sont repérés que par le nom du département (Landes, Corrèze, Haute-Corse, Eure, Haute-Saône, etc.). Lorsque plusieurs résultats figurent (3 pour les Landes, 2 pour l'Ardèche), on ignore s'il s'agit de mesures effectuées au même endroit ou en des sites différents.

On s'interroge également sur ce que représentent les chiffres publiés par le SCPRI : s'agit-il du seul césium 137 rejeté par la centrale de Tchernobyl ou du césium 137 total (somme des dépôts de Tchernobyl et des retombées des essais nucléaires aériens) ? Si l'on se réfère aux rapports de la communauté européenne ²³, les chiffres du SCPRI correspondent à **la seule contribution de Tchernobyl**. Si l'on retient cette hypothèse, on constate que le SCPRI est le seul laboratoire qui trouve un rapport isotopique césium 137 / césium 134 différent de 2. À l'étranger, les chercheurs ont tous mesurés, dans les retombées de Tchernobyl sur l'Europe de l'ouest, **2 fois plus de césium 137 que de césium 134**. Sur la carte du SCPRI, on peut constater que le rapport isotopique n'est que de **1,4** au Vésinet, mais de **3,9** à Vioménil, dans les Vosges et qu'il atteint un chiffre record de **13** en Corrèze ! Ces incohérences traduiraient l'incapacité des services officiels français à évaluer correctement les dépôts au sol.

Dans l'atlas que publie l'Europe en 1998 ²⁴, les résultats du SCPRI ne sont plus présentés comme le seul césium 137 de Tchernobyl mais comme le **césium 137 total**, incluant le césium 137 déjà présent dans les sols français du fait des essais nucléaires militaires. Sachant que le césium 134 provient exclusivement de Tchernobyl et qu'il est 2 fois moins abondant que le césium 137, on peut établir (cf. ci-contre) la carte des dépôts de césium 137 de Tchernobyl (en multipliant simplement par 2 les activités du césium 134 mesurées par le SCPRI).

Carte SCPRI

(activités du césium 137 modifiées par la CRIIRAD
sur la base d'un rapport isotopique
césium 137 / césium 134 égal à 2)



En noir : césium 134 (chiffre SCPRI)
En bleu : césium 137 (= 2 x césium 134)

²² Direction Générale de la Santé dirigée à l'époque par Monsieur François Girard.

²³ Ainsi le rapport EUR 11523 EN, de 1988 : A preliminary assessment of the radiological impact of the Chernobyl reactor accident on the population of the European community. Commission of the European Communities, Radiation protection.

²⁴ Information obtenue en octobre 2001 de M. De Cort, chercheur au centre européen d'Ispre, co-auteur de l'atlas européen de la contamination des sols en césium.

Les chiffres deviennent cohérents du point de vue du rapport isotopique mais les dépôts de Tchernobyl sont alors nettement **plus faibles** : en Corse, la moyenne n'est plus de 3 200 Bq/m², mais de 1 700 Bq/m² ; en Alsace, la moyenne n'est plus de 4 100 Bq/m², mais de 3 200 Bq/m².

Plus grave, le SCPRI prétend que les chiffres qu'il publie correspondent à des "**moyennes régionales**". Or, le recensement des analyses qui ont servi à construire sa carte révèle que la plupart de ces "moyennes" reposent sur... **une seule mesure** ! C'est, par exemple, le cas de la région Provence Alpes Côte d'Azur (PACA), région pourtant très contrastée, évaluée à partir d'un seul prélèvement, effectué à Nice. Le constat est le même pour l'Alsace, la Franche-Comté, la Picardie, le Limousin, la Normandie, la Bretagne, le Nord Pas-de-Calais... Nous verrons que l'incidence de cette anomalie est considérable car les dépôts de Tchernobyl sont caractérisés par une très forte hétérogénéité.

Parfois, **les erreurs se cumulent**. Dans les tableaux d'analyse du SCPRI, le résultat du prélèvement effectué à Nice, le 1^{er} juillet est de **3 000 Bq/m²** en césium 137. Sur la carte correspondante, le 3 s'est changé en 2 : la "moyenne" régionale de la région PACA est ainsi passée **de 3 000 à 2 000 Bq/m²**, soit une réduction de 33 %.

Par ailleurs, les prélèvements effectués sur un même site donnent des résultats **totalelement incohérents**. À Cruas, par exemple, une première évaluation révèle un dépôt de 35 000 Bq/m², puis un second contrôle, effectué trois semaines plus tard, indique 9 100 Bq/m². Étant donné qu'il faut 30 ans pour que l'activité du césium 137 diminue de moitié, il est impossible qu'elle soit divisée par 3 en seulement quelques semaines.

Dans plusieurs régions, dès lors qu'il s'agit de faire la moyenne des résultats disponibles, **les maxima sont systématiquement écartés** ! Le cas de la région Rhône-Alpes est exemplaire : le SCPRI annonce un dépôt moyen de **5 400 Bq/m²**, valeur obtenue à partir des 8 résultats d'analyses listés ci-dessous (prélèvements réalisés entre le 6 juin et le 24 juillet 1986).

Code SCPRI	Commune	Département	Date	Césium 137	Moyenne
2 MEA	Méaudre	Isère	6 juin	3 900 Bq/m ²	4 775 Bq/m ²
			14 juin	4 600 Bq/m ²	
			1 ^{er} juillet	5 600 Bq/m ²	
			15 juillet	5 000 Bq/m ²	
60CRM	Creys-Malville	Isère	17 juin	2 800 Bq/m ²	2 800 Bq/m ²
155STA	Saint-Alban	Isère	17 juin	4 600 Bq/m ²	4 600 Bq/m ²
75TRI	Tricastin	Drôme	18 juin	2 100 Bq/m ²	2 100 Bq/m ²
157CRU	Cruas	Ardèche	17 juin	35 000 Bq/m ²	22 050 Bq/m ²
			11 juillet	9 100 Bq/m ²	
DI Ardèche	?	Ardèche	24 juillet	11 000 Bq/m ²	11 000 Bq/m ²
DI Ardèche	?	Ardèche	24 juillet	6 000 Bq/m ²	6 000 Bq/m ²

Partant de ces différents résultats — et quelles que soient les combinaisons auxquelles on procède —, il est impossible d'aboutir à la moyenne de **5 400 Bq/m²** donnée par le SCPRI. Si l'on fait la moyenne de toutes les valeurs disponibles, on obtient **8 200 Bq/m²**. Si l'on établit, au préalable, la moyenne de chaque site, ce qui est plus logique, le résultat est de **7 600 Bq/m²**. Pour obtenir une valeur moyenne inférieure à 6 000 Bq/m², il faut nécessairement écarter les maxima de Cruas (35 000 Bq/m²) et de l'Ardèche (11 000 Bq/m²).

1986-1992

La CRIIRAD publie ses propres évaluations

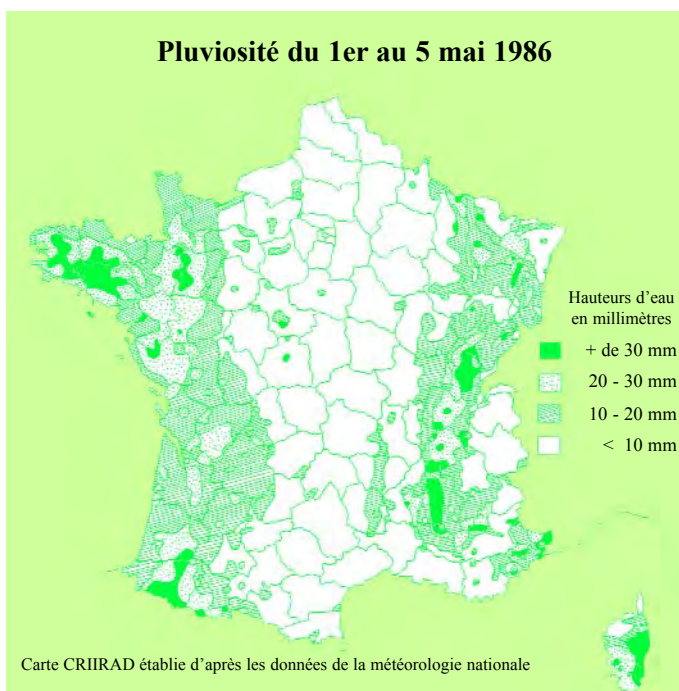
UNE PREMIÈRE APPROCHE THÉORIQUE

Dès 1986, la CRIIRAD établissait une **première carte de France de la contamination**, une carte théorique mais étayée sur des éléments très concrets : les trajectoires des panaches radioactifs et la pluviosité des 5 premiers jours de mai 1986²⁵. La contamination du sol devait en effet dépendre du temps de présence des panaches radioactifs sur telle ou telle région, de leur composition isotopique²⁶ et de l'intensité de la pluie qui augmente considérablement les dépôts en lessivant les masses d'air contaminé.

Schématiquement, le territoire français pouvait être divisé en **trois secteurs** :

- **à l'ouest**, du pays Basque à la Normandie, la pluie avait été importante mais le nuage de Tchernobyl n'est arrivé que le 1^{er} mai et a rapidement reflué ;
- **au centre**, du Roussillon au Nord Pas-de-Calais, les masses d'air contaminé sont arrivées quelques heures plus tôt et reparties quelques heures plus tard, mais il n'a presque pas plu ;
- **à l'est**, par contre, les facteurs pénalisants se sont conjugués : arrivée des masses d'air contaminé dès le 29 avril, reflux par le sud-est vers le 5 mai et nombreux épisodes pluvieux.

Les résultats de cette approche théorique ont été vérifiés par des mesures sur des échantillons de foin et de bio-indicateurs comme le thym prélevés en diverses régions ayant reçu des hauteurs de pluie différentes.



Une idée force se dégagait de ces travaux : **on ne devait pas aborder la contamination à partir de moyennes nationales ou régionales, comme le faisaient les autorités, mais en tenant compte de l'hétérogénéité de la contamination** : au niveau national, la situation des Landes ou de la Bretagne n'avait rien à voir avec celle de la Corse, des Alpes, du Jura ou des Vosges ; au niveau régional, les dépôts sur les Alpes Maritimes étaient très supérieurs à ceux des Bouches-du-Rhône ; à l'échelle d'un département, les dépôts pouvaient varier considérablement à seulement quelques kilomètres de distance.

ÉVALUER LES DÉPÔTS À PARTIR DE CAROTTAGES DE SOL

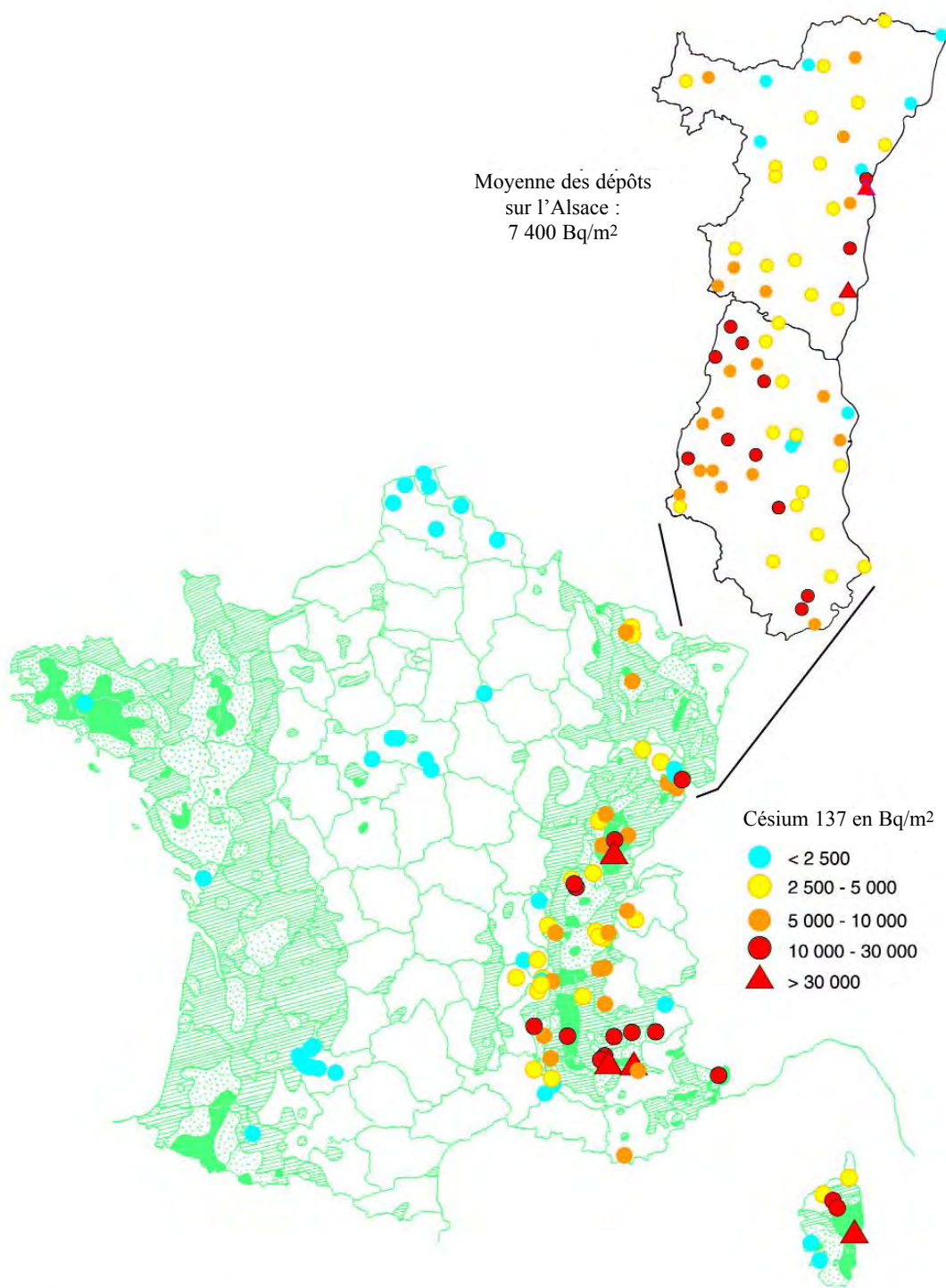
En mettant en lumière l'hétérogénéité des dépôts de Tchernobyl, cette première évaluation de la CRIIRAD invalidait l'établissement de moyennes régionales à partir d'une ou deux mesures. Elle contredisait

²⁵ La CRIIRAD a acheté ces données à la Météorologie nationale pour l'ensemble des stations françaises. Pour la moitié est de la France et la Corse, il faudrait intégrer la pluviosité du 29 et 30 avril 1986.

²⁶ Variable selon le moment du rejet et évoluant dans le temps avec la désintégration plus rapide des radionucléides de courte période.

Contamination des sols par le césium 137

Évaluation des retombées de l'accident de Tchernobyl



également le classement établi par le SCPRI. D'après la carte de juin-juillet 86, le Languedoc-Roussillon était, en effet, aussi touché que la Franche-Comté, un peu plus que la région PACA et beaucoup plus que la Corse. Pour donner davantage de poids à ses premières conclusions, la CRIIRAD devait procéder à des mesures *in situ* de la radioactivité déposée au sol.

Évaluer les dépôts plus de deux ans après la contamination pose certains problèmes. Le sol constitue bien sûr un compartiment récepteur qui conserve la mémoire des retombées longtemps après que toute trace a disparu de l'air et des végétaux. Il s'agit cependant d'un réservoir dynamique et non d'un réceptacle étanche. Pour résoudre, du moins en partie, ces difficultés, un protocole de prélèvement par carottage de sol a été élaboré ²⁷ et les sites ont été sélectionnés afin de garantir au mieux la représentativité des résultats ²⁸. Il s'agissait d'éviter les terrains soumis aux phénomènes d'accumulation (ce qui aurait surévalué les dépôts) et, inversement, de limiter les risques de déperdition, ce qui impliquait notamment l'élimination des sites cultivés ou pâturés. Les sites forestiers ont en outre été systématiquement écartés, l'interception par la canopée induisant des phénomènes complexes ²⁹.

De 1987 à 1992, 169 communes ont été évaluées, grâce aux fonds propres de l'association, à beaucoup de bénévolat, et aux commandes de certaines collectivités locales. Le réseau est particulièrement dense sur la région **Alsace** grâce à l'étude confiée par le Conseil régional ³⁰, dont on peut saluer l'initiative car très peu d'élus se sont mobilisés pour obtenir ce type d'informations.

Le césium 134 étant encore mesurable ³¹, il était possible de déterminer la part du césium 137 imputable à Tchernobyl ³² et celle qui provenait des retombées des essais nucléaires militaires. Les chiffres présentés ci-après et sur la carte correspondent aux dépôts de 1986 et donc au seul césium 137 de Tchernobyl.

L'examen de la carte CRIIRAD reproduite ci-contre montre bien la répartition spatiale des dépôts de Tchernobyl. **Les contrôles effectués à l'ouest d'une ligne Lille / Perpignan sont systématiquement inférieurs à 2 500 Bq/m²** (sites représentés par des pastilles de couleur bleue). À Vic-en-Bigorre (Hautes-Pyrénées), dans le Tarn-et-Garonne ³³, à La Rochelle (Charente Maritime), au Faouet (Morbihan), les dépôts de césium 137 consécutifs à l'accident de Tchernobyl sont inférieurs à 1 000 Bq/m². Dans le Loir-et-Cher, le Loiret ³⁴, et le Nord ³⁵, les retombées ne dépassent pas 1 500 Bq/m².

La zone la plus affectée par les retombées de Tchernobyl recouvre un large tiers est de la France, de la Corse à l'Alsace-Lorraine. Dans cette bande orientale, près de la moitié des sites contrôlés présente des dépôts de césium 137 supérieurs à **5 000 Bq/m²** et plus d'un cinquième (22 %) des dépôts sont supérieurs à **10 000 Bq/m²**. Cette valeur marque la limite au-delà de laquelle la communauté européenne classe les sites dans la catégorie des zones les plus contaminées d'Europe de l'ouest. En Corse, dans les Alpes de Haute Provence, les Alpes Maritimes, le Jura et le Bas-Rhin, des communes ont reçu des dépôts supérieurs à **30 000 Bq/m²**.

²⁷ Le prélèvement sur 40 cm de profondeur permet de prendre en compte la migration verticale des radionucléides. Le protocole est détaillé par Bruno Chareyron (page 47 et suivantes).

²⁸ En l'absence de spectromètre portable, aucune vérification de la répartition de la contamination n'était possible. Les travaux d'André Paris ont montré que l'absence de repérage des zones humides où le césium est facilement lessivé a pu entraîner une sous-évaluation des dépôts.

²⁹ La canopée est susceptible d'augmenter le captage, de façon variable selon les espèces et la saison, et de ralentir le transfert de la radioactivité (là encore de façon différenciée, selon que le feuillage est caduque ou persistant).

³⁰ Évaluation de la contamination des sols d'Alsace, CRIIRAD, 1991. Le Conseil régional était alors présidé par M. Alain Richert. En dépit des obstacles mis par les pouvoirs publics, l'Alsace fut aussi la première région à se doter d'un réseau de balises de surveillance de la radioactivité de l'air. La Drôme, qui s'est équipée peu après, devra elle aussi affronter l'hostilité des services de l'État.

³¹ La période du césium 134 étant de 2 ans, la moitié de l'activité initiale était encore présente en mai 1988, le quart en mai 1990, le huitième en mai 1992.

³² Sur la base d'un rapport isotopique césium 137 / césium 134 égal à 2 en mai 1986 et qui évolue dans le temps en fonction des périodes radioactives du césium 134 (2 ans) et du césium 137 (30 ans) et à la condition qu'il n'y ait pas d'autre source importante de césium (les résultats de carottages proches de Marcoule n'ont pas été pris en compte du fait de l'influence probable des rejets de l'usine de retraitement).

³³ Mesures effectuées à la demande du Conseil Général de Tarn-et-Garonne pour la réalisation du point zéro avant le démarrage de la centrale nucléaire de Golfech.

³⁴ Étude effectuée en 1989, à la demande de la municipalité d'Orléans, en collaboration avec l'ACIRAD.

³⁵ Étude réalisée en 1993 à la demande du Conseil Régional du Nord Pas-de-Calais.

Les cartes établies par la CRIIRAD prouvent l'absurdité des évaluations publiées par le SCPRI en mai 1986 (8,5 Bq/m² en moyenne nationale) et la fragilité scientifique de ses résultats de juin-juillet.

En Alsace, le dépôt moyen de césium 137 est évalué à **7 400 Bq/m²** (valeur établie sur la base de 69 carottages de sol). Les retombées sont très hétérogènes : **de 1 000 à plus de 30 000 Bq/m²**. À quelques kilomètres de distance, les dépôts peuvent varier d'un facteur 10. Le SCPRI donne pour sa part, une *moyenne de 3 200 Bq/m²*, basée sur une seule mesure, réalisée à Fessenheim. Ce site n'a pas été sélectionné en fonction de sa représentativité vis-à-vis des retombées radioactives sur l'Alsace mais du seul fait de la présence de la centrale nucléaire d'EDF. Si la centrale avait été implantée à quelques kilomètres à l'est, à Meyenheim, le SCPRI aurait annoncé une *moyenne* de 1 000 Bq/m² et de 30 000 Bq/m² si elle avait été située près de Strasbourg.

En dehors de l'Alsace, le nombre de sites contrôlés par la CRIIRAD est insuffisant pour servir de base à l'établissement de moyennes étant donné l'hétérogénéité des dépôts. Quelques valeurs sont cependant données ci-dessous, à titre indicatif, pour permettre des comparaisons avec les *moyennes régionales* du SCPRI ³⁶.

Dans le **Jura**, les activités varient de 2 800 Bq/m² à 34 600 Bq/m² et la moyenne des 7 sites évalués s'élève à près de **11 000 Bq/m²**. Le SCPRI estimait les dépôts de césium 137 à environ 16 Bq/m² en mai 86, puis à 3 000 Bq/m² en juin-juillet (moyenne pour la Franche-Comté). **En Corse**, où 7 sites ont été évalués, les dépôts varient de 1 000 à 32 000 Bq/m², avec une moyenne proche de **10 000 Bq/m²**. Le SCPRI annonçait environ 10 Bq/m² en mai 86, puis 1 700 Bq/m² en juin-juillet. **En région PACA**, le SCPRI annonçait moins de 20 Bq/m² en mai 86, puis 2 000 Bq/m² en juin-juillet. Le laboratoire de la CRIIRAD a contrôlé 9 sites, situés dans 3 départements : les Alpes de Haute Provence, les Hautes Alpes et les Alpes maritimes. Les dépôts varient de 800 à près de 32 000 Bq/m², ce qui donnerait une *moyenne* de **15 000 Bq/m²**.

Fallait-il agir ou recommander de ne rien faire ?

Malgré certaines limites ³⁷, les 169 résultats obtenus par le laboratoire de la CRIIRAD ont permis de **déterminer les ordres de grandeur des dépôts radioactifs en fonction de la situation géographique des sites et du niveau de pluviosité et de prendre, par conséquent, la mesure des risques.**

TOUT UN COCKTAIL DE PRODUITS RADIOACTIFS

En mai 1986, le césium 137 n'était ni le seul radionucléide, ni le plus abondant : environ **une vingtaine de produits radioactifs** ont été mesurés dans les panaches radioactifs qui ont survolé la France. La composition isotopique de ce cocktail contaminant a évolué en fonction du moment du rejet, de l'éloignement (dépôt plus rapide des éléments les plus lourds) et du temps écoulé (disparition plus rapide des produits de courte période radioactive : cf. encadré page suivante).

³⁶ Les chiffres sont issus des documents SCPRI référencés plus haut. Pour la validité de la comparaison, seule la part du césium 137 de Tchernobyl est prise en compte (soit activité du césium 134 x 2).

³⁷ Les résultats manquent notamment de représentativité spatiale (aucune mesure dans le Massif central, le Languedoc-Roussillon, etc) et sous-estiment les dépôts. À cela, 2 raisons : tout d'abord, lorsque le césium 134 n'était pas mesurable, son activité a été prise égale à 0 et tout le césium 137 a été attribué aux retombées des essais nucléaires. Ensuite, les carottages ont été effectués de 2 à 6 ans après la phase de dépôts. Or, les suivis effectués en diverses régions de France montrent qu'une partie du césium est progressivement éliminée de la couche superficielle du sol (phénomène qui se rajoute à la disparition par désintégration). Lorsqu'on évalue le même site après un délai de 5 ans, il est habituel de constater une déperdition d'environ 30 % (avec des écarts très importants d'un site à l'autre).

Les particules radioactives présentes dans les masses d'air contaminé se sont progressivement déposées au sol. Deux mécanismes ont joué : les dépôts " secs " et les dépôts dits " humides ", c'est-à-dire associés à la pluie. En se basant sur les résultats publiés pour l'Italie du nord, Monaco ⁴⁰ et le bassin du Var ⁴¹, on peut considérer qu'il y avait, dans les dépôts au sol 2 fois plus de césium 137 que de **césium 134**, 2 à 3 fois plus de césium 137 que de **ruthénium 106**, et, inversement, de 5 à 10 fois plus d'**iode 131** que de césium 137 et près de 2 fois plus de **ruthénium 103**. Ces évaluations sont cohérentes avec celles publiées par l'UNSCEAR⁴².

Les retombées au sol conditionnent la contamination de toute la chaîne alimentaire : contamination directe de l'eau de pluie, des pâturages et des cultures ; contamination indirecte des produits laitiers et carnés. Une **laitue** achetée le **2 mai** sur le marché de Mandelieu, près de Cannes, et analysée par le CEA - IPSN présentait une radioactivité de plus de 7 000 Bq/kg avec 12 radionucléides identifiés : de l'iode 131, du tellure 132, du ruthénium 103, du ruthénium 106, du césium 137, du césium 134, du zirconium 95, du baryum 140, etc. Ces résultats inquiétants nécessitaient la mise en place immédiate de contrôles systématiques et des mesures de protection des consommateurs. Ce ne fut pas le cas. La population n'a même pas été informée et aucun échantillon de légume à feuille ne fut analysé avant... le **22 mai** !

Période radioactives

On peut classer en fonction de leur période radioactive ³⁸, les radionucléides présents dans l'air que respiraient les Français dans les premiers jours de mai ³⁹ : plus la période est courte, plus le rythme de disparition est élevé :

- Périodes radioactives de l'ordre de **quelques heures ou quelques jours** : iode 132 (2,3 heures), lanthane 140 (1,7 jours), molybdène 99m (2,7 jours), tellure 132 (3,3 jours), niobium 95 (3,6 jours), iode 131 (8 jours), césium 136 (13,2 jours), baryum 140 (12,7 jours) ;
- Périodes radioactives de l'ordre de **quelques semaines ou quelques mois** : tellure 129m (33,6 jours), cérium 141 (32,5 jours), ruthénium 103 (39,3 jours), zirconium 95 (64 jours) ;
- Périodes radioactives de l'ordre de **quelques années** : argent 110m (250 jours), cérium 144 (285 jours), ruthénium 106 (1,02 ans), césium 134 (2,1 ans), antimoine 125 (2,7 ans) ;
- Périodes radioactives de l'ordre de **30 ans ou plus** : strontium 90 (28,5 ans), césium 137 (30 ans), plutonium 240 (6 563 ans), plutonium 239 (24 100 ans).

CONTAMINATION NÉGLIGEABLE OU PRÉOCCUPANTE ?

La réponse du SCPRI et des pouvoirs publics français fut catégorique ⁴³ : " *il faudrait des élévations **dix mille à cent mille fois** plus importantes pour que commencent à se poser des problèmes significatifs d'hygiène publique* ". Une position appuyée sans réserve par le ministre de la Santé qui rappela et confirma que tous les produits alimentaires sans exception pouvaient être consommés " *sans précautions particulières* " et ce " *quel que soit l'âge du consommateur* ".

Pour juger du bien-fondé ou non de ces propos, il est intéressant d'utiliser les outils de gestion des situations de crise élaborés par le **National Radiological Protection Board** (NRPB) conformément aux recommandations de la Commission Internationale de Protection Radiologique. Le NRPB est un service officiel, en quelque sorte l'équivalent du SCPRI, et le Royaume-Uni un État nucléarisé et soucieux de défendre ce secteur d'activité. Ainsi, la démonstration ne pourra être évacuée comme venant d'associations écologistes ou de scientifiques anti-nucléaires.

³⁸ Selon " *Table of radioactive isotopes* ", E. Browne and R. Firestone, Wiley-Interscience, 1986.

³⁹ Cf. notamment travaux de Messieurs J.M. Martin et A. J. Thomas, à Montrouge, et de M. Schwartz, à Strasbourg.

⁴⁰ En l'absence de mesures fiables pour la France, on peut se reporter aux mesures de Capra *et al.* et de Ballestra *et al.* publiées dans " *Impact radioécologique de l'accident de Tchernobyl sur les écosystèmes aquatiques continentaux* ", L. Foulquier et Y. Baudin-Jaulent, septembre 1989, rapport XI – 3522 / 90 FR.

⁴¹ " *Premiers résultats des observations consécutives aux dépôts radioactifs de mai 1986 dans le bassin du Var* ", Henri Maubert, IPSN-CEA Cadarache, rapport non publié.

⁴² " *Sources, effects and risks of ionizing radiation* ", United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, 1988 Report to the General Assembly.

⁴³ Communiqués SCPRI du 2 mai 1986 et du ministère de la Santé du 16 mai 1986.

Impact de Tchernobyl

Dépôts d'iode 131 et restrictions sur la commercialisation du lait

Cette carte a été établie à partir des mesures de sol par carottage effectuées par la CRIIRAD. Les dépôts d'iode 131 ont été déduits des dépôts de césium 137, sur la base d'un rapport isotopique égal à 5 (5 fois plus d'iode 131 que de césium 137). La littérature donne une fourchette comprise entre 5 et 10. Pour donner plus de poids à la démonstration, c'est la valeur minorante qui a été retenue.

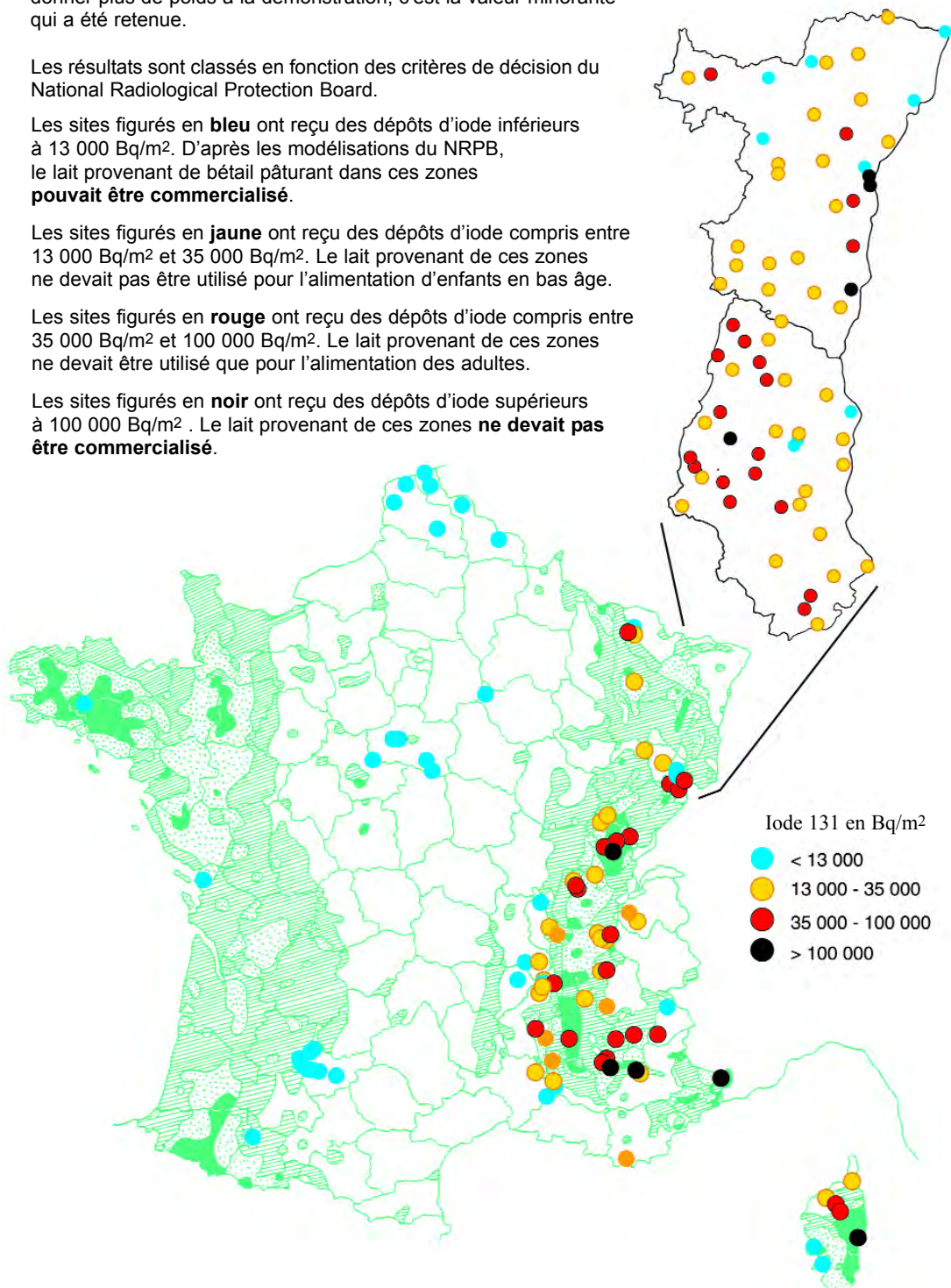
Les résultats sont classés en fonction des critères de décision du National Radiological Protection Board.

Les sites figurés en **bleu** ont reçu des dépôts d'iode inférieurs à 13 000 Bq/m². D'après les modélisations du NRPB, le lait provenant de bétail pâturant dans ces zones **pouvait être commercialisé**.

Les sites figurés en **jaune** ont reçu des dépôts d'iode compris entre 13 000 Bq/m² et 35 000 Bq/m². Le lait provenant de ces zones ne devait pas être utilisé pour l'alimentation d'enfants en bas âge.

Les sites figurés en **rouge** ont reçu des dépôts d'iode compris entre 35 000 Bq/m² et 100 000 Bq/m². Le lait provenant de ces zones ne devait être utilisé que pour l'alimentation des adultes.

Les sites figurés en **noir** ont reçu des dépôts d'iode supérieurs à 100 000 Bq/m². Le lait provenant de ces zones **ne devait pas être commercialisé**.



Peu avant la catastrophe de Tchernobyl, l'Europe recommandait d'interdire, en cas d'accident, les aliments dont la consommation risquait d'entraîner le dépassement des limites fondamentales de dose fixées par les directives de 1980 et 1984 ⁴⁴ : une limite de 5 millisieverts par an (mSv/an) au corps entier et de 50 mSv/an à l'organe (poumon, surfaces osseuses, foie, thyroïde, etc) ⁴⁵.

En situation d'urgence radiologique, il faut agir vite et de façon préventive : on ne doit pas attendre que les denrées alimentaires soient sur les étals pour calculer la dose que va provoquer leur consommation et vérifier si les limites risquent d'être dépassées. Les États doivent disposer d'outils prédictifs permettant d'anticiper la contamination des aliments et les doses que recevraient les consommateurs. Le NRPB a ainsi établi des limites ⁴⁶ concernant les **dépôts de radioactivité sur les pâturages** qui permettent d'anticiper le niveau de contamination du **lait** : dès lors que ces limites sont dépassées, il faut prévoir de rentrer le bétail et, si cela est impossible, d'interdire la commercialisation du lait car sa consommation entraînerait le dépassement de la limite de dose à la thyroïde.

Pour tenir compte des spécificités anatomiques et physiologiques des enfants, le NRPB a fixé des limites différenciées en fonction des tranches d'âge. Pour les enfants de un an, le lait devait être interdit dès lors que les dépôts d'iode 131 sur les pâturages atteignaient **13 000 Bq/m²** ; pour les enfants de 10 ans, la limite était fixée à **35 000 Bq/m²** ; pour les adultes, à **98 000 Bq/m²**.

Lorsqu'on confronte les quantités d'iode 131 retombées sur le territoire français aux limites établies par le NRPB (cf. carte CRIIRAD ci-contre), on constate qu'une grande partie de la France se trouvait dans la gamme de contamination nécessitant l'intervention des pouvoirs publics. Pour assurer la protection des **très jeunes enfants, des fœtus et des nourrissons**, les autorités devaient interdire la consommation de lait frais (ou de fromage frais fabriqué à partir de ce lait) dans toutes les zones où les dépôts d'iode 131 étaient supérieurs à **13 000 Bq/m²** (c'est-à-dire toutes les zones qui ne sont pas en bleu). Si les autorités ne se préoccupaient que de la protection des **adultes**, l'interdiction ne devait concerner que les zones où les dépôts d'iode 131 étaient supérieurs à **100 000 Bq/m²**, zones signalées en noir. Il apparaît clairement que la protection des enfants coûte cher : si l'on considère qu'ils ont droit à une protection égale à celle des adultes (ce qui paraît un minimum), le nombre d'éleveurs à indemniser s'élève considérablement.

Ces conclusions ne sont pas celles de la CRIIRAD mais d'un service officiel qui se contente d'appliquer les dispositifs de radioprotection en vigueur à l'époque. Pour le SCPRI, et les pouvoirs publics français, des interventions ne se justifiaient qu'à des niveaux 10 000 à 100 000 fois plus élevés !

Incompétence ou intentionnalité ? Faute individuelle ou responsabilité d'État ?

Service en charge de la surveillance radiologique du territoire, **le SCPRI s'est trompé, en pleine situation de crise, de plusieurs ordres de grandeur** tant sur l'évaluation des dépôts radioactifs que sur l'évaluation des risques. Si l'élévation de la contamination avait été " *10 000 à 100 000 fois* " plus importante, la France n'aurait pas connu, comme le prétendait Monsieur Pellerin, un début de *problème significatif d'hygiène publique* mais **une véritable hécatombe !**

Les avis qu'il a rendus sur la situation radiologique de l'ex-Union soviétique sont de la même veine. Le 29 avril, 3 jours seulement après l'explosion du réacteur, il affirmait qu'en Union soviétique il n'y a " *pas de réel danger, et certainement pas plus loin que 10 à 20 km au nord de la centrale.* " Il a pourtant fallu évacuer des zones situées à **plusieurs centaines de kilomètres** de la centrale !

⁴⁴ Directives du Conseil du 15 juillet 1980, n°80/836/Euratom et du 3 septembre 1984, n° 84/467 / Euratom.

⁴⁵ Pour le cristallin, la limite était fixée à 30 mSv/an par la directive de 1980, valeur ramenée à 15 mSv/an en 1984.

⁴⁶ **NRPB-DL10** : Derived emergency reference levels for the introduction of countermeasures in the early to intermediate phases of emergencies involving the release of radioactive materials to atmosphere – National Radiological Protection Board – Chilton, Didcot, Oxon OX11 0RQ, **mars 1986**.

Voies d'exposition et contre-mesures

En cas d'accident nucléaire, la protection des populations va dépendre de l'aptitude des autorités à analyser rapidement la situation et à déterminer si telle ou telle contre-mesure doit être mise en place afin de limiter leur exposition.

LES VOIES D'EXPOSITION

L'exposition externe (sans contact avec les produits radioactifs) est d'abord générée par les masses d'air contaminé, puis par les dépôts de particules radioactives.

La contamination externe provient des dépôts sur la peau, les cheveux, les vêtements. Il est important de se laver et de se changer le plus rapidement possible. Toute contamination externe peut devenir interne (doigts portés à la bouche, micro-lésions de la peau, etc.)

La contamination interne peut provenir de l'**inhalation** de produits radioactifs en suspension dans l'air (pendant le passage du nuage, et ultérieurement, du fait de la remise en suspension des dépôts au sol) ou de l'**ingestion d'aliments contaminés**. Toute la chaîne alimentaire peut être concernée mais deux catégories de produits frais sont particulièrement à risque :

- **les légumes à feuilles**, d'autant plus contaminés que leur surface de captage est importante (épinards, salades, blettes, poireaux, etc). S'agissant de dépôts directs, on retrouve tout le cocktail des produits radioactifs présents dans les retombées. Le lavage enlève une partie de la contamination, mais une partie seulement car la plante métabolise rapidement les produits contaminants (phénomène de translocation).
- **Le lait, les produits laitiers et, secondairement, la viande**. La contamination se produit lorsqu'on laisse le bétail pâturer des herbages radioactifs (ou lorsqu'on le nourrit de grains contaminés). À la différence des dépôts directs, la contamination dépend du métabolisme des animaux : l'iode se retrouve préférentiellement dans le lait, le césium dans la viande.

LES CONTRE-MESURES

- **L'évacuation** permet d'éloigner temporairement les groupes les plus exposés ;
- **Le relogement** (c'est-à-dire l'évacuation définitive) lorsque le niveau d'exposition conduit à des niveaux de risque supérieurs au niveau considéré comme acceptable ;
- **Le contrôle** des entrées et des sorties des zones contaminées ;
- **Le confinement** (la mise à l'abri) permet de diminuer l'irradiation externe (les murs servent d'écran) et l'inhalation de produits radioactifs (une protection qui reste forcément provisoire car l'air doit se renouveler) ;
- **Les protections respiratoires** (des cartouches spéciales permettent de filtrer les produits volatils et les gaz que n'arrêtent pas de simples masques en papier) ;
- **La décontamination** des personnes, des équipements et des structures (décontamination des bacs à sable où jouent de jeunes enfants par exemple) ;
- **L'administration d'iode stable** permet de saturer la glande thyroïde (à condition d'agir très rapidement, si possible préventivement) ;
- **La mise en stabulation** du bétail et la fourniture de fourrages non contaminés ;
- **L'élimination des aliments contaminés** au-delà des limites (plus la limite est basse, meilleure est la protection, mais la quantité de produits à éliminer et de producteurs à indemniser augmente en conséquence).

LES SEUILS D'INTERVENTION

La contamination n'entraîne pas automatiquement la mise en œuvre des mesures de protection. La distribution de comprimés d'iode stable afin de saturer la thyroïde et de limiter la fixation d'iode radioactif, ne sera mise en œuvre que si les autorités prévoient que les populations recevront des doses supérieures au seuil d'intervention, soit 100 milligrays. Pour 100 000 personnes exposées, cette dose représente, selon les coefficients et hypothèses réglementaires, environ 80 cancers de la thyroïde radio-induits. Les autorités n'interviennent que si elles considèrent que le risque est trop élevé. La réglementation exige que les responsables justifient leur décision d'intervenir et non leur inaction.

Le **2 mai**, le SCPRI publiait un nouveau communiqué **conseillant aux Français de maintenir leurs voyages touristiques en URSS** ! À cette date, les autorités soviétiques venaient d'interrompre le déversement de sable et de bore sur le réacteur de crainte que le toit ne s'effondre et les rejets de radioactivité augmentaient à nouveau ! La situation ne sera maîtrisée que le **6 mai**.

L'importance des erreurs oblige à s'interroger sur leur intentionnalité et sur l'étendue des responsabilités. Est-il possible de se tromper à ce point dans l'évaluation de la contamination et des risques encourus ? Cela supposerait une totale incompétence, tant en métrologie qu'en radioprotection. Comme l'écrivait, à l'époque, son directeur, le SCPRI était désigné, depuis 1969, par l'Organisation Mondiale de la Santé comme " *Centre International de Référence pour la recherche sur la radioactivité de l'environnement* ". Si l'on considère que le jugement de l'OMS est fiable, on doit exclure l'incompétence. Ne resterait alors que l'acte délibéré, et par conséquent le mensonge (quelles qu'en soient les motivations : volonté de rassurer à tout prix, souci de protéger l'image de marque de l'industrie nucléaire, refus de croire à la nocivité des faibles doses de rayonnements...).

Le directeur du SCPRI a-t-il diffusé des chiffres erronés de sa propre initiative, à l'insu des autorités, ou en accord avec elles, voire à leur demande expresse ? Déterminer la responsabilité exacte des pouvoirs publics est chose malaisée mais on ne peut attribuer la responsabilité de l'ensemble des dysfonctionnements à un seul service, voire à un seul homme. Qui croira qu'un haut fonctionnaire puisse agir à sa guise, sans avoir à rendre compte à sa hiérarchie, sans que son travail ne soit soumis à aucun contrôle ? Si tel était le cas, la faute du ministère de la Santé, ministre de tutelle du SCPRI, n'en serait pas moins lourde : la protection radiologique des populations n'est pas un dossier que l'on sous-traite et dont on se lave les mains. **Dans le dossier Tchernobyl, la santé n'a pas été une priorité et ce choix s'est traduit au plus haut niveau de l'État.** Fait significatif, c'est le Ministère de l'Industrie qui a joué un rôle prépondérant dans la gestion de la crise et l'information des Français. La Santé, l'Environnement, l'Agriculture sont passés au second plan. Le fait que la France soit un État nucléarisé, soucieux de protéger le développement de son industrie nationale a manifestement prévalu sur les enjeux sanitaires.

La responsabilité du gouvernement n'exclut pas celle de la **communauté scientifique**, de tous ceux qui avaient des moyens de mesure et qui sont restés, à de rares exceptions, singulièrement silencieux. Ils auraient pu corriger les évaluations du SCPRI. Ils n'en ont rien fait... bien au contraire. C'est en particulier le cas du Commissariat à l'Energie Atomique (CEA), souvent cité comme partie prenante du dispositif officiel d'information et qui s'est exprimé par l'intermédiaire de son Institut de Protection et de Sécurité Nucléaire, l'IPSN.

Un exemple permet de mesurer le fossé qui séparait ce qui était publié de ce qui était su. Dans un rapport daté de septembre 1989 ⁴⁷, le CEA-IPSN affirmait qu'en ce qui concerne le césium 137, le niveau de contamination maximum du sud-est de la France était de **1 000 Bq/m²**, un chiffre qu'il comparait aux maxima de 59 000 et 80 000 Bq/m² pour le nord de l'Italie et de 20 000 Bq/m² pour le nord du Royaume-Uni. Assurément, le sud-est de la France avait été épargné par Tchernobyl. Or, à peu près à la même époque, la CRIIRAD obtenait, par surprise ⁴⁸, de ce même organisme, un rapport bien différent, portant sur le bassin du Var. S'appuyant sur une trentaine de points de contrôle, l'auteur, Monsieur Henri Maubert, faisait état de dépôts de césium 137 variant de **1 800 à 38 000 Bq/m²** (et jusqu'à **63 000 Bq/m²** dans le site forestier du Boréon). Toutes ces valeurs sont, sans exception aucune, très nettement supérieures au maximum de 1 000 Bq/m² ! Le premier rapport, mensonger mais politiquement correct, a bénéficié du soutien de l'Europe et a été largement diffusé ; le second rapport, malgré ses qualités (ou à cause d'elles), n'a jamais été publié et a même été gommé des références bibliographiques de l'IPSN.

Si le mensonge de Tchernobyl a pu prospérer, c'est qu'il n'était pas le fait d'un électron libre, fût-il directeur du SCPRI, mais qu'il était sécrété par tout un système. Monsieur Pierre Pellerin est parti à la retraite avec tous les honneurs dus à un bon serviteur de l'État et ses successeurs s'efforcent, nous allons le voir, de préserver l'héritage.

⁴⁷ « *Impact radioécologique de l'accident de Tchernobyl sur les écosystèmes aquatiques continentaux* », L. Foulquier, Y. Baudin-Jaulent, septembre 1989, laboratoire de radioécologie des eaux continentales du CEN – Cadarache. Rapport XI – 3522 / 90 FR publié par la Commission des communautés européenne (radioprotection – 50).

⁴⁸ Au cours d'une réunion publique, la présidente de la CRIIRAD, Michèle Rivasi, a mis au défi le représentant du CEA Cadarache de lui remettre le rapport qu'il tenait entre les mains. Devant la réaction du public, le rapport a été remis mais la première page a d'abord été arrachée. Nous ne pouvons donc indiquer que le titre et l'auteur : " *Premiers résultats des observations consécutives aux dépôts radioactifs de mai 1986 dans le bassin du Var* ", Henri Maubert.



La DSIN ou le poids de l'Industrie

Le Service Central de Sûreté des Installations Nucléaires (**SCSIN**) a été créé par décret en date du

13 mars **1973** (n°73-278) au sein du ministère du Développement industriel et scientifique. En 1977, il est rattaché au ministère de l'Industrie, du Commerce et de l'Artisanat.

Par décret n°91-431 en date du 14 mai **1991**, le SCSIN devient la **Direction de la Sûreté des Installations Nucléaires** (DSIN). En 1994, la DSIN adopte le sigle ASN et se désigne comme l'Autorité de Sûreté Nucléaire — une promotion dont on ne trouve pas trace dans les textes réglementaires. En 1997, la DSIN est placée sous l'autorité conjointe des ministères de l'Industrie et de l'Environnement (décrets n°97-710 et 97-715 du 11 juin 1997). Cette égalité de droit ne s'est pas traduite dans les faits. Chaque fois que la CRIIRAD a informé le ministère de l'Environnement d'un dysfonctionnement de la DSIN, il a fait état de son impuissance face aux positions du ministère de l'Industrie (cf. dossiers sur les enquêtes publiques de l'usine Cogéma de La Hague et de la centrale EDF de Saint-Alban).

L'IPSN ou le poids du CEA



L'Institut de Protection et de Sûreté Nucléaire (IPSN) a été créé en **1976**, au sein du Commissariat à l'Energie Atomique (CEA), par un arrêté conjoint du ministre de l'**Industrie** et du ministre de l'Economie et des Finances. Cet arrêté a été modifié le 28 mai **1990** et l'IPSN est désormais placé sous la double tutelle des ministères de l'Industrie et de l'**Environnement**. Il a pour mission de réaliser des études tant pour les départements ministériels que pour les organismes intéressés, en particuliers les exploitants du nucléaire. L'IPSN fournit en outre un appui technique à la DSIN. Dans les dossiers analysés par la CRIIRAD (enquêtes publiques sur les autorisations de rejets radioactifs), l'IPSN intervient à deux niveaux : payé par EDF, il rédige le rapport d'étude d'impact sur l'environnement ; payé ensuite par la DSIN, il procède à l'expertise de son propre travail. Son financement provient à la fois des subventions d'État et de la rémunération de ses études. Le président de l'IPSN est nommé pour 4 ans par arrêté conjoint des ministres de l'Industrie et de l'Environnement, mais sur proposition des dirigeants du CEA, et le comité scientifique de l'IPSN est présidé par le Haut-Commissaire à l'énergie atomique. Le CEA assure d'ailleurs la gestion administrative et financière de l'Institut.



Le CEA est un organisme public de recherche fondamentale et technologique dont les missions sont notamment d'assurer le développement de l'énergie nucléaire et de concevoir, fabriquer et entretenir l'armement nucléaire français. Il dispose de 10 centres de recherche, militaires et civils, répartis dans 7 régions.

L'OPRI ou le poids du passé



L'Office de Protection contre les Rayonnements Ionisants a été créé par décret du 19 juillet **1994** (n°94-604), en remplacement du Service Central de Protection contre les Rayonnements Ionisants (SCPRI créé en 1956). Etablissement public de l'État à caractère administratif, l'OPRI est placé sous la tutelle conjointe des ministres de la **Santé** et du **Travail**. Il est chargé des missions d'expertise et de contrôle propres à assurer la protection de la population contre les dangers des rayonnements ionisants. Il enregistre et exploite les données relatives à l'exposition professionnelle aux rayonnements ionisants. Il organise la veille permanente en matière de radioprotection et, en cas d'accident, propose aux autorités compétentes les mesures à prendre sur le plan médical et sanitaire. Chargé de faire respecter les principes et règlements de radioprotection, il reste malheureusement marqué par les conceptions du SCPRI qui refusait de reconnaître les effets des faibles doses de rayonnements (une base pourtant essentielle de la radioprotection).

DEUXIÈME PARTIE

1997 - 2001

Bilans officiels

et mises au point de la CRIIRAD

Le dixième anniversaire de la catastrophe de Tchernobyl et les publications de la CRIIRAD sur la contamination des Alpes ont relancé le débat sur la gestion de Tchernobyl. Les pouvoirs publics ont alors redoublé d'efforts pour mettre fin à ce qu'ils qualifient de " polémique " et classer définitivement le dossier. Il est important d'examiner, dans ce contexte, la position des trois organismes publics qui ont aujourd'hui en charge la sûreté nucléaire et la radioprotection : la Direction de la Sûreté des Installations Nucléaires (DSIN), l'Institut de Protection et de Sûreté Nucléaire (IPSN) et l'Office de Protection contre les Rayonnements Ionisants (OPRI). Si la France est à nouveau confrontée à une situation de crise, ces organismes joueront, en effet, un rôle déterminant : c'est sur leur évaluation de la contamination et des risques que les pouvoirs publics baseront leurs décisions de protéger ou non la population, toute la population ou seulement une partie. Leur analyse du passé ne peut que nous éclairer sur l'attitude qu'ils adopteraient en cas d'accident. S'ils sont encore incapables de reconnaître qu'il y a eu des dysfonctionnements en 1986, il est certain que rien ne sera changé en situation d'urgence, quand les enjeux et les pressions seront sans commune mesure avec ce qu'ils sont aujourd'hui.

L'IPSN réhabilite les évaluations du SCPRI

LE RAPPORT IPSN DE 1997

En novembre 1997, à la demande de la Direction de la Sûreté des Installations Nucléaires, l'IPSN publie un rapport intitulé "*Conséquences radioécologiques et dosimétriques de l'accident de Tchernobyl en France*⁴⁹". Présenté comme "*la première synthèse complète*" sur le sujet, ce document "*rassemble et interprète l'ensemble des données disponibles sur la contamination du sol et des aliments consécutive à la catastrophe de Tchernobyl*". Pour l'évaluation de la contamination des sols, l'IPSN a ainsi utilisé ses propres mesures, celles du SCPRI⁵⁰, du CNEVA⁵¹, de la DGCCRF⁵² et de la CRIIRAD⁵³. Le problème, c'est qu'il a repris les résultats du SCPRI sans aucun travail critique préalable.

Page 12 du rapport, figure une carte de contamination des sols par le césium 137 qui porte la mention "*Mesures OPRI (moyennes régionales)*". Le lecteur pourra la comparer à celle établie par le SCPRI à l'été 1986. Elle a été "relookée" : les chiffres manuscrits sont dactylographiés, les niveaux de césium 134 ont disparu, le sigle OPRI a remplacé celui du SCPRI, le titre est plus élaboré... mais ce sont bien les chiffres du SCPRI, ceux-là même dont nous avons démontré plus haut les incohérences ! L'IPSN a même repris, sans le corriger, le chiffre erroné de la région Provence Alpes Côte d'Azur (PACA) ce qui suggère qu'il a utilisé la carte du SCPRI sans prendre la peine de lire le tableau de résultats correspondant. Une responsa-

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

50 Désigné dans le rapport IPSN sous le terme d'OPRI. Nous avons préféré le terme de SCPRI afin de ne pas créer de confusion car l'OPRI ne sera créé qu'en 1994.

51 Centre national d'études vétérinaires et alimentaires.

52 Direction générale de la consommation, de la concurrence et de la répression des fraudes.

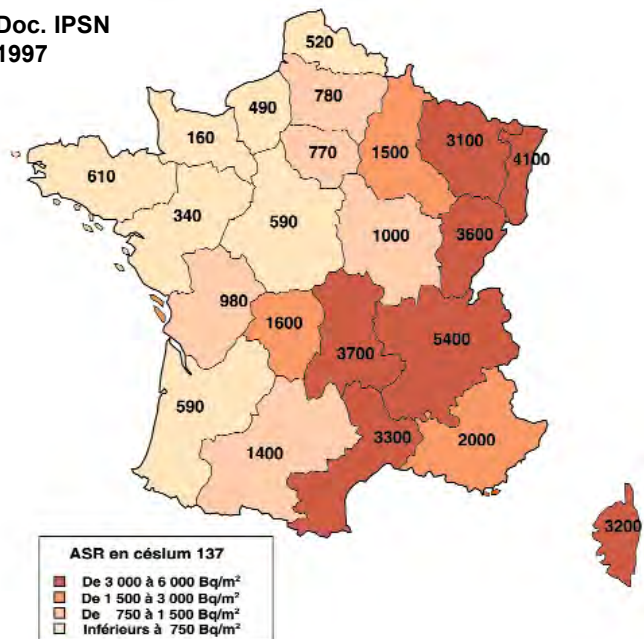
53 Certains chiffres de la CRIIRAD ont effectivement été utilisés par l'IPSN, mais elle n'a été associée ni à leur interprétation, ni à la rédaction du rapport.

ble de l'IPSN – à qui nous disions notre étonnement de retrouver les chiffres erronés du SCPRI dans les évaluations de l'IPSN – nous a expliqué que la mission de l'Institut n'était pas de vérifier la validité des chiffres disponibles, mais seulement de les collationner !

Le directeur du SCPRI ne peut que se réjouir : sa carte des dépôts au sol est non seulement réhabilitée, validée, mais elle échappe désormais à la critique car il n'y a plus de tableaux pour vérifier si les calculs sont corrects, si les maxima n'ont pas été oubliés, et il n'y a plus de césium 134 pour vérifier les rapports isotopiques.

L'IPSN n'émet aucune réserve, pas même sur le fait d'utiliser le terme de "moyenne" pour un seul résultat. Il ne s'interroge pas, non plus, sur l'origine du césium 137. Il indique, bien au contraire, que cette carte est "*en bon accord*" avec ses propres évaluations, établies à l'aide de son logiciel ASTRAL et des mesures du SCPRI sur les denrées alimentaires (et non plus sur les dépôts au sol). Le fait que la carte de l'IPSN soit cohérente avec la carte énoncée du SCPRI oblige à s'interroger sur sa validité.

Doc. IPSN 1997

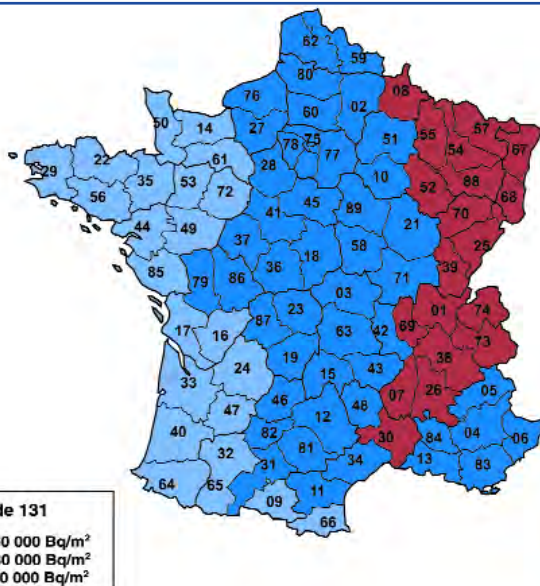


Activités Surfaciques Rémanentes
en césium 137 des surfaces agricoles en France en mai
1986, consécutives à l'accident de Tchernobyl.

Mesures OPRI (moyennes régionales)

L'absence de contrôle préalable des données biaise l'ensemble des résultats. Se basant sur ses modélisations et sur les mesures effectuées par le SCPRI dans le lait de vache et les légumes-feuilles, l'IPSN classe **les Alpes du sud et la Corse** parmi les régions **moyennement** contaminées par l'iode 131, avec des dépôts compris entre 10 000 et 30 000 Bq/m² (départements en bleu foncé sur la carte reproduite ci-dessous). Ces secteurs seraient moins contaminés que le **Gard** qui est classé parmi les secteurs les plus touchés, avec des dépôts compris entre 30 000 et 60 000 Bq/m² (en rouge sur la carte). Ce département, situé plus à l'ouest, a pourtant été relativement épargné par la pluie du début mai 86.

Doc. IPSN 1997



Activités Surfaciques Rémanentes (ASR)
en iode 131 des surfaces agricoles
en France en mai 1986,
consécutives à l'accident
de Tchernobyl.

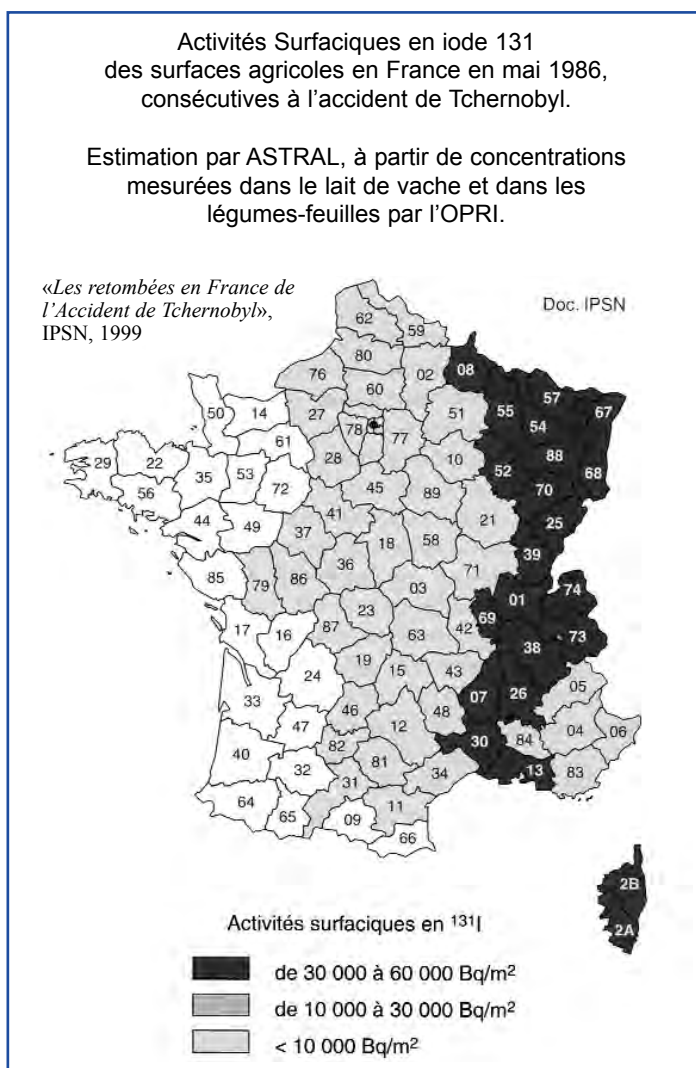
Estimation par ASTRAL,
à partir de concentrations
mesurées dans le lait de vache
et dans les légumes-feuilles
par l'OPRI.

ASTRAL signifie ASistance Technique
en Radioprotection post-Accidentelle : il
s'agit d'un système informatisé d'aide à la
décision qui permet, à partir des premières
mesures (sur les dépôts au sol par exemple),
de prédire les niveaux de contamination
des productions agricoles et de
décider de l'opportunité d'appli-
quer les contre-mesures destinées
à limiter l'exposition des person-
nes.

D'après les analyses de la CRIIRAD, la Corse et les départements alpins font incontestablement partie des secteurs les plus contaminés de France. C'est ce qu'indiquent les analyses et c'est logique puisque le nuage de Tchernobyl est resté plusieurs jours sur ces régions et que la pluie y a fortement accru les dépôts. L'analyse des documents ⁵⁴ permet d'expliquer ces incohérences : pendant toute la période critique, le SCPRI déclare n'avoir reçu aucun échantillon de lait ou de denrées végétales fraîches en provenance de la région PACA et la situation de la Corse est encore pire : le premier échantillon de lait en provenance de la Corse date du 12 mai, et aucune denrée végétale produite sur l'Ile de Beauté n'a été analysée pendant tout le mois de mai ! Les cartes du SCPRI indiquent systématiquement " *pas de prélèvement parvenu.* " Avec des données aussi lacunaires, on comprend que les résultats obtenus soient aussi peu fiable. L'IPSN paraît s'être aperçu de certaines erreurs car il va progressivement modifier ses évaluations.

LE RAPPORT IPSN DE 1999

Deux ans plus tard, le rapport de 1997 est remanié afin de pouvoir être diffusé en librairie ⁵⁵ et l'IPSN en profite pour procéder à quelques corrections. La Corse-du-sud, la Haute-Corse et les Bouches-du-Rhône passent dans le groupe des régions les plus contaminées en iode 131 (dépôts compris entre 30 000 et 60 000 Bq/m² et non plus entre 10 000 et 30 000 Bq/m²).



Ce qui pose problème, n'est pas la modification en soi, mais **le fait de ne rien signaler et de ne donner aucune explication**. Comment parvenir à des résultats différents avec les mêmes données de départ (les chiffres du SCPRI) et les mêmes outils (le logiciel ASTRAL) ? La question n'est pas anodine. En effet, le cœur du travail de l'IPSN, ce qui, d'après lui, en garantit la validité, c'est précisément le système de validation réciproque entre les mesures du SCPRI, et les modèles mathématiques qu'ont élaborés ses chercheurs. Quelque chose devait être faux, mais quoi ? L'IPSN élude complètement la question.

C'est d'autant plus regrettable que les modifications génèrent d'autres interrogations : si la CRIIRAD ne peut que se féliciter du reclassement de la Corse parmi les secteurs les plus touchés, elle s'interroge, par contre, sur le changement de statut des Bouches-du-Rhône. De tous les départements de la région PACA c'est certainement celui qui a été le moins contaminé. Pourquoi ne pas avoir reclassé en priorité les Hautes-Alpes, les Alpes-Maritimes, les Alpes-de-Haute-Provence ou même le Vaucluse ?

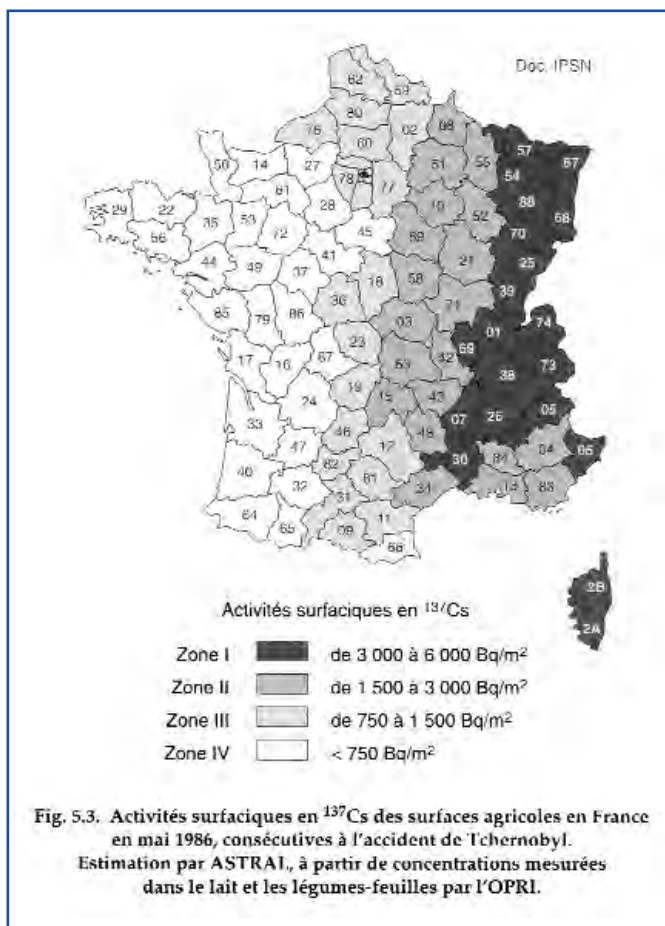
⁵⁴ Cf. note n°20.

⁵⁵ " *Les retombées en France de l'accident de Tchernobyl. Conséquences radioécologiques et dosimétriques.* " P. Renaud et al. IPSN, EDPS Sciences, mai 1999.

Tout se passe comme si les travaux de l'IPSN étaient soumis à des exigences contradictoires : d'un côté, la nécessité de préserver la réputation de l'Institut et la publication de travaux d'une incontestable qualité scientifique, évoluant vers un compte rendu de plus en plus exact de l'impact de Tchernobyl ; de l'autre, des verrous puissants qui interdisent que les recherches puissent aboutir à mettre en cause la façon dont l'État français a géré la crise de 1986 (une gestion à laquelle l'IPSN a d'ailleurs largement participé). Cette contradiction fondamentale conduit nécessairement à des impasses.

Si l'on considère, par exemple, les rapports annuels que l'IPSN consacre à Tchernobyl, on constate qu'à **force de revoir une partie des chiffres à la hausse, les résultats globaux deviennent incohérents**. Il n'est plus possible d'articuler les mesures du SCPRI, les modélisations ASTRAL et les nouveaux résultats !

Pour tenter de masquer ces contradictions, l'IPSN présente ses nouveaux chiffres dans le cadre d'**études complémentaires**, comme s'ils ne devaient pas rétroagir pas sur les cartes de France précédemment établies. Les zones qui ont reçu des dépôts plus élevés sont traitées comme des entités à part : c'est le cas des zones d'altitudes, des surfaces boisées, des zones de forte pluviosité... L'IPSN indique ainsi dans ses rapports que les zones ayant reçu, début mai 1986, des hauteurs de pluie supérieures à **20 mm** ont enregistré des dépôts de césium 137 pouvant atteindre **10 000 à 12 000 Bq/m²**. Là où la pluviosité a dépassé **25 mm**, les dépôts seraient supérieurs à **16 000 Bq/m²** (plus de 15 000 Bq/m² pour les retombées humides et de l'ordre de 1 000 Bq/m² pour les dépôts secs) ⁵⁶. Le problème, c'est que ces zones de forte pluviosité ne recouvrent pas quelques kilomètres carrés mais des superficies considérables et parfois même, la quasi-totalité d'un département ! C'est le cas du Jura, de la Corse du sud, des Alpes-Maritimes et de la Drôme.



La **Corse du sud** a enregistré des hauteurs de pluie presque systématiquement supérieures à **20 mm**, voire même (pour plus du quart du département) supérieures à **40 mm**. D'après les corrélations pluies / dépôts humides retenues par l'IPSN, les niveaux de césium 137 devraient être supérieurs à **10 000 Bq/m²**. D'autant que la Corse est une région très montagneuse et que l'IPSN précise que l'altitude a fortement augmenté les dépôts (jusqu'à 5 fois plus à 2 000 mètres qu'à 200 mètres). Dans ces conditions, comment l'IPSN peut-il retenir, pour la Corse-du-sud, un dépôt moyen de césium 137 compris **entre 3 000 et 6 000 Bq/m²** (cf. carte ci-contre) ?

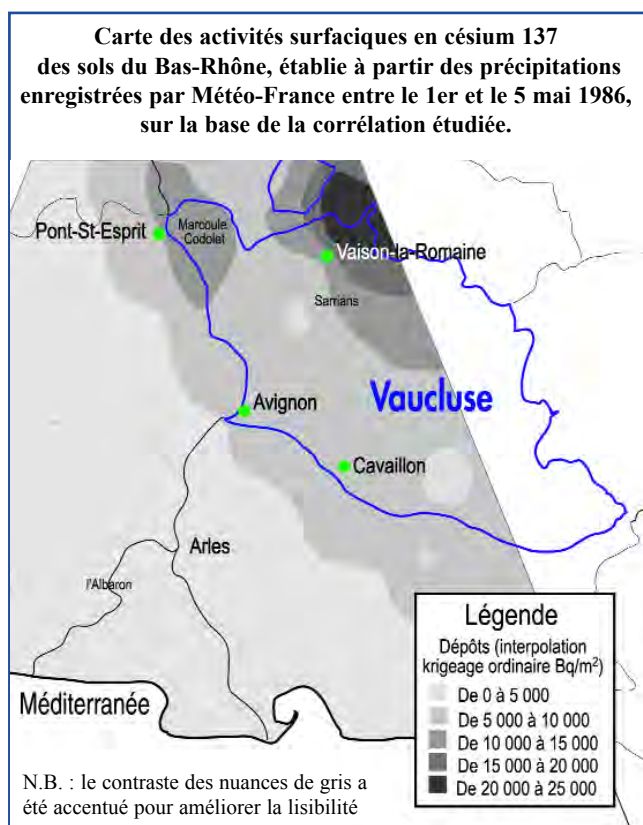
L'exemple du **Vaucluse** est tout aussi éloquent. Si l'on se réfère à cette même carte, ce département aurait reçu des dépôts moyens de césium 137 compris **entre 1 500 et 3 000 Bq/m²**.

Or, dans son rapport d'avril 2000 ⁵⁶, l'IPSN consacre un chapitre à la situation du Bas-Rhône. Le lecteur y découvre une carte qui ne fait plus aucune référence aux chiffres du SCPRI. Les

⁵⁶ " Tchernobyl, 14 ans après. " Dossier de presse, IPSN, avril 2000.

résultats sont issus d'une étude réalisée par l'IPSN sur la basse vallée du Rhône : 25 sites ont été évalués entre Pont-Saint-Espirit et Albaron. L'IPSN précise qu'il a aussi tenu compte des résultats d'une étude réalisée par le laboratoire de la CRIIRAD pour la municipalité d'Avignon ⁵⁷.

Afin que chacun puisse comparer et se forger une opinion, cette nouvelle carte est reproduite ci-contre. Pour faciliter la lecture, le contour du Vaucluse a été repassé en bleu. Il apparaît clairement que la majeure partie de ce département a enregistré des dépôts de césium 137 compris **entre 5 000 et 10 000 Bq/m²**. Dans le nord, la contamination a même dépassé **10 000, voire 15 000 Bq/m²**. Seules deux enclaves très circonscrites, ont reçu des dépôts inférieurs à 5 000 Bq/m². Sur la base de ces constatations, et bien que l'Est du département n'ait pas été entièrement évalué ⁵⁸, qui peut soutenir que la moyenne du département est inférieure à 3 000 Bq/m² ?



Source : Tchernobyl, 14 ans après - IPSN avril 2000

DERRIÈRE LES CARTES, DES ENJEUX CONSIDÉRABLES

L'IPSN empile les résultats et la DSIN, se basant sur ses " *synthèses* " ; affirme que l'on est enfin sorti de la polémique, que tous les chiffres s'accordent, ceux des services officiels et ceux de la CRIIRAD, ceux de 1986 et ceux de 1999. Tout est pour le mieux et le dossier Tchernobyl peut enfin être classé. Personne ne remarque — ou ne veut remarquer — que les chiffres de l'IPSN se contredisent entre eux, que les chiffres de la CRIIRAD ne sont pas compatibles avec ceux du SCPRI.

S'il y a encore autant de blocages, si tout débat véritablement et uniquement scientifique est encore impossible, c'est que l'enjeu des cartes de France de la contamination par l'iode et le césium est considérable.

L'évaluation de la contamination du territoire permet en effet de calculer les doses reçues par les Français en fonction de leur lieu de résidence et de l'origine des produits qu'ils consommaient. On peut ainsi déterminer le niveau de risque auquel ils ont été exposés. **Si la contamination est minorée, le risque l'est aussi. De la même façon, si le classement relatif des départements est erroné, les enquêtes épidémiologiques seront d'autant plus difficiles à conduire.** Si l'on déclare, par exemple, que le département du Gard a été plus contaminé par l'iode que les Alpes-Maritimes et que l'incidence du cancer de la thyroïde augmente plus dans les Alpes que dans le Gard, on en conclura (à tort) que c'est la preuve que Tchernobyl n'y est pour rien.

⁵⁷ Étude radioécologique de la région d'Avignon. Impact des rejets des sites de Marcoule et Cadarache. Etude réalisée par le laboratoire de la CRIIRAD pour la municipalité d'Avignon. Synthèse, juin 1994.

⁵⁸ Les relevés réalisés par André Paris en 1999-2000 ne montrent aucune décroissance des activités vers l'est, au contraire.

La DSIN et l'OPRI solidaires des bilans du SCPRI

LE SATISFECIT DE LA DSIN

Commanditaire du bilan dressé en 1997 par l'IPSN, le directeur de la DSIN, André-Claude Lacoste, en tire plusieurs " *enseignements essentiels* ". Le principal est sans conteste que la contamination était trop faible pour justifier quelque précaution que ce soit :

« Au regard des doses estimées, écrit-il en préface à la publication IPSN de 1999, l'influence des retombées de la catastrophe de Tchernobyl en France est restée en dessous d'un niveau qui aurait pu susciter une réaction justifiée sur un plan sanitaire ».

C'est donc à juste titre que les autorités françaises n'ont pris aucune mesure pour limiter l'exposition de la population, en particulier des habitants de la moitié est de la France. Elles ont, à bon escient, recommandé aux enfants et aux femmes enceintes, de ne rien changer à leurs habitudes alimentaires ; les familles corses ont bien fait de consommer en quantité du fromage frais de brebis, puissant concentrateur d'iode radioactif, et des légumes à larges feuilles, formidables capteurs des retombées radioactives. Si une contamination analogue survenait, il est clair que la DSIN déconseillerait aux pouvoirs publics de prendre la moindre mesure de protection.

L'ASTUCE DE L'OPRI

Interrogé à plusieurs reprises, en 2001, sur son appréciation du travail effectué en 1986 par le SCPRI, le président de l'OPRI, Monsieur Jean-François Lacronique s'est exprimé avec plus de nuances que le directeur de la DSIN. D'après lui, les retombées radioactives de Tchernobyl ont été bien gérées par les responsables, et notamment par le directeur du SCPRI. Aujourd'hui, cependant, s'il avait à gérer une situation semblable, il agirait autrement. Comment concilier ces deux propositions apparemment contradictoires ? Le président de l'OPRI invoque l'adoption par le législateur du **principe de précaution**. La loi du 2 février 1991 prévoit désormais que *l'absence de certitudes scientifiques ne doit pas retarder l'adoption de mesures visant à prévenir un risque de dommages graves et irréversibles à l'environnement, à un coût économiquement acceptable*. En 1986, cette loi n'avait pas encore été votée. On ne peut donc reprocher au SCPRI de ne pas l'avoir prise en compte dans ses décisions. Aujourd'hui, par contre, en vertu de ce principe, et sans que le risque ne soit vraiment démontré, le président de l'OPRI assure qu'il conseillerait probablement aux pouvoirs publics de prendre quelques précautions.

LES MISES AU POINT DE LA CRIIRAD

En approuvant le bilan mensonger du SCPRI, en déclarant que les autorités françaises ont correctement géré la crise en conseillant à tout un chacun de ne prendre aucune précaution, les responsables de la DSIN et de l'OPRI engagent lourdement leur responsabilité. La question, en effet, n'était pas d'appliquer, ou non, le principe de précaution mais de **respecter des prescriptions réglementaires qui avaient pour objet de protéger la santé des personnes !**

En 1986, en effet, les autorités françaises ne se sont pas contentées de ne prendre aucune mesure positive pour limiter l'exposition de la population : elles ont aussi refusé de mettre en oeuvre les dispositifs qui devaient assurer **à tous** un certain niveau de protection. Les normes et règlements de radioprotection institués par la Commission Européenne et par la France ont ainsi été violés par ceux-là même qui devaient en assurer l'application, privant ainsi les citoyens français de la protection qui leur était due.

En validant l'action du SCPRI et des pouvoirs publics, la DSIN et l'OPRI approuvent ainsi des actes contraires au droit et susceptibles de porter atteinte à la santé des personnes, et en particulier, comme nous allons le voir, à celle des enfants.

Le **30 mai 1986**, la Commission Européenne édictait un **règlement** ⁵⁹ fixant des limites de contamination en césium pour l'importation de produits venant de pays non européens : le lait et les aliments destinés aux nourrissons dont la teneur en césium dépassait 370 Bq/kg devaient être bloqués aux frontières de l'Europe. Pour les autres produits, la limite était fixée à 600 Bq/kg. La CRIIRAD s'est procurée plusieurs documents du SCPRI où figurent des produits en provenance des pays de l'Est et de la Turquie dont le niveau de contamination en césium dépasse les limites réglementaires. Au lieu de constater l'infraction et de demander le renvoi des lots à leur expéditeur ou leur élimination, le directeur du SCPRI, précise en commentaire que ces produits sont « **consommables sans restriction** » (!). Une décision totalement arbitraire, prise en violation de la réglementation et au mépris du droit des consommateurs. Parmi les produits concernés, on peut signaler les noisettes de Turquie, que les enfants ont retrouvé dans les pâtes à tartiner et le chocolat.

Les autorités françaises ont également ignoré les normes fixées pour leurs propres productions et celles des États européens. La **recommandation du 6 mai 1986** ⁶⁰ fixait des tolérances maximales pour les productions européennes : 500 Bq/kg pour le lait et les produits laitiers et 250 Bq/kg pour les fruits et légumes ⁶¹. On pourrait objecter qu'il ne s'agissait que d'une recommandation et non d'un règlement d'application obligatoire, mais, dès le 7 mai, un communiqué du ministre de l'Agriculture, François Guillaume, assurait que la France se conformait à ces limites. Cet engagement n'a pas été tenu : dans de nombreuses régions, du lait, du fromage, des épinards, des poireaux... présentant des taux de contamination supérieurs à ces limites, ont été commercialisés sans aucune restriction.

DES ENFANTS DÉLIBÉRÉMENT PRIVÉS DE PROTECTION !

Le SCPRI a toujours assumé publiquement son refus d'appliquer les textes européens fixant des limites pour la contamination des aliments. Pour lui, il ne s'agissait que de limites « douanières » sans aucune justification sanitaire ⁶². Les documents écrits et les déclarations de Monsieur Pellerin et de son adjoint, Monsieur Moroni, sont à ce sujet tout à fait explicites.

Il est bien sûr inadmissible que de hauts fonctionnaires s'arrogent le droit de décider d'appliquer ou pas les textes réglementaires, mais suivons, pour la démonstration, le raisonnement du directeur du SCPRI. Monsieur Pellerin a toujours déclaré qu'il se conformait aux limites fixées par les directives EURATOM de 1980 et 1984 ⁶³, à savoir 5 millisieverts par an (mSv/an) pour la limite de dose au corps entier et **50 mSv/an pour la limite de dose à la thyroïde**.

Or, les calculs effectués par la CRIIRAD démontrent au contraire que de nombreuses personnes appartenant aux groupes critiques, et en particuliers des enfants, ont reçu des doses supérieures aux limites fixées par les directives. Dès 1989, la CRIIRAD a exposé le cas des populations rurales corses dans des mémoires remis à la justice ⁶⁴. En utilisant les résultats d'analyses effectuées par les services officiels, la CRIIRAD a pu prouver que **la contamination du lait de brebis par l'iode 131 au début mai était supérieure à 10 000 Bq/l, de l'ordre de 20 à 30 000 Bq/l**. La contamination des fromages frais, type bruccio, pou-

59 Règlement CEE n°1707/86 du 30 mai 1986, relatif aux conditions d'importation de produits agricoles originaires des pays tiers à la suite de l'accident survenu à la centrale de Tchernobyl.

60 Recommandation n°86/156/CEE fixant des limites de tolérance maximales pour les aliments produits et commercialisés dans les États membres de la Communauté Européenne.

61 Ces limites décroissent dans le temps : respectivement 250 et 175 Bq/kg à partir du 16 mai ; 125 et 90 Bq/kg à partir du 26 mai. Ceci permettait de tenir compte de la décroissance radioactive de l'iode.

62 Il s'agit d'un jugement subjectif et arbitraire car le texte européen précise que les limites sont fixées " dans le souci légitime de protéger la santé des consommateurs ". Des calculs montrent par ailleurs que les valeurs choisies peuvent correspondre au dépassement des limites fondamentales de dose.

63 Directive du Conseil du 15 juillet 1980, n°80/836/Euratom portant modification des directives fixant les normes de base relatives à la protection sanitaire de la population et des travailleurs contre les dangers des rayonnements ionisants ; directive du Conseil du 3 septembre 1984, n° 84/467/Euratom modifiant la directive 80/836/Euratom en ce qui concerne les normes de base relatives à la protection sanitaire de la population et des travailleurs.

64 D'abord au Tribunal administratif de Bastia dans le cadre de la plainte déposée en 1989 contre le préfet de Haute Corse et l'État français pour défaut d'information et de protection des habitants de l'Île. Puis en 1993-1994, à la Cour d'Appel de Lyon.

vait être encore plus élevée puisqu'il faut plusieurs litres de lait pour fabriquer 1 kilogramme de fromage. Gros consommateurs de lait et, surtout, de fromage frais de brebis, les habitants de l'île ont pu recevoir dans les premières semaines de mai, **des doses à la thyroïde supérieures, voire très supérieures, à la limite de 50 mSv/an** ⁶⁵. La consommation quotidienne, pendant tout le mois de mai 1986, d'environ **65 grammes de fromage frais** de brebis ⁶⁶ délivrait plus de **140 mSv** à la thyroïde d'un enfant de 1 an ; plus de **70 mSv** à celle d'un enfant de 5 ans et plus de **50 mSv** à celle d'un enfant de 10 ans. Pour cette même consommation, un adulte recevait une dose de l'ordre de **17 mSv** ; pour une consommation journalière de 400 g par jour, ce qui est relativement courant en Corse, la dose dépassait **100 mSv**.

Comment concilier ces conclusions (qui reposent sur des mesures et des coefficients de dose officiels) avec les déclarations du SCPRI assurant qu'en aucun cas les limites des directives n'avaient été dépassées et ce, avec une grande marge de prudence ? La différence s'explique par la façon, habile mais incorrecte, dont le SCPRI se soustrait aux prescriptions réglementaires : contrairement à ce qu'imposent les textes, il a effectué les calculs de dose sans faire la somme de toutes les contributions, et, plus grave encore, il a utilisé pour les enfants, les limites d'incorporation et les coefficients de dose réservés aux adultes.

Les limites d'incorporation que le SCPRI cite dans ses communiqués et ses rapports sont exclusivement celles des adultes. Cette décision équivaut à refuser aux groupes les plus sensibles, enfants et fœtus, le niveau de protection que la réglementation leur accorde. **Appliquer aux enfants des limites établies pour un homme standard de 70 kilogrammes revient, en effet, à les exposer froidement à des risques de cancer que l'on juge inacceptables pour des adultes.**

Les méthodes du SCPRI

Des calculs sans addition !

Pour déterminer si les limites fondamentales de dose fixées par les directives EURATOM sont dépassées, il faut tenir compte de toutes les voies d'exposition : exposition externe à partir du nuage ou des dépôts au sol, exposition interne par inhalation d'air contaminé, exposition interne par ingestion de produits contaminés. Il faut aussi évaluer la contribution de tous les aliments. Pour chaque calcul, tous les radionucléides présents doivent être comptabilisés : les césiums, les iodes, les ruthéniums, etc.

Pour faciliter le contrôle du respect des limites de dose (exprimées en mSv/an), la directive établit une correspondance avec les incorporations de produits radioactifs (quantités exprimées en becquerels). La directive précise par exemple que l'inhalation de 200 000 Bq d'iode 131 délivre à la thyroïde d'un adulte une dose de 50 mSv ; si l'iode est ingéré, 100 000 Bq suffisent. Ces limites sont désignées sous le terme de « **L.A.I.** », **Limites Annuelles d'Incorporation** (par ingestion ou inhalation).

Les L.A.I. ne peuvent être utilisées directement qu'en cas de contamination par un seul radionucléide et par une seule voie d'incorporation. S'il y a plusieurs apports, il faut les pondérer. Dans ses déclarations publiques, le SCPRI s'est régulièrement exprimé comme s'il n'y avait qu'un seul aliment, un seul radionucléide et une seule voie d'exposition. Il faudrait, écrivait-il, *consommer « 100 kg de thym présentant un taux de césium 137 de 3 000 Bq/kg pour atteindre la LAI »* ou encore *« 5 tonnes d'un lait contenant 60 Bq/kg »* (déclarations diffusées par un communiqué AFP du 25 juillet 1986).

Pas de protection pour les enfants !

La directive de 1984 précise clairement que les L.A.I. dont elle donne la liste ne sont valables que pour les adultes : « **les valeurs se rapportent à des adultes. Dans le cas des enfants, on doit tenir compte des caractéristiques anatomiques et physiologiques qui peuvent nécessiter des modifications de ces valeurs** ». La glande thyroïde d'un nouveau-né pèse environ 1 gramme, celle d'un adulte environ 20 grammes. Pour une même quantité d'iode 131 incorporée, la thyroïde reçoit une dose d'autant plus élevée que sa masse est petite : il faut plus de 100 000 Bq d'iode 131 pour délivrer 50 mSv à la thyroïde d'un adulte alors que pour un enfant de 1 an, 14 000 Bq suffisent. Pour assurer aux enfants un niveau de protection similaire à celui des adultes, il est donc **indispensable** de fixer des limites plus basses.

⁶⁵ En 1986, le décret de base pour la radioprotection, le décret 66-450 du 20 juin 1966 n'avait pas encore été modifié (il ne le sera qu'en 1988). Or ce texte fixait à 5 mSv/an la limite de dose au corps entier, mais à seulement **15 mSv/an** la limite de dose à la thyroïde. Si dans certaines régions, des personnes ont pu recevoir des doses de rayonnement supérieures à 50 mSv/an, a fortiori la limite de 15 mSv/an du décret français a été dépassée.

⁶⁶ Le calcul est basé sur la moyenne des 4 résultats de mesure disponibles. Ils émanent tous de services officiels (SCPRI et ministère de la Santé).

Une fois encore une question essentielle se pose : s'agit-il d'une erreur, aussi grave soit-elle, ou est-ce une décision prise en toute connaissance de cause ? Un élément, accablant pour les pouvoirs publics, permet de lever le doute. Le 18 avril 1988, deux ans après la catastrophe de Tchernobyl, le gouvernement signe un décret qui transpose en droit français les directives de 1980 et 1984. **Or, au cours de la transposition, le texte de la directive a été discrètement altéré !** " On " a supprimé les mentions précisant que les limites d'incorporation qui figurent dans les tableaux sont réservées aux adultes et qu'il faut établir des limites spécifiques pour les enfants ! Il ne s'agit pas d'une erreur fortuite : depuis des mois, la CRIIRAD interpellait les autorités pour dénoncer l'absence de limites différenciées par tranche d'âge et exiger leur établissement.

D'un point de vue juridique, c'est un acte illicite, extrêmement grave. D'un point de vue humain, c'est une faute impardonnable. Il faudra bien, un jour, désigner les coupables.

L'élaboration d'un décret ministériel qui sert de base à toute la radioprotection ne peut, en effet, être le fait d'un individu isolé. Le décret a été rédigé de façon à faire disparaître discrètement le cas particulier des enfants. Qui a pris la décision ? Qui était complice ? Quel rôle ont joué le directeur du SCPRI et celui de la Direction Générale de la Santé ? Quel est le niveau de responsabilité des ministres signataires ?

Treize ans après, ces questions restent sans réponse mais elles resteront posées aussi longtemps qu'il faudra. Il n'est pas question de laisser les responsables de la DSIN, de l'IPSN ou de l'OPRI blanchir des agissements aussi graves. Tant que toute la lumière n'aura pas été faite, la CRIIRAD ne refermera pas le dossier Tchernobyl.

Atlas européen : une carte plus fausse que celle du SCPRI !

En 1998, le bureau des publications officielles des communautés européennes éditait un « *Atlas des dépôts de césium sur l'Europe après l'accident de Tchernobyl* »⁶⁷. Ce luxueux document en format A3 a été réédité, en 2001, sous forme d'un CD-ROM plus facilement diffusable. Le financement a été assuré par l'Union européenne et, pour partie, par le Bélarus, l'Ukraine et la Russie. L'institut environnemental du centre de recherche européen d'Ispre, en Italie, a assuré la compilation des données et l'élaboration des cartes. Sous la signature de hauts fonctionnaires européens et des ministres de Bélarus, d'Ukraine et de Russie, la préface précise que **l'Atlas constitue un document de référence qui fera autorité pendant des années et sera d'un grand intérêt tant pour le grand public que pour les scientifiques**⁶⁸. " *Les données, nombreuses et diverses (...), constitueront une ressource importante pour des travaux scientifiques ultérieurs* ".

Avant de procéder à l'analyse de cette publication, il est important de préciser que les critiques émises ci-après ne portent que sur la **partie française** de l'atlas européen. Les évaluations effectuées par le laboratoire de la CRIIRAD en Bélarus et en Ukraine⁶⁹ donnent des résultats tout à fait comparables à ceux qui figurent dans l'atlas.

LA CONTAMINATION DES SOLS JUSTE AVANT TCHERNOBYL

L'atlas européen présente, page 20, une carte générale de l'Europe indiquant le niveau de contamination des sols par le césium 137 juste avant l'accident de 1986 (" *just prior to the accident* ").

⁶⁷ Atlas of caesium deposition on Europe after the Tchernobyl accident, CD-ROM produit par la Commission Européenne, 2001.

⁶⁸ « The Atlas will be the authoritative reference on this subject for many years to come ».

⁶⁹ En juin 1994, le laboratoire de la CRIIRAD a procédé à trois carottages de sol en Bélarus, dans les environs de Minsk, à Maloie-Zaloujje, Tchiomyslitsa et Pershaï. En 1998, dans le cadre d'une étude réalisée pour l'association *Les enfants de Tchernobyl*, des analyses ont été effectuées sur des sols prélevés en Ukraine, entre Kiev et Tchernobyl : Rovji, Soucholouchia, Korocten et Polesskoje. Dans ces deux pays, les résultats obtenus sont, à une exception près, compatibles avec ceux de l'atlas européen.

Les auteurs précisent que la contamination des pays occidentaux a été estimée à partir des cartes de dépôts de strontium 90 sur l'hémisphère nord établies par l'United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR).

D'après ce document (partiellement reproduit ci-dessous), **la contamination des sols français serait comprise entre 1 000 et 2 500 Bq/m²** : le sud-ouest serait la région la moins affectée (de 1 000 à 1 500 Bq/m²) et c'est en Corse que la contamination résiduelle serait la plus élevée (de 2 000 à 2 500 Bq/m² pour les 3/4 de l'île). Le césium 137 qui est mesuré provient, pour l'essentiel ⁷⁰, des bombes que les États ont fait exploser dans l'atmosphère afin de mettre au point leur arsenal nucléaire (cf. encadré ci-après).



Source : Atlas of caesium deposition on Europe after the Chernobyl accident.

Les retombées des essais nucléaires atmosphériques

La première explosion a été réalisée par les États-Unis à Alamogordo, dans l'État du Nouveau-Mexique, le 16 juillet 1945, peu avant les bombardements d'Hiroshima et Nagasaki. De 1945 à 1995, on recense officiellement 530 explosions nucléaires atmosphériques. En 1963, un traité signé par les Américains, les Soviétiques et les Britanniques a interdit les essais dans l'atmosphère à cause de l'impact grandissant des retombées radioactives. La France a poursuivi ses essais jusqu'en 1974, la Chine jusqu'en 1980. Ces explosions ont propulsé à très haute altitude des particules de matière nucléaire, des produits de fission et d'activation. Une partie de la radioactivité s'est déposée dans la région où a eu lieu l'essai, le reste a été projeté jusque dans la stratosphère. À partir de ce réservoir, les produits radioactifs ont été progressivement transférés dans les couches inférieures de l'atmosphère. Les retombées au sol ont été très progressives et sont donc moins tributaires des conditions météorologiques à telle ou telle date. La contamination qui en a résulté est très différente de celle de Tchernobyl* : relativement homogène à l'échelle de chaque hémisphère, avec cependant un effet lié à la latitude et un marquage lié à l'implantation des sites d'essais.

* La contamination générée par Tchernobyl est au contraire caractérisée par une très forte hétérogénéité, liée au fait que les rejets étaient concentrés sur une dizaine de jours, avec des panaches radioactifs évoluant dans les basses couches de l'atmosphère.

⁷⁰ L'atlas mentionne également l'impact de certains accidents (celui survenu à Mayak, en Russie) et celui des rejets des installations nucléaires (Sellafield, aux Royaume-Uni).

LA CONTAMINATION DES SOLS JUSTE APRÈS TCHERNOBYL

L'atlas européen est consacré, pour l'essentiel, à la situation des sols immédiatement après la catastrophe de Tchernobyl. Les cartes présentent les **quantités totales de césium 137**, quelle que soit leur origine : les essais d'armes nucléaires ou Tchernobyl ⁷¹.

En ce qui concerne l'Europe de l'ouest, les cartes ont été établies à partir des données communiquées par les services officiels de chacun des États membres de l'Union. Pour la France, deux organismes sont mentionnés : l'IPSN est cité comme « *point de contact* », c'est-à-dire comme principal transmetteur de données ⁷². L'OPRI figure comme fournisseur additionnel. L'annexe G ⁷³ indique que les résultats transmis à l'Europe pour l'élaboration de la carte de France proviennent des tableaux mensuels de mesures de l'OPRI.

La carte de France, référencée « *plate 9* » dans l'atlas, est reproduite page suivante. Pour comparaison, le lecteur trouvera, en vis-à-vis, la carte de France de la contamination des sols en césium 137 total établie par la CRIIRAD. Dans les deux cas, les activités sont ramenées à mai 1986. Les différences sont parfois saisissantes : en Corse, l'Atlas européen donne une contamination **inférieure à 1 000 Bq/m²** alors que les 8 analyses effectuées par la CRIIRAD révèlent des activités comprises **entre 10 000 et 40 000 Bq/m²** !

TCHERNOBYL AURAIT DÉCONTAMINÉ LA FRANCE !

Disposant des niveaux de césium 137 " juste avant " et " juste après " la catastrophe du 26 avril, il est facile d'en déduire la part imputable à Tchernobyl : une simple soustraction permet d'obtenir la part qui a été ajoutée. La carte présentée ci-après (page 42) a été élaborée à partir des cartes de l'atlas européen : les chiffres indiquent le résultat de la soustraction " césium 137 total - césium 137 des essais nucléaires ". Toutes les valeurs doivent logiquement être positives : après le passage du nuage de Tchernobyl, les sols sont **nécessairement** plus contaminés qu'avant. Dans le cas le plus extrême, le résultat pourrait être égal à 0, cela signifierait que le sol n'a reçu aucun apport complémentaire de Tchernobyl. Il est, par contre, **impossible** d'obtenir de valeurs négatives puisque le passage d'un panache radioactif **ne peut pas** avoir pour effet de décontaminer le sol.

C'est pourtant l'information que délivre l'atlas européen : **sur plus de la moitié de la France, les niveaux de césium 137 sont inférieurs après Tchernobyl à ce qu'ils étaient juste avant !**

Ce phénomène concerne tout l'ouest de la France mais aussi certains secteurs de la moitié est qui font pourtant partie des zones les plus touchées par Tchernobyl. C'est ainsi le cas d'une partie du **Bas-Rhin** (à Strasbourg et Diebolsheim, la CRIIRAD évalue pourtant les dépôts à plus de 30 000 Bq/m² !), **du nord de Digne** (un secteur où aujourd'hui encore, la contamination dépasse 35 000 Bq/m²), **des Alpes Maritimes** (alors que le Mercantour est probablement la région de France où les retombées ont été les plus élevées) **et de la Corse** !

Dans l'Île de Beauté, l'atlas européen annonce ainsi une contamination en césium 137 comprise entre 1 500 et 2 500 Bq/m² juste avant l'accident et inférieure à 1 000 Bq/m² juste après. Les mesures de la CRIIRAD montrent pourtant qu'en Corse, les retombées de Tchernobyl ont ajouté, dans les zones les moins touchées, au minimum 1 000 Bq/m². Dans les zones (étendues) où la pluviosité était élevée au début du mois de mai, les dépôts des césium 137 étaient de l'ordre d'au moins 30 000 Bq/m² et la moyenne régionale dépassait probablement 10 000 Bq/m².

71 " Each map includes the patterns of the total (Chernobyl, nuclear weapons fallout, etc) amount of caesium 137 deposited (corrected for radioactive decay to may 1986) immediately after the accident ".

72 Atlas européen, pages 50-51 : « Appendix F, national contact points - additional data sources. Data were largely but not solely, provided through designated national contact points ; bold type-face is used to identify the latter. (...) France :

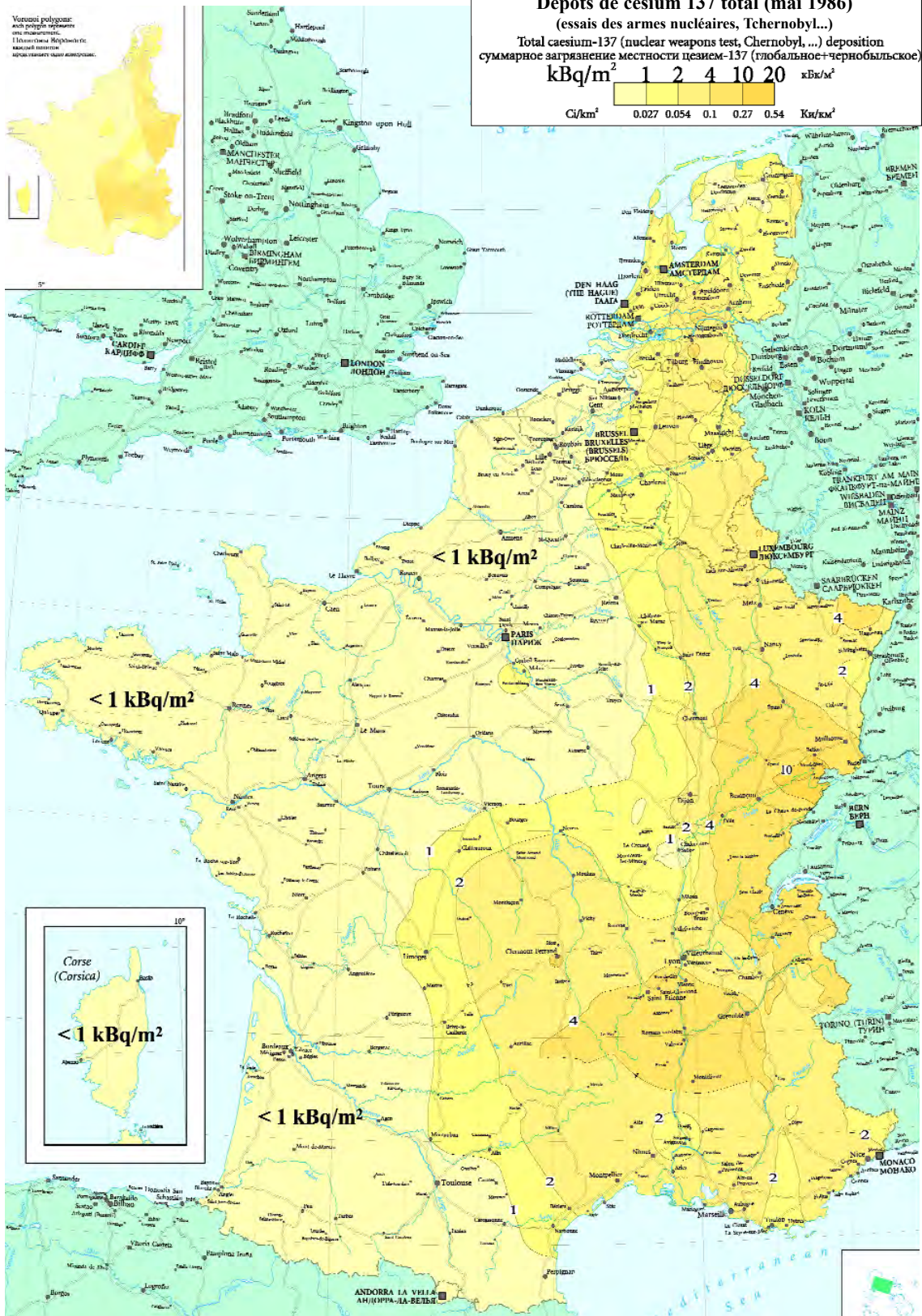
M. Métivier, IPSN/DPEI/SERE, CE Cadarache, St-Paul-Lez-Durance

G. Linden, Office de Protection contre les Rayonnements Ionisants, Le Vésinet ».

73 Atlas, pages 55-56 : « Appendix G : Data sources - bibliography. The data were provided largely by nominated contact points in each country but were supplemented by data from others sources ; the sources of data listed in Appendix F. France : G Linden, OPRI, Le Vésinet, " Tableaux mensuels des mesures de l'OPRI ". (Data transmitted to JRC-Ispra on diskette) ».

Dépôts de césium 137 total (mai 1986) — Atlas européen

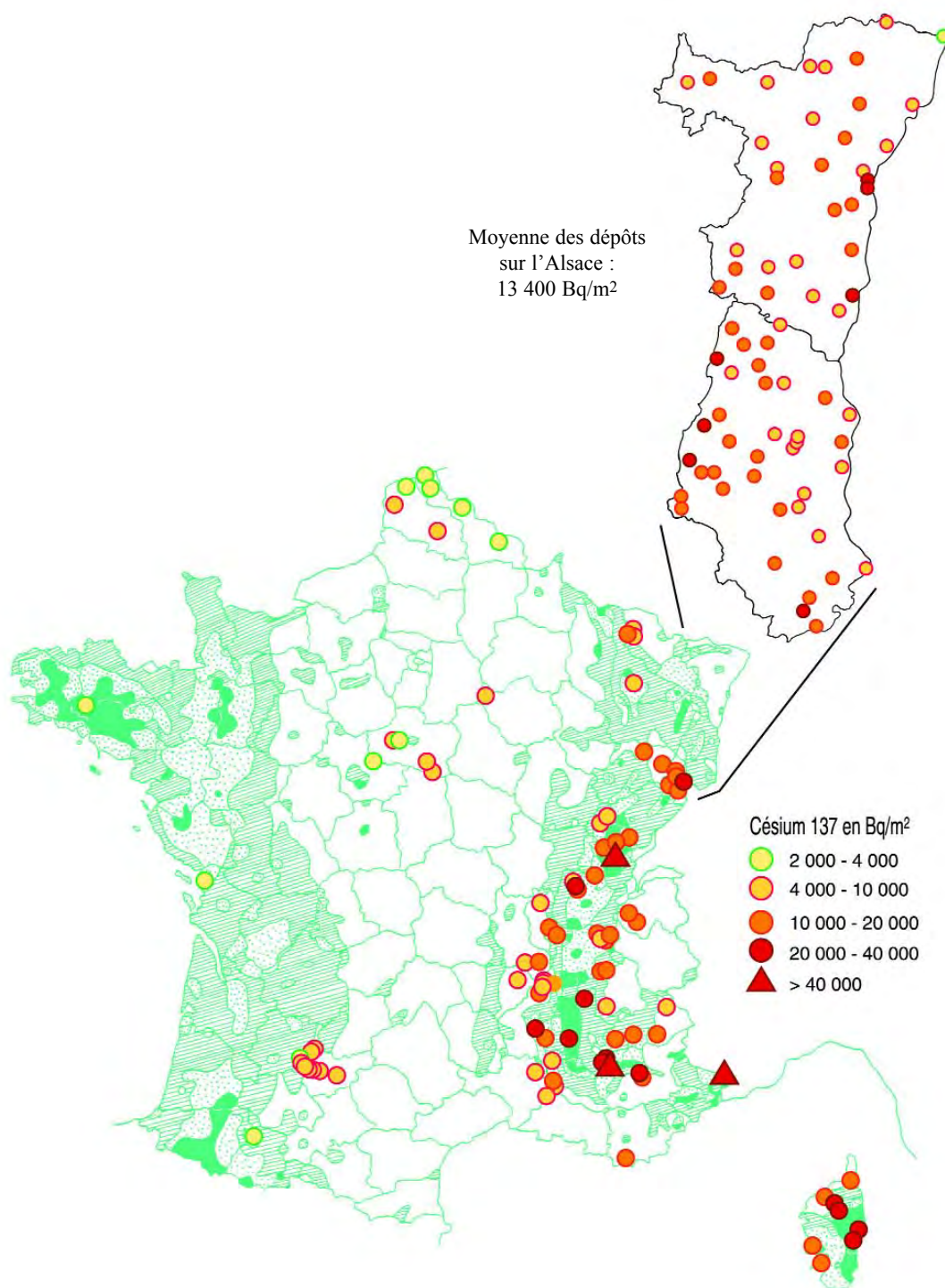
Essais des armes nucléaires, Tchernobyl...



Source : Atlas of caesium deposition on Europe after the Chernobyl accident.

Dépôts de césium 137 total (mai 1986) — Carte CRIIRAD

Essais des armes nucléaires, Tchernobyl...

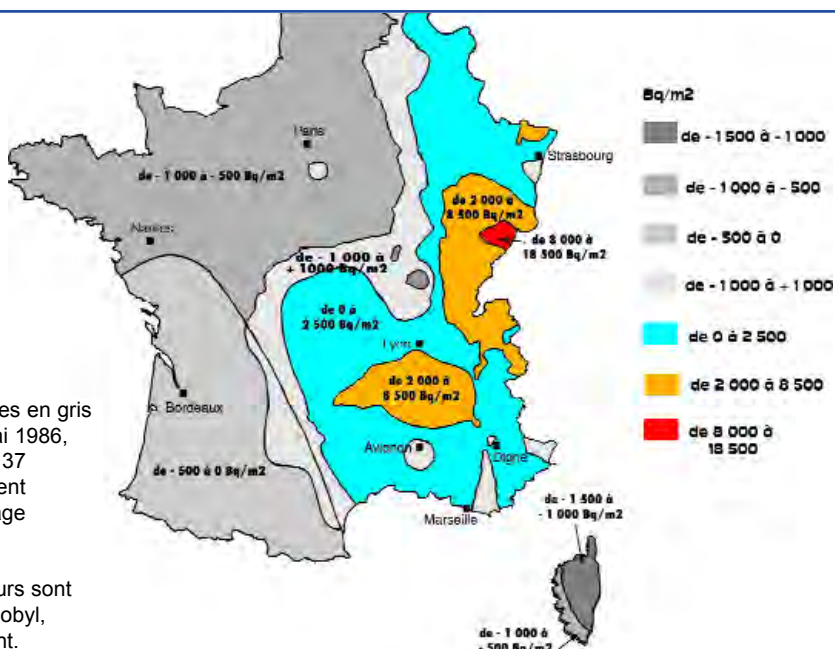


Fiche CRIIRAD n°2 - Annexe - Novembre 2001.

Carte de France des dépôts de césium 137 imputables à Tchernobyl.

Document élaboré par la CRIIRAD à partir des cartes publiées dans l'Atlas européen.

Toutes les régions figurées en gris présenteraient, le 10 mai 1986, des niveaux de césium 137 inférieurs à ce qu'ils étaient **avant** le passage du nuage de Tchernobyl ! Plus la nuance de gris est foncée, plus les valeurs sont inférieures, après Tchernobyl, à ce qu'elles étaient avant.



UNE CARTE QUE PERSONNE NE REVENDIQUE

Comment expliquer la publication d'informations aussi aberrantes et qui en est responsable ? La CRIIRAD a cherché des réponses auprès des trois organismes concernés — l'Europe, l'IPSN et l'OPRI — en demandant notamment communication des analyses utilisées pour la réalisation de la carte de France. D'après les références données par l'atlas, il s'agit de données du SCPRI mais l'étude comparative des cartes du SCPRI et de l'atlas révèle certaines différences impossibles à expliquer. C'est notamment le cas de la Corse : pour le SCPRI, le dépôt moyen de césium 137 total était de 3 200 Bq/m² alors que l'atlas européen annonce un dépôt inférieur à 1 000 Bq/m².

La demande de la CRIIRAD reçut du président de l'OPRI, Monsieur Jean-François Lacronique, un refus catégorique ⁷⁴ au motif que les précisions qu'il pourrait apporter seraient " *probablement déformées, réinterprétées, puis enfin utilisées à charge contre notre organisme, et pour placer les pouvoirs publics en accusation* ". Quelle réaction inattendue de la part d'un organisme public et pour une demande, somme toute, légitime ! De toute évidence, le sujet est sensible et l'OPRI sur la défensive.

Des réponses assez contradictoires ont été obtenues des responsables de l'IPSN. La directrice déléguée à la Protection a écrit à la CRIIRAD que l'IPSN était " *cité dans l'annexe F à titre de point de contact national et non de fournisseur de données* " ⁷⁵ oubliant apparemment que la définition que donne l'Atlas du « *point de contact* » est précisément d'être le principal fournisseur de données (qu'il s'agisse de ses propres chiffres ou de ceux des autres). Quoiqu'il en soit, nos interlocuteurs s'accordent sur le fait que l'IPSN ne peut fournir la liste demandée et **il est clair qu'ils ne souhaitent pas cautionner la carte de France qui figure dans l'atlas.**

C'est finalement l'Europe — qui nous avait d'abord renvoyé vers l'IPSN et l'OPRI — qui nous a transmis par mél en date du 19 octobre 2001, la liste des résultats demandée ⁷⁶. Les chercheurs européens ont d'abord insisté sur le fait que la carte de France est construite sur les évaluations des services officiels français et qu'ils n'ont procédé à aucun contrôle. De toute évidence, ils ne s'engagent pas sur la validité des données. À leurs yeux, la France fait partie des mauvais élèves de la classe (rien à voir avec

⁷⁴ Courrier de Monsieur J. F. Lacronique, en date du 10 octobre 2001. Dossier consultable sur le site internet de la CRIIRAD.

⁷⁵ Courrier de Madame A. Sugier, en date du 10 octobre 2001, publié sur le site internet de l'IPSN.

⁷⁶ Contact téléphonique, puis réponse écrite adressée par mél par Monsieur De Cort, chercheur au centre européen d'Ispre.

le travail effectué par la Suisse ou l'Autriche). C'est d'ailleurs ce qu'indique un tableau récapitulatif ⁷⁷ qui présente, pour chaque pays, la surface territoriale, le nombre de mesures disponibles, le type d'analyses et pour les analyses de sol, la profondeur du prélèvement. Si l'on excepte l'Espagne (mais ce pays a été relativement épargné par les retombées de Tchernobyl), la France est le pays où le rapport « nombre d'analyse réalisées/surface à contrôler » est le plus faible : seulement 35 analyses pour 555 millions de kilomètres carrés alors que l'Allemagne a réalisé 1 371 mesures pour un territoire de 366 millions de km². Le tableau précise également que la France est le seul pays (toujours avec l'Espagne), à n'avoir fourni aucune précision sur la profondeur du prélèvement.

L'étude de la liste des 35 résultats montre que ce chiffre correspond en fait au nombre de sites évalués (pour certains sites, 2 à 6 résultats sont disponibles). Trente sites sur 35 ont été mesurés par le SCPRI ; 5 résultats proviennent d'une publication britannique (AEA Harwell). Un élément saute aux yeux : **la disparition de 11 sites pourtant évalués par le SCPRI**. Monsieur De Cort explique dans son courrier que « *pour des raisons évidentes, seules les données pour lesquelles les coordonnées géographiques du lieu d'échantillonnage étaient disponibles ont été prises en compte.* » Dès lors que le SCPRI n'a indiqué que la région ou le département, sans préciser la localité, le résultat a été supprimé. Sans vouloir atténuer la responsabilité du SCPRI, on doit regretter que les chercheurs européens aient appliqué aussi strictement les critères scientifiques. Lorsque aussi peu de valeurs sont disponibles, mieux vaut avoir un résultat par département, même non localisé, plutôt que zéro.

En Corse, par exemple, le SCPRI n'avait contrôlé que deux sites : Ajaccio, en Corse du sud (740 Bq/m² et 1 400 Bq/m²) et une localité de Haute-Corse non identifiée, mais où la contamination atteignait 5 700 Bq/m². Choisir d'éliminer le résultat de la Haute-Corse entraîne une information plus fautive que de la prendre en compte malgré l'absence de précision géographique.

Le lecteur attentif relèvera une seconde anomalie, la moyenne des deux valeurs disponibles pour Ajaccio, donne 1 075 Bq/m². Or, l'Europe a classé la Corse parmi les régions dont le niveau de contamination était inférieur à 1 000 Bq/m². Etant donné que le code couleur des polygones (encadré en haut, à gauche) est correct (de 1 000 à 2 000 Bq/m²), il s'agit peut-être d'une erreur de transposition.

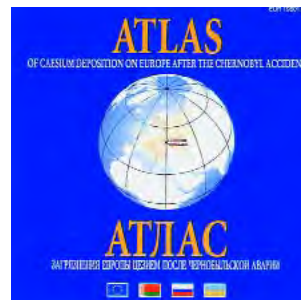
La France paraît par contre responsable de la suppression des **35 000 Bq/m² mesurés à Cruas** : seul le deuxième chiffre, nettement plus faible (9 000 Bq/m²) a été transmis à l'Europe. Ce n'est pas une surprise : le SCPRI avait déjà éliminé cette valeur de ses calculs, faisant ainsi baisser la moyenne de Rhône-Alpes.

Malgré ces différents éclaircissements, certains aspects restent encore inexplicables : l'atlas indique en effet pour la région de **Montbéliard**, une contamination comprise entre 10 000 à 20 000 Bq/m² : ces données sont relativement proches de la réalité (et des estimations de la CRIIRAD) mais le problème c'est qu'elles ne sont basées sur aucun des chiffres qui figurent sur la liste transmise par Monsieur De Cort. La même remarque peut être faite pour l'enclave située au nord de Digne et pour les Alpes-Maritimes. Cette fois, les données de l'atlas sont totalement sous-évaluées, plus faibles encore que celles du SCPRI.

TRISTE BILAN

Le fait que personne ne souhaite cautionner la carte de France de la contamination par le césium 137 n'empêche pas sa diffusion. Tout se passe comme si personne n'était responsable mais que tout le monde se satisfasse de la publication d'un document, certes faux, mais tellement rassurant.

Bien que l'atlas européen soit présenté comme un document de référence, 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.



⁷⁷ Atlas, page 40 : Table B.1 : « summary of data used in compiling the maps of caesium 137 deposition ».

CONCLUSION

L'information aujourd'hui : de la transparence... aux menaces !

DE LA PÉNURIE A LA SURABONDANCE

Quand la CRIIRAD s'est constituée, il y a 16 ans, les laboratoires officiels étaient en situation de quasi-monopole et le secret prévalait. Obtenir les rapports du SCPRI fut un véritable parcours du combattant et c'est à l'étranger que la CRIIRAD dut se procurer les ouvrages de référence sur la radioprotection.

Les choses ont aujourd'hui radicalement changé. La surinformation a succédé à la pénurie. La CRIIRAD reçoit chaque mois des dizaines de rapports officiels, et d'autres, plus nombreux encore, sont disponibles sur internet. Les services officiels ont accompli des progrès considérables en matière de communication, des services spécialisés ont été mis en place et l'opinion publique est surveillée de près, sa perception des risques intensément analysée ⁷⁸.

Il n'est pas question, bien entendu, de regretter le temps des informations distillées au compte-goutte, mais il faut être pleinement conscient des limites de cette « transparence ». Du fait de la multiplication des publications, le rapport de force entre pouvoir et contre-pouvoirs s'est encore accru. Comment faire contre-poids à l'information sécrétée par des centaines de chercheurs payés par des structures plus ou moins impliquées dans la gestion du nucléaire ? Procéder à l'analyse critique d'une seule publication demande du temps, des compétences et de l'argent. Aujourd'hui, le temps d'étudier un rapport et il est presque trop tard pour publier les résultats de l'analyse : l'information est périmée et nul ne se soucie qu'elle soit fausse.

Les structures dédiées à l'information sur le nucléaire se sont elles aussi développées, donnant une **apparence de pluralité**. Le plus souvent, ce sont de simples courroies de transmission des informations élaborées par l'exploitant ou les services de l'Etat ⁷⁹. D'une structure à l'autre, les mêmes résultats, les mêmes conclusions sont repris, reformulés, rediffusés. Créé à la suite de Tchernobyl, en mars 1987, le **Conseil Supérieur de la Sûreté et de l'Information Nucléaires (CSSIN)** est chargé de l'information du public et des media sur toutes les questions relatives au nucléaire. C'est à ce titre qu'il a examiné, en décembre 1997, le premier bilan officiel de l'accident de Tchernobyl établi par l'IPSN à la demande de la DSIN. Les insuffisances de ce travail n'ont pas été identifiées – ont-elles seulement été recherchées ? – et le CSSIN s'est employé à donner plus d'audience aux conclusions, en diffusant une synthèse dépourvue de toute dimension critique.

Certains organismes qui interviennent de plus en plus dans les études de radioprotection et de radioécologie sont en fait des organismes écrans dont l'appellation respire la neutralité, mais qui sont en fait financés par le lobby nucléaire. Le **CEPN** – Centre d'étude sur l'Evaluation et la Protection dans le domaine Nucléaire — a été créé en 1976 sous la forme d'une association à but non lucratif qui ne compte que trois membres : **EDF, Cogéma et CEA-IPSN** ! Les " experts indépendants " sont également une espèce en plein développement. A plusieurs reprises, la CRIIRAD a pu juger, sur le terrain, du travail réalisé par des laboratoires censés n'avoir aucun lien avec le lobby nucléaire. **Les citoyens ont intérêt à vérifier, dans les actes, la réalité des proclamations d'indépendance.**

⁷⁸ L'IPSN a même constitué un " observatoire de l'opinion sur les risques " qui commande régulièrement, depuis 1988, des sondages à l'institut BVA. Dernier rapport reçu par la CRIIRAD : " *Perception des risques et de la sécurité. Résultats du sondage d'octobre 2000* ". IPSN, DPSHD, Service d'évaluation et de gestion des risques.

⁷⁹ C'est notamment le cas de la plupart des Commissions Locales d'Informations mises en place autour des installations nucléaires de base. La CRIIRAD peut témoigner du fonctionnement de la CLI censée informer les populations sur les installations nucléaires du Tricastin (CIGEET) et de la Commission Locale d'Environnement constituée autour du site FBFC de Romans.

DOSSIERS SENSIBLES : LES BLOCAGES DEMEURENT

1986 : LES CONSIGNES DU MINISTÈRE DE L'INTÉRIEUR

" Décourager les moyens privés et locaux de mesure " telle était l'une des trois consignes de base que le ministère de l'Intérieur a donné aux préfets en mai 1986. La CRIIRAD ne l'a découvert qu'en décembre 2001, lorsque son avocat, Maître Curtil ⁸⁰, lui a transmis un document obtenu grâce aux perquisitions diligentes par Madame le Juge Bertella-Geffroy. Il s'agit du compte rendu manuscrit d'une réunion consacrée à la gestion de la crise. Le document est daté du 16 mai 1986 et porte l'en-tête du ministère de l'Intérieur et de la Décentralisation. Ces instructions ministérielles éclairent, rétrospectivement, sur les difficultés rencontrées alors par la CRIIRAD. Plusieurs agriculteurs de la Drôme lui avaient, en effet, indiqué que la préfecture les incitait à attaquer l'association en justice au motif que les informations qu'elle diffusait sur la contamination des produits agricoles, allaient faire baisser leurs ventes. Les analyses contradictoires réalisées en juillet 1986 sur des plantes aromatiques, puis au printemps 1987 sur la viande d'agneau avaient confirmé les chiffres publiés par la CRIIRAD et calmé les velléités de l'Etat.

La situation a-t-elle changé aujourd'hui, à l'heure où les responsables multiplient les déclarations sur la transparence, la citoyenneté et l'indépendance ? Pour éprouver la sincérité des discours, il ne faut pas se reporter aux dossiers consensuels, mais examiner ce qui se passe lorsque l'information dérange, lorsqu'elle est susceptible de léser des intérêts économiques.

1996 – 1998 : L'EXEMPLE DU MERCANTOUR

• Le discours rassurant de l'IPSN

En 1996, dans une *" Note sur les valeurs de radioactivité mesurées dans le haut bassin du Var "*, l'IPSN faisait état de niveaux de contamination très élevés dans le massif du Mercantour (jusqu'à 314 000 Bq de césium 137 par kg de sol à Isola 2000). Le rapport indiquait qu'il s'agissait de *" taches de faible dimension (quelques dm²) "* dont l'existence *" s'explique vraisemblablement par un phénomène de collecte sur une grande surface, un cirque glaciaire par exemple, suivie d'une rétention des radionucléides en un point unique à l'exutoire de ce bassin versant "*. L'IPSN précisait en outre que *" ces lieux étant de faible surface, situés hors des passages fréquentés (sentiers, chemins...), on peut penser que les risques d'irradiation sont extrêmement faibles. "* Le tableau était, somme toute, assez rassurant (cf. schéma) : s'il ne s'agit que de retirer quelques décimètres carré de sol, même très contaminé, par bassin collecteur, quelques coups de pioche devraient suffire à décontaminer le Mercantour.

*"L'impact de l'accident de Tchernobyl en France"
IPSN, EPS Sciences, 1999.*

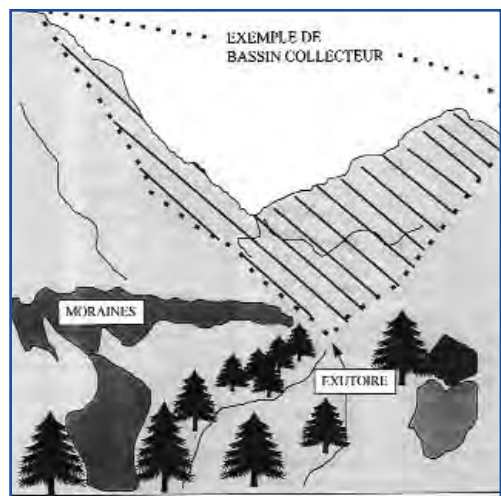


Fig. 5.12. Exemple de bassin collecteur (Maubert, 1996).

• Les vérifications de la CRIIRAD

Afin de vérifier les interprétations de l'IPSN, la CRIIRAD a entrepris, avec l'aide d'un bénévole, André Paris, des investigations en haute montagne. Des échantillons de sol ont été prélevés au niveau des points d'accumulation, lors de prospections conduites pendant la période estivale, en 1996 et 1997, sur l'ensemble de l'arc alpin. Les 40 analyses effectuées montrent que des accumulations existent sur tout l'arc alpin. Les valeurs mesurées dans le Mercantour sont cohérentes avec celles de l'IPSN ⁸¹ : les 3/4 des échantillons ont

⁸⁰ Maître Christian Curtil représente 200 malades de la thyroïde, l'AFMT et la CRIIRAD dans le cadre de la plainte contre X déposée conjointement, le 1er mars 2001, auprès du Tribunal de Grande Instance de Paris.

⁸¹ Mais pas avec ceux de l'OPRI qui a remis, le 10 octobre 1997, au préfet des Alpes-Maritimes, un rapport présentant les résultats d'analyse de 18 échantillons de sol : les niveaux de césium 137 sont compris **entre le non mesurable et 140 Bq/kg frais**. De toute évidence, l'OPRI n'a pas identifié les accumulations détectées par l'IPSN et la CRIIRAD.

une activité en césium 137 supérieure à 10 000 becquerels par kilogramme (Bq/kg) et, pour 8 d'entre eux, une activité supérieure à 100 000 Bq/kg (le maximum s'élève à plus de 540 000 Bq/kg). A ces niveaux-là, **la terre entre dans la catégorie des déchets radioactifs** dits de très faible activité (TFA).

Sur le Mercantour, les chiffres de l'IPSN et de la CRIIRAD convergeaient, **mais pas les interprétations**. Considérés individuellement, les points d'accumulation sont effectivement de faible dimension, généralement inférieurs à quelques mètres carrés, mais ils sont extrêmement nombreux – en aucun cas circonscrit à l'exutoire unique de tout un bassin versant ! Les observations de terrain ⁸² permettent d'expliquer le phénomène par les spécificités de la haute montagne (au delà de 1 500 mètres d'altitude). En mai 1986, les particules radioactives se sont en effet déposées sur le manteau neigeux. Les écoulements liés à la fonte de la neige, les capacités d'absorption du substratum et les conditions de dégel ont ensuite provoqué une **redistribution très hétérogène** de la contamination, générant, en certains points, des concentrations considérables. On trouve ainsi des accumulations dans les combes (très dispersées, et non pas en un point unique) mais aussi à flanc de montagne et même sur des plateaux d'altitude. Dans ces conditions, la décontamination que suggère le schéma de l'IPSN n'est plus envisageable ; on ne peut qu'attendre la décroissance progressive du césium.



Mesures radimétriques au col de la Pisse, dans les Ecrins
Visualisation des accumulations (CRIIRAD, oct. 1997).

On prend ainsi conscience de **l'ampleur d'une catastrophe nucléaire**, de sa capacité à provoquer, à plus de 2 000 kilomètres de distance, des dépôts importants, impossibles à maîtriser et dépendants de conditions météorologiques imprévisibles. Au coeur de magnifiques parcs naturels, dans des espaces que l'on pense préservés et qui sont en fait d'une extrême vulnérabilité, Tchernobyl a pu transformer des morceaux de terre en véritables déchets radioactifs.

• Consensus à l'Assemblée nationale

La CRIIRAD a largement informé les media et demandé aux ministres de l'Environnement et de la Santé, par courrier en date du 7 mai 1997, le contrôle systématique des lieux les plus fréquentés (aire de pique-nique, parking, berges de lac...) et un suivi régulier sur les produits forestiers, notamment les champignons. Ces interventions n'ont pas été appréciées par certains élus, inquiets des retombées négatives sur le tourisme de la région.

Monsieur Christian Estrosi, député des Alpes-Maritimes, a notamment interpellé madame Martine Aubry, alors ministre de l'Emploi, des Affaires sociales et de la Santé, le 6 mai 1998, dans le cadre des questions au gouvernement. Évoquant une **"volonté de déstabilisation touristique"**, le député a rappelé que, pour l'IPSN et l'OPRI, la situation du Mercantour pouvait être comparée à celles des zones granitiques françaises, telles le Massif central ou la Bretagne. S'appuyant sur ces mêmes organismes, madame Aubry a confirmé, dans sa réponse, que la radioactivité présente sur *"certaines poches"* ne générerait qu'une **"exposition supplémentaire minime (...) 1% de plus que la radioactivité naturelle."** Des déclarations totalement erronées – au-dessus de certaines accumulations, les débits de dose sont, en effet, 10, 20, 50 fois supérieurs au bruit de fond naturel — mais qui ont eu le mérite de satisfaire l'Assemblée.

Dans les mois qui suivront, des menaces de procès parviendront à la CRIIRAD, mais le dossier sera provisoirement ⁸³ apaisé, les élus ayant obtenu de l'IPSN l'organisation de réunions d'information sur la "véritable" situation du Mercantour.

⁸² Cf. ci-après, pages 77 à 79, les commentaires d'André Paris sur les accumulations en haute montagne.

⁸³ A l'initiative de monsieur Bernard Kouchner, alors secrétaire d'Etat à la Santé, et en sa présence, une campagne de mesure associant l'OPRI et la CRIIRAD sera organisée dans le Mercantour en août 1998.

- Les enjeux de la conférence de presse

Le 24 avril 2001, pour l'anniversaire de la catastrophe de Tchernobyl, la CRIIRAD organisait une conférence de presse afin de présenter le résultat du travail cartographique entrepris avec un bénévole, agronome et géologue de formation, monsieur André Paris. Les relevés montraient, 15 ans après l'accident, l'omniprésence et la persistance du césium 137. Grâce à la sélection de sols ayant de bonnes capacités de conservation de la contamination, ce travail donnait une bonne approximation de la distribution spatiale des retombées de Tchernobyl, permettant d'identifier les localités les plus touchées et celles qui ont été plutôt épargnées. Ces résultats venaient conforter les précédentes évaluations de la CRIIRAD en leur donnant la couverture géographique qui leur manquait.

La collecte de ces nouveaux éléments de preuve — avant leur disparition de l'environnement — était d'autant plus précieuse que, deux mois plus tôt, 53 malades de la thyroïde, l'Association Française des Malades de la Thyroïde et la CRIIRAD avaient déposé **une plainte contre X devant la juridiction pénale, des chefs, notamment, d'empoisonnement et d'administration de substances nuisibles**. Or, il est impossible de prouver que le cancer de telle ou telle personne a été induit par son exposition aux retombées de Tchernobyl. Seules des **études épidémiologiques** sont susceptibles d'apporter des preuves statistiques. Leur réalisation est délicate et exige notamment de disposer de **cartes fiables** de la contamination.

Du côté des services officiels, ce n'est toujours pas le cas. Dans un rapport publié en décembre 2000, l'IPSN et l'Institut de Veille Sanitaire (InVS) ont estimé que, dans le groupe des enfants qui avaient moins de 15 ans en 1986 et qui habitaient 21 départements de l'Est de la France, les retombées de Tchernobyl pourraient induire, entre 1991 et 2015, de **7 à 55 cancers de la thyroïde**. Un dérivé qu'il ne serait pas possible de détecter compte tenu du nombre de cancers de la thyroïde dits "spontanés" (estimés à 899) et qui pourrait d'ailleurs être égal à **zéro**. Or, ces calculs reposent sur les cartes de contamination établies par l'IPSN à partir des chiffres erronés du SCPRI (dépôts sous-évalués et classement incohérent des départements).

- Le reportage de TF1 met le feu aux poudres

Le jour de la conférence de presse, **TF1** diffusait un reportage annonçant que *"des sols français sont encore contaminés par du césium 137"*. La journaliste précisait *"qu'en Provence-Côte-d'Azur et à Sisteron, en particulier, on atteint des records"*. Interviewé au pied de la citadelle, André Paris déclarait que l'activité du césium 137 était comprise, sur cette zone, **entre 35 000 et 40 000 Bq/m²**. Il rapprochait ces résultats de ceux obtenus à Kiev, en Ukraine, à 130 kilomètres de Tchernobyl, avec le même matériel et la même méthodologie, soit **25 000 Bq/m²**.

La CRIIRAD — qui n'avait pas été informée de la réalisation de ce reportage, le 22 avril, et n'y avait pas participé — apprenait, peu après, par les médias la décision du maire de Sisteron, Monsieur Daniel Spagnou, de déposer plainte contre elle. Les sommations interpellatives délivrées par voie d'huissier et les courriers de Maître Luciani, avocat de la municipalité, se sont alors succédés, enjoignant à la CRIIRAD de répondre à différentes questions sur ses mesures, le déroulement du reportage, son opinion sur les travaux de l'IPSN et... la radioactivité naturelle du corps ! Soucieuse de présenter ses résultats, mais refusant de se soumettre à des sommations qui relevaient plus de l'intimidation que d'un réel désir d'information, la CRIIRAD proposa, à plusieurs reprises, des réunions de travail à Sisteron ou à Valence et des démonstrations sur le terrain. En vain. Toute discussion était impossible et le dossier devait aller en justice.

- Une première intervention de l'IPSN

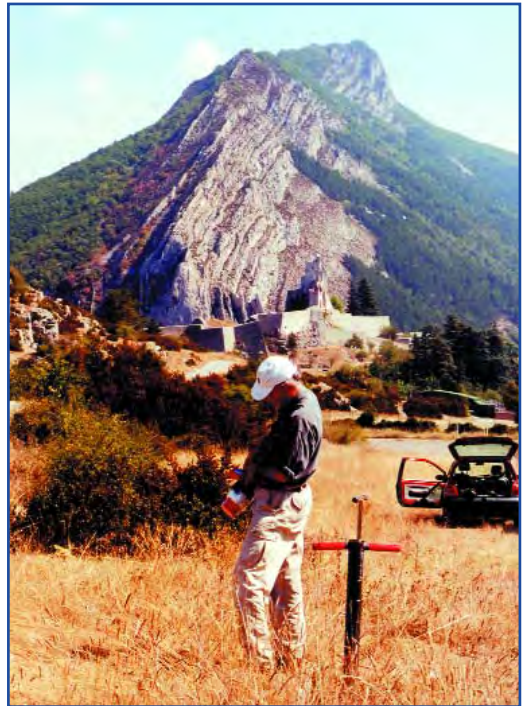
À la fin de l'été, Sisteron réapparaît dans les médias à l'initiative, cette fois, de l'IPSN. Une dépêche AFP du 3 septembre 2001 annonce comme un « scoop » ce que la CRIIRAD affirme depuis 1987 : la forte contamination de la Corse. Lors d'un congrès international qui se tient à Aix-en-Provence, Monsieur Philippe Renaud, directeur du laboratoire d'études radioécologiques continentales et de la Méditerranée, explique que *"la Corse, en particulier dans sa partie orientale (Aléria à Porto Vecchio) est en France parmi les zones les plus affectées par l'accident de Tchernobyl (...). La raison en est qu'il a plu énormément dans la première semaine de mai 1986 et que la pluie a engendré des dépôts radioactifs très forts de césium 137, aussi forts qu'à Vaison-la-Romaine, Sisteron, ou certaines zones du Jura qui ont également connu des précipitations très importantes à la même époque (...). Sur les sites les plus arrosés, des dépôts allant de 20 000 becquerels/m² à plus de 35 000 Bq/m² ont été calculés par l'IPSN"*. Curieusement, ces déclarations ne provoquent aucune réaction, du moins publique, de la part de la municipalité de Sisteron.

• " *La CRIIRAD dans la ligne de mire* "

C'est sous ce titre que le Dauphiné Libéré annonce l'intention de monsieur Spagnou de déposer plainte auprès du tribunal de grande instance de Digne pour "*délit de fausses nouvelles de nature à troubler la paix publique*" (!). La plainte est déposée le 21 septembre et la presse précise que la décision a été prise "*sur la foi de relevés contradictoires effectués par l'IPSN et portant sur des mesures variant entre 13 400 et 16 200 Bq/m²*".

• " *la CRIIRAD persiste et signe.* "

Le 10 octobre 2001, la CRIIRAD organise, le matin, une conférence de presse pour présenter le résultat de son **analyse critique de l'atlas de contamination des sols en césium 137 publié par la Commission Européenne**. L'après-midi, des relevés sont effectués à Sisteron, en présence des journalistes, afin de prouver, mesures à l'appui, l'aberration des chiffres publiés par l'Europe. Les relevés confirment les précédentes mesures : là où de bonnes conditions de préservation des dépôts sont réunies, les sols présentent des activités comprises entre **23 000 et 44 000 Bq/m²**. Pour obtenir des valeurs fiables, il faut éviter les zones d'accumulation – qui conduiraient à sur-évaluer les dépôts (les résultats dépassant alors 100 000 Bq/m²) – et les zones où les déperditions de césium 137 sont importantes, ce qui conduirait à sous-évaluer les retombées (les résultats variant entre 10 000 et 20 000 Bq/m²). Les investigations montrent clairement qu'il est impossible de trouver des valeurs aussi faibles que celles mentionnées dans l'atlas européen (**de 1 400 à 2 800 Bq/m²**)⁸⁴ et que les résultats de l'IPSN (**de 13 000 à 17 000 Bq/m²**)⁸⁵ ne sont certes pas aberrants, mais conduisent à sous-évaluer les dépôts initiaux.



Sisteron, septembre 2000 : mesures par spectrométrie portable réalisées par André Paris sur la zone où la CRIIRAD effectue un carottage de sol.

La CRIIRAD espérait que l'instruction de la plainte permettrait de confirmer publiquement la fiabilité de ses évaluations. Le 11 janvier 2002, le juge a malheureusement délivré un non lieu, pour cause de prescription.

Il est intéressant de noter qu'à ce jour, aucun élu n'a intenté d'action contre les organismes qui ont sous-évalué la contamination provoquée par Tchernobyl. Si l'on considère les cartes du SCPRI ou l'atlas européen, le délit de « fausse nouvelle » est pourtant patent. Le fait de minorer les risques ne semble pas de nature à troubler la paix publique.

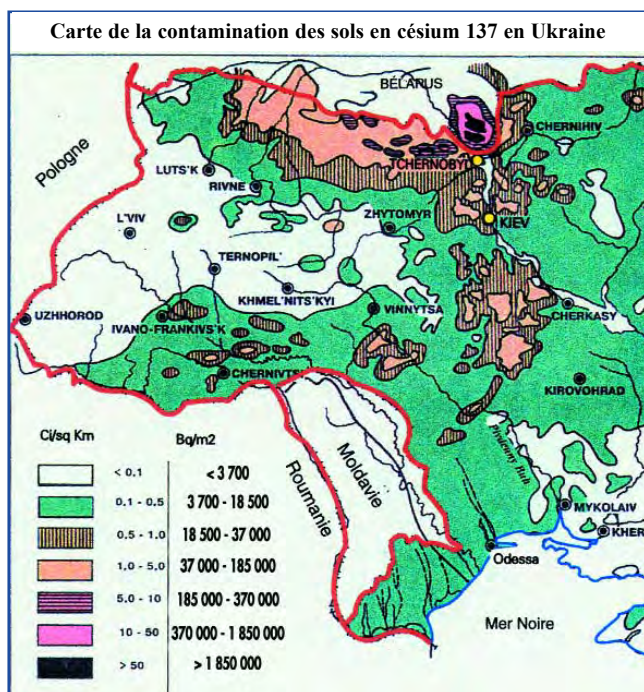
DE LA FRANCE ... À L'UKRAINE ET AU BÉLARUS.

SISTERON AUSSI CONTAMINÉ QUE KIEV ?

La contamination par le césium (ce n'est pas vrai des transuraniens ni des produits de très courte période) ne décroît pas proportionnellement à l'éloignement. C'est une des leçons de l'accident de Tchernobyl. La carte présentée page suivante a été publiée par l'Académie Nationale des Sciences de l'Ukraine. Les zones figurées en blanc correspondent à des dépôts de césium 137 inférieurs à 3 700 Bq/m². Les zones les plus étendues, représentées en vert, ont reçu des dépôts compris **entre 3 700 et 18 500 Bq/m²**. Ces valeurs sont comparables à celles mesurées par la CRIIRAD dans une grande partie de l'Est de la France (cf. page 26). Le secteur de Kiev (figuré en orange hachuré) est classé dans la fourchette **18 500 à 37 000 Bq/m²**. Des retom-

84 L'Atlas européen annonce des dépôts de 2 000 à 4 000 Bq/m² en 1986 ; en 2001, environ 30 % du césium 137 se sont désintégrés, les valeurs maximales attendues (il faudrait aussi tenir compte des transferts) sont donc comprises entre 1 400 à 2 800 Bq/m².

85 D'après certaines sources, les résultats de l'IPSN seraient compris entre 13 400 et **24 200 Bq/m²** (au lieu de 16 200).



Source : « Chornobyl catastrophe », Kiev, 1997.

... MAIS LA FRANCE N'EST PAS L'UKRAINE, ENCORE MOINS LE BÉLARUS !

La lecture de la carte d'Ukraine montre toutefois, et très clairement, que les retombées de césium 137 augmentent très vite au nord de Kiev, atteignant des valeurs que l'on ne rencontre en aucune région de France : les codes couleurs indiquent plus de 185 000, plus de 370 000 et même plus de 1 850 000 Bq/m² !

Le problème, c'est que des résultats portant sur les **accumulations** de radioactivité dans les Alpes ont parfois été utilisés pour comparer la contamination du Mercantour à celle de la zone interdite ! Au dos de la couverture de l'ouvrage « *Ce fameux nuage... Tchernobyl* »⁸⁶, on peut lire que "certains endroits de France comme la forêt du Boréon et le Massif du Mercantour, sont contaminés à plus de **800 000 Bq/m²** en césium 137. La **Zone Interdite**, sous haute surveillance, de Tchernobyl est contaminée à **555 000 Bq/m²**. En France, il s'agit de sites touristiques !".

Plusieurs scientifiques, dont la CRIIRAD, ont demandé à l'auteur de rectifier ces comparaisons. L'ouvrage a été réédité et le visuel de la couverture modifié mais le texte n'a pas été corrigé. Il est essentiel de comprendre qu'on ne peut comparer une valeur qui représente la quantité de césium 137 qui s'est déposée sur une région avec une valeur qui exprime l'accumulation **ultérieure** des dépôts en un **point localisé**.

Considérons un secteur qui a reçu au moment de Tchernobyl un dépôt de césium 137 de **5 000 Bq/m²**. Imaginons une surface de sol de 10 mètres carrés occupée à 99 % par un affleurement rocheux. Du fait de la présence de surfaces imperméables et inclinées, la pluie va ruisseler sur la roche et entraîner les dépôts de radioactivité vers le seul espace de terre disponible où la radioactivité va se concentrer. Si on effectue une mesure sur ce point d'accumulation, on obtiendra une valeur de **500 000 Bq/m²**, **100 fois plus que le dépôt réel** ! Ce chiffre **ne devra pas** être utilisé comme représentatif du dépôt initial et des risques qu'il a entraînés, mais de phénomènes d'accumulation postérieurs.

Dans les zones de Bélarus, d'Ukraine ou de Russie qui ont dû être évacuées, ce sont les **dépôts moyens** qui peuvent atteindre des **millions de becquerels par mètre carré**. Par ailleurs, ces régions ont été contaminées par bien d'autres radionucléides que le césium 137, en particulier par des transuraniens, des produits très radiotoxiques et de très longue période radioactive (le plutonium notamment). En aucune région de France, la contamination n'a nécessité des mesures de relogement. **Les dommages subis par les populations du Bélarus et d'Ukraine sont sans commune mesure avec ce qui s'est passé dans l'hexagone.**

86 " *Ce fameux nuage, Tchernobyl* ", Jean-Michel Jacquemin, éditions Sang de la terre, 1998, réédité en 1999.

De la France... au Bélarus : combats pour la vérité et la justice

En Bélarus, pays le plus touché par Tchernobyl, près de 2 millions de personnes – dont 500 000 enfants – vivent encore dans des régions très contaminées. Pour préserver, autant que faire se peut, leur état de santé, il faut fixer des limites sur la contamination des aliments et sur le niveau de dose nécessitant un relogement en zone propre. **Plus les limites sont basses, meilleure est la protection... mais plus les coûts de gestion augmentent. Qui arbitre, et sur quels critères, entre ces intérêts contradictoires ?**

ÉLEVATION DES LIMITES ET BAISSSE DES DÉPENSES

Après l'accident, un débat s'est rapidement engagé sur le niveau de dose, et donc de risque, que l'on pouvait qualifier d'acceptable : les experts soviétiques se référaient à l'ancienne limite de **5 mSv/an** (soit 350 mSv sur la vie) ; les médecins et scientifiques bélarus demandaient l'application de la nouvelle limite de **1 mSv/an** (soit 70 mSv sur la vie), recommandée depuis 1985 par la CIPR pour tenir compte d'un effet des rayonnements plus important qu'on ne le pensait dans les années 70.

Le lobby nucléaire a mobilisé tous ses experts sur cet enjeu essentiel et fini par l'emporter : c'est désormais une limite de **15 à 20 mSv/an** (ou 1 000 mSv sur la vie) qui est recommandée ⁸⁷ par les instances internationales. Ce niveau de dose jugé " acceptable " par les experts, correspond, par année d'exposition et pour 2 millions de personnes exposées, à un détriment de **1 500 à 2 000 cancers mortels** ⁸⁸ – auquel s'ajoutent les cancers dits guérissables et les maladies génétiques (sans compter les pathologies qui ne sont pas encore officiellement reconnues).

Des économies ont également été réalisées du côté des enfants. Dès 1987, les experts ont modifié les coefficients fixés pour le césium radioactif : ils estiment désormais que les enfants ⁸⁹ reçoivent, à incorporation égale, une dose comparable à celle des adultes : leurs organes ont une masse inférieure à celle des adultes mais **ils éliminent beaucoup plus rapidement le césium qu'ils incorporent**. Ceci compensant cela, ils reçoivent, au final, une dose équivalente. **Il est donc inutile de fixer pour eux des limites d'incorporation plus sévères qui entraîneraient nécessairement des mesures de protection plus onéreuses.**

DE COURAGEUX " GRAINS DE SABLE "

C'est à des conclusions totalement opposées qu'aboutissent des scientifiques et des médecins qui se battent pied à pied, sur le terrain, pour limiter les incorporations et soulager la souffrance des victimes.

LE PROFESSEUR YOURI BANDAZHEVSKY

Les recherches entreprises par le professeur Bandazhevsky portent sur des milliers d'enfants et d'adultes, étudiés en fonction de leur âge, de la contamination de leur lieu de résidence et des quantités de césium qu'ils ont incorporées. Sur la base d'examens médicaux, d'analyse d'organes lors d'autopsies et d'expériences sur les animaux, il a démontré **le danger que représentent les incorporations chroniques de produits radioactifs** (en particulier le césium et le strontium). Comme le myocarde concentre fortement le césium, l'appareil cardio-vasculaire est particulièrement exposé. La fréquence et l'intensité des atteintes (structurelles et métaboliques) augmentent proportionnellement à la quantité de césium accumulée et peuvent entraîner des dommages sérieux, allant jusqu'à la mort. La contamination affecte également le foie, les reins, les organes endocriniens et le système immunitaire (d'où l'augmentation des maladies infectieuses).

Contredisant l'opinion et les décisions des experts, **les analyses démontrent que les plus atteints sont les enfants** car ils accumulent, beaucoup plus que les adultes, le césium présent dans leur alimentation.

⁸⁷ Recommandations de la Commission Internationale de Protection Radiologique de 1991, confirmées en 1999, dans sa publication n° 82 : " *Protection of the public in situations of prolonged radiation exposure* ". Pour la fixation de ces normes, la France était représentée par l'IPSN. Les autorités bélarussiennes et ukrainiennes ont, à ce jour, refusé de s'aligner sur ces valeurs.

⁸⁸ Calculs sur la base du modèle linéaire sans seuil (jugé le plus probable) et des facteurs de risques officiels (5×10^{-2} / Sv).

⁸⁹ Ceci ne s'applique pas aux nourrissons.

C'est le cas de tous les organes étudiés et la différence est particulièrement marquée pour le cœur et la thyroïde. Le fœtus est également irradié du fait de l'accumulation du césium dans le placenta.

LE PROFESSEUR VLADIMIR NESTERENKO

Directeur de l'Institut indépendant Belrad, le professeur Nesterenko a mis en place, entre 1990 et 1993, 370 centres de contrôle radiologique installés, au plus près de la population, dans les villages les plus contaminés. Les centaines de milliers de mesures qu'il a effectuées sur la chaîne alimentaire et sur les personnes constituent une base de données irremplaçable. Les mesures de charge corporelle démontrent que les organes des enfants ont des taux de césium 137 nettement supérieurs à ceux des adultes. Cela s'explique par la masse plus petite de leurs organes et par un métabolisme plus actif. De toute évidence, contrairement à la vision optimiste des « experts », le corps des enfants incorpore le césium plus vite qu'il ne l'élimine. Sur la base de ces observations, le professeur Nesterenko a demandé **qu'une limite inférieure à celle des adultes soit fixée pour les enfants : 0,3 mSv/an au lieu de 1 mSv/an**. Cette demande constitue un véritable pavé dans la mare du lobby nucléaire qui a fait adopter une limite 50 à 70 fois supérieure (**de 15 à 20 mSv/an**) et applicable à tous quel que soit leur âge !

L'Institut Belrad a également testé l'efficacité des compléments alimentaires qui accélèrent l'élimination du césium et obtenu des financements pour les mettre à disposition des populations.

Les travaux des professeurs Nesterenko et Bandhazevsky montrent que notre système de radioprotection – très largement basé sur les connaissances acquises après les bombardements d'Hiroshima et Nagasaki – méconnaît les effets des incorporations chroniques de radionucléides, qui s'avèrent très différents de ceux que génère une irradiation externe intense et brève.

La gravité des effets qu'ils ont observés interdit la révision à la hausse des limites de dose et exige, au contraire, des mesures draconiennes pour la protection sanitaire des habitants des zones contaminées.

" UN AVENIR POSITIF " DISENT LES EXPERTS ⁹⁰

Malgré l'accumulation des preuves, le discours dominant maintient que les effets des rayonnements ionisants sont parfaitement connus et que toutes les normes ont été calculées avec des marges de sécurité considérables. Les bilans officiels continuent d'ignorer les pathologies recensées par les médecins de terrain. Si l'attitude des organismes internationaux n'est pas déterminée par une approche scientifique ni par le souci d'assurer une protection maximale aux victimes, c'est que toutes ces structures sont impliquées dans le développement du nucléaire.

L'Agence Internationale de l'Energie Atomique (AIEA), organisme dépendant des Nations unies, est statutairement chargée de **promouvoir** les applications civiles du nucléaire. Les experts européens, dits experts EURATOM, sont désignés par les Etats signataires d'un traité datant de 1959 dont l'article premier pose comme principe que **la paix et la prospérité passent par le développement du nucléaire civil**. On aurait pu espérer l'intervention des médecins de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) mais depuis 1959, cet organisme est lié à l'AIEA par un traité contre nature qui stipule que tout ce qui touche aux conséquences sanitaires d'un accident nucléaire doit être réglé d'un commun accord !

Officiellement, Tchernobyl n'est donc responsable que d'une quarantaine de morts. Hormis 1 800 cancers de la thyroïde en excès (des cancers que l'on dit " rarement mortels "), rien n'est à déplorer... si ce n'est l'impact du stress et de la radiophobie. Ce bilan rassurant est relayé dans chaque pays par les officines du lobby nucléaire et les services officiels spécialisés. On le retrouve, en France, dans les rapports de l'IPSN et de l'OPRI. **Convaincre l'opinion publique du caractère anecdotique des conséquences de Tchernobyl implique cependant de faire taire les voix divergentes.**

QUAND TOMBENT LES SANCTIONS...

Le 7 juillet 1999, sur la base d'accusations de corruption, le professeur **Bandazhevsky** a été arrêté et destitué. Emprisonné pendant 6 mois, libéré grâce, notamment, à l'intervention d'Amnesty international, il a

⁹⁰ " On peut considérer que, du point de vue de la santé, un avenir positif attend la plupart des individus " tel est le pronostic posé, en 2000, par l'United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, pour les habitants des zones contaminées.

été jugé et **condamné à 8 ans de prison ferme** (malgré la rétractation de témoins qui ont déclaré avoir agi sous la contrainte !).

Les laboratoires mis en place par le Professeur **Nesterenko** ferment les uns après les autres. Par manque de crédit (et du fait de difficultés créées par le ministère de la **Santé** !), il n'y plus que 23 centres en sur-sis. L'opinion est cependant priée de ne pas s'inquiéter de la disparition programmée de ces sources d'information : de nouveaux experts, financés par l'argent des contribuables européens, vont prendre le relais. Parmi eux, le CEPN, l'association qui rassemble la Cogéma, le CEA-IPSN et l'EDF !

L'avenir dépend aussi de vous !

Il n'y a eu, en France, ni procès monté de toutes pièces, ni arrestation sommaire ... mais qui peut garantir que l'État français n'aurait pas eu recours à des procédés analogues si la contamination de notre territoire avait atteint celle du Bélarus ? Lorsque l'on considère les moyens mis en oeuvre, depuis 1986, pour maintenir les Français dans la désinformation, le nombre de personnes et d'organismes impliqués, l'incroyable passivité devant les incohérences des rapports, l'impunité totale dont ont bénéficié tous les acteurs, y compris ceux qui ont falsifié les textes de radioprotection... il est difficile d'être optimiste.

De ce tableau très noir, émergent cependant quelques notes d'espoir.

En France, comme en Bélarus, comme dans tous les pays où les autorités ont fait prévaloir la raison d'État et les impératifs économiques sur les droits et la santé des personnes, des citoyens ont décidé de se battre pour que la vérité et les responsabilités soient établies.

Au coeur de la Balagne, c'est un simple médecin de campagne, Denis Fauconnier, qui décide de prélever du lait, qui exige des analyses, demande des comptes et publie, malgré les intimidations et les moqueries, ses observations sur l'augmentation des pathologies thyroïdiennes.

Dans le sud de la Drôme, ce sont quelques 300 personnes qui se réunissent, fondent la CRIIRAD et gagnent le pari, un peu fou, de monter le premier laboratoire d'analyse de la radioactivité indépendant de l'Etat et du lobby nucléaire.

Au nord de Gap, c'est un simple particulier, André Paris, qui ne compte pas son temps et parcourt, bénévolement, plus de cent mille kilomètres afin de cartographier la contamination des sols.

Venus de toute la France, ce sont plus de 200 malades de la thyroïde, qui décident de saisir la justice, malgré leur fatigue et leur handicap, bien que la procédure menace d'être longue, bien que rien ne soit gagné car les cancers induits par Tchernobyl n'ont pas de signes distinctifs.

Cette liste n'est pas exhaustive mais chaque exemple nous montre que, malgré la disproportion des forces, il est toujours possible d'agir.

L'avenir est entre nos mains. À chacun de choisir, en conscience, de fermer les yeux ou de se battre. Nous devons aux victimes de Tchernobyl de tout mettre en oeuvre pour que justice soit rendue et que soient établies les véritables conséquences de la catastrophe.

Ce texte est dédié au professeur Youri Bandazhevsky, qui paie de sa liberté et de sa santé, le combat qu'il mène pour notre protection.



Pour soutenir Youri Bandhazevsky, contacter la CRIIRAD, 471 av. V. Hugo, 26000 Valence (bureaucriirad@freesbee.fr).

Contribution du laboratoire de la CRIIRAD à la réalisation de l'atlas

Bruno Chareyron,
ingénieur en physique nucléaire,
responsable du laboratoire de la CRIIRAD

RÉSUMÉ

Le laboratoire de la CRIIRAD, qui est agréé par le Ministère de la Santé pour la mesure de la radioactivité dans l'environnement et la chaîne alimentaire, a procédé à un certain nombre d'intercomparaisons afin de valider la méthodologie de terrain mise en oeuvre par André Paris pour la réalisation de l'**Atlas des niveaux résiduels de césium 137 dans les sols, en 1999-2001**. Pour les 7 sites testés, dont la contamination en césium 137 est supérieure à 10 000 Bq/m², l'incertitude liée aux mesures directes sur le terrain est de 30 % environ. Par contre, pour des sols à plus faible contamination, les résultats des mesures de terrain doivent être considérés a priori comme des **ordres de grandeur**.

La "*contamination uniformément répartie*" mesurée par André Paris est en fait celle de sols sélectionnés pour garantir à la fois une bonne conservation du césium (sols forestiers et pelouses naturelles à l'exclusion des sols pâturés et cultivés) et l'absence de phénomènes d'accumulation (aucun site tel que pied de hêtre, fond de doline, site préférentiel de passage des eaux de fonte de neige en milieu montagnard, etc.). **À proximité des stations retenues pour élaborer les cartes, on pourra donc trouver des sols dont la contamination résiduelle actuelle est inférieure et parfois, au contraire, des points d'accumulation plus fortement contaminés.**

Les cartes établies entre 1999 et 2001 par André Paris donnent, pour chaque site étudié, l'ordre de grandeur de **la contamination actuelle**. Il s'agit d'une vision légèrement déformée et sous-évaluée de la situation de 1986 compte tenu d'une part, de la décroissance physique du césium 137 (moins 30 %) et d'autre part, d'une disparition supplémentaire liée au type de sol et à son utilisation. Globalement, on peut estimer que sur la majorité des sols de France continentale retenus pour l'atlas, **le niveau de contamination en césium 137 devait être en 1986, au moins 2 fois plus important que les chiffres donnés dans l'atlas, compte tenu de la décroissance physique du césium 137 et de son élimination par transfert. La perte de césium a pu cependant être beaucoup plus importante sur certains types de sols, comme en Corse. D'une façon générale, la contamination relative d'une portion du territoire par rapport à une autre est restituée a priori fidèlement pour la France continentale.**

Cette cartographie retrouve le schéma global défini par les travaux de la CRIIRAD antérieurs à 1992 et présentés au chapitre précédent, c'est-à-dire le fait que **l'est de la France, de la Corse à l'Alsace a été plus fortement contaminé que l'ouest du territoire, avec une forte hétérogénéité locale liée en partie à la pluviosité du début du mois de mai 1986.**

L'atlas 1999-2001 n'est, bien sûr, pas exhaustif mais il apporte, par la densité de points, un niveau de représentativité géographique précieux. **Dans le sud-est de la France en particulier, la densité des stations de mesure permet de proposer une présentation en continu des niveaux de contamination résiduelle du sol.** Dans l'ouest, les stations de mesure sont plus espacées. Dans tous les cas, il est probable que des prospections ultérieures révéleront, localement, des zones sensiblement plus contaminées que les stations retenues pour l'atlas.

L'atlas 1999-2001 permet par ailleurs une comparaison avec d'autres pays européens. On remarquera que **le nord de l'Italie et l'Autriche ont été et restent plus contaminés que la France, mais aussi que de vastes portions de l'est du territoire français - situées pourtant à plus de 2 000 km de Tchernobyl - sont plus touchées que les secteurs étudiés de Hongrie ou de Slovaquie.** Ce constat souligne l'amplitude de la catastrophe en terme de dispersion de la contamination.

PRÉSENTATION DE L'ATLAS 1999-2001

Les données obtenues par le laboratoire de la CRIIRAD, à partir des analyses de sol réalisées de 1987 à 1993 méritaient d'être complétées sur un certain nombre de plans et en poursuivant les objectifs suivants :

- obtenir une image actualisée de la contamination des sols, les dernières campagnes de carottages effectués par la CRIIRAD datant de 1993, à l'exception d'un suivi des sols de la région Alsace en 1998,
- avoir une couverture plus dense du territoire Français, les points originaux (environ 170 carottages) n'étant pas représentatifs de variations à l'échelle locale¹,
- comparer la contamination mesurée en France à celle des pays voisins, en particulier sur une trajectoire ouest est aboutissant en Ukraine dans la zone interdite,
- répondre au discours officiel de la fin des années 90 qui laissait croire que les retombées de Tchernobyl ne seraient mesurables, en France, que sous forme de rares taches isolées.

Le présent exposé constitue une introduction à l'atlas élaboré par André Paris. Il a pour objet de présenter :

1. La démarche qui a sous-tendu le projet de cartographie de la contamination résiduelle des sols par le césium 137.
2. Les mesures effectuées par le laboratoire de la CRIIRAD pour valider la méthodologie de terrain mise en œuvre par André Paris (cette partie de l'exposé est relativement technique).
3. Les recommandations formulées par la CRIIRAD pour que le lecteur puisse interpréter correctement l'atlas d'André Paris et en saisir la pertinence et les limites.
4. Quelques notions sur les conséquences de la contamination résiduelle des sols par le césium 137.

ENCADRÉ E1

LES PRINCIPAUX RADIONUCLÉIDES ARTIFICIELS PRÉSENTS À LA SURFACE DU SOL AVANT 1986

Le césium 137, comme le strontium 90 ou les isotopes du plutonium n'existent pas^a dans la nature. Au début du 20^{ème} siècle, leur activité dans le sol était égale à zéro.

Du fait de l'exploitation du nucléaire civil mais surtout du fait des essais nucléaires atmosphériques des années 50 / 60, de nombreux radionucléides ont été rejetés dans l'atmosphère et en grande quantité.

En 1986, avant les dépôts radioactifs consécutifs à l'accident de Tchernobyl, un certain nombre de ces radionucléides étaient encore présents dans la couche superficielle des sols du fait de leur période physique relativement longue (carbone 14, césium 137, strontium 90, plutonium 239, américium 241, etc).

Le Comité Spécial des Nations Unies sur l'Effet des Rayonnements Ionisants (UNSCEAR 1982) a estimé^b pour certains de ces radionucléides à vie longue, les dépôts intégrés dans la zone tempérée de l'hémisphère nord suite aux tirs aériens (cf tableau TA ci-dessus).

Le césium 137 est un des seuls^c, parmi ces radionucléides, à émettre des rayonnements gamma en se désintégrant, ce qui le rend facilement détectable par spectrométrie gamma de terrain ou en laboratoire.

Tableau TA : dépôts intégrés des principaux radionucléides à vie longue produits lors des essais nucléaires atmosphériques* (données UNSCEAR)

Radionucléide	Période	Dépôt intégré dans la zone tempérée de l'hémisphère nord suite aux tirs aériens (Bq/m ²)
Césium 137	30,2 ans	5 200
Strontium 90	28,2 ans	3 200
Plutoniums 239 et 240	24 100 et 6 537 ans	58
Plutonium 238	87,7 ans	1,5 et 4,3 (*)

(*) La destruction dans l'atmosphère le 21 avril 1964, d'un générateur au plutonium 238 d'un satellite américain a ajouté 17 000 Curies de plutonium 238 dans la troposphère aux 9 000 Curies attribuées aux retombées nucléaires des tirs aériens. Aussi, le dépôt intégré dû aux retombées atmosphériques en plutonium 238 est estimé à 4,3 Bq/m² depuis 1964.

^a En tout cas pas de façon significative. On peut supposer que des traces infimes existent du fait de la fission spontanée de l'uranium, ou de façon plus spectaculaire dans le cas de réactions de fission particulières (cas d'Oklo au Gabon ou de Cigar Lake au Canada).

^b Données correspondant à des latitudes comprises entre 40° et 50° Nord. Près de 94 % de ces dépôts proviennent des tirs américains et surtout soviétiques réalisés entre 1950 et 1962. Les contributions postérieures de la France (jusqu'en 1974) et de la Chine (jusqu'en 1980) ne représentent que 6 % de ce dépôt.

^c L'américium 241 (période physique 432,7 ans), émetteur de rayonnements alpha et gamma peut également être détecté par spectrométrie gamma. Il est produit par la désintégration du plutonium 241 (période physique de 14,4 ans), dont la disparition progressive provoque une augmentation de l'activité en américium 241 dans les sols.

¹ Les carottages réalisés par le laboratoire de la CRIIRAD ont montré, en effet, qu'à l'échelle d'un département, on pouvait observer un facteur de variation égal à 30 entre les secteurs les plus et les moins touchés. Ces variations sont essentiellement liées à la pluviosité du 1 au 5 mai 1986.

1 / ÉLABORATION DU PROJET

Lorsque André Paris, agronome et géologue de formation, a entrepris, durant l'été 1999, la réalisation d'un atlas de la contamination des sols par le césium 137, c'est avec enthousiasme que la CRIIRAD a décidé d'apporter un soutien scientifique et logistique à ce projet. L'association s'emploie, en effet, depuis sa création, à faire toute la lumière sur l'impact des retombées de Tchernobyl et son laboratoire a réalisé, depuis 1987, des centaines d'analyses de sol.

1.1 LES MESURES DE FLUX GAMMA ET LA RECHERCHE DES POINTS D'ACCUMULATION DANS LES ALPES (1996-1998)

Au milieu des années 90, dans le cadre d'un travail environnemental franco-italien portant sur le Sud-Est de la France, André Paris s'est trouvé confronté aux interrogations des habitants concernant la contamination de leur environnement. Dans le Mercantour, des témoins faisaient état de la venue de techniciens en tenue spéciale pour collecter des échantillons de sol. Parallèlement, la CRIIRAD prenait connaissance d'une note rédigée par l'Institut de Protection et de Sécurité Nucléaire signalant, dans cette même région, des taches de contamination élevées (314 000 Bq de césium 137 par kg de sol). Il fut donc convenu que des efforts seraient entrepris pour retrouver précisément le site de prélèvement et approfondir la question.

Munis de petits compteurs Geiger grand public², André Paris et ses collègues — Thierry Constantin-Blanc et Charles-Henri Tavernier — ont rapidement repéré, en milieu alpin, de très nombreux secteurs présentant un fort niveau de rayonnement gamma. Les échantillons de sols prélevés au cours des prospections réalisées en 1996-1997 dans le **Mercantour et les Écrins** ont été analysés par le laboratoire de la CRIIRAD. Les résultats ont confirmé qu'il s'agissait³ bien d'une pollution par du césium 137 imputable majoritairement aux retombées de Tchernobyl.

Convaincus que les soi-disant « *taches de contamination localisées* » ne sont pas spécifiques au sud des Alpes françaises, Thierry Constantin-Blanc et André Paris vont acquérir un radiamètre professionnel⁴ qui va permettre de prospecter efficacement de vastes territoires.

Ces mesures de terrain — réalisées dans les Alpes françaises, suisses, italiennes et autrichiennes — ont donné lieu au prélèvement et à l'analyse par le laboratoire de la CRIIRAD de 40 échantillons de sols en 1997. Cette étude a permis de démontrer que tout l'Arc Alpin est concerné⁵ par la présence de zones à accumulation de contamination où la concentration en césium 137 dans certaines portions de sol est telle que l'on peut les qualifier de déchets radioactifs. Les analyses du laboratoire ont montré également la présence d'accumulations de plutonium.

Les Alpes, que l'on croyait être un milieu préservé de toute pollution, s'avèrent être au contraire, en France, un des milieux naturels les plus affectés par les retombées de Tchernobyl.

Les mesures complémentaires de flux gamma réalisées dans le Jura et les Vosges en 1998 et les analyses au laboratoire de la CRIIRAD ont démontré que des phénomènes d'accumulation existaient aussi hors milieu alpin.

1.2 L'ÉTUDE DE LA CONTAMINATION EN CÉSIUM 137 DANS TOUTE LA FRANCE, EN DEHORS DES POINTS D'ACCUMULATION (1999-2001)

Le radiamètre, bien que très sensible, ne permet de mettre en évidence que les plus forts taux de contamination, liés systématiquement à la présence de points d'accumulation, car ils présentent un flux de rayonnement gamma supérieur d'au moins 50 % au niveau naturel du secteur.

Par ailleurs, le radiamètre enregistre simplement le flux de rayonnement gamma à la surface du sol, mais n'est pas capable de discriminer l'énergie de ces rayonnements. L'excès de rayonnement gamma dû au césium 137 est alors en général masqué par les variations naturelles⁶ du flux gamma.

² Le Compteur Quartex est commercialisé par la CRIIRAD avec un manuel de 30 pages élaboré par la CRIIRAD, pour environ 99 €.

³ Cf. fiche CRIIRAD d'avril 1997 : « Massif du Mercantour et des Écrins : Contamination élevée dans le sud des Alpes ».

⁴ Scintillomètre SPP2 de marque Saphymo. Ce modèle de radiamètre est utilisé par la CRIIRAD pour la détection sur site d'anomalies radiométriques. Il a été développé pour les prospecteurs d'uranium. Il s'agit d'un appareil plus de 10 fois plus sensible que le compteur Geiger initial, mais aussi 60 fois plus cher.

⁵ Cf. Rapport CRIIRAD de mai 1998 : « Contamination radioactive de l'Arc Alpin ».

⁶ Présence dans les sols de radionucléides d'origine tellurique (chaînes de filiation de l'uranium 238 et du thorium 232, potassium 40, etc).

Une contamination surfacique homogène de 30 000 Bq/m² de césium 137 (qui correspond aux valeurs parmi les plus élevées mesurées par la CRIIRAD en France), augmente le flux gamma d'environ 40 % à 1 mètre au dessus du sol. Il est difficile de considérer que cette variation est le fait d'un excès de césium 137 car les variations des teneurs en radionucléides naturels entraînent une fluctuation comparable.

Pour réaliser une cartographie fine de la contamination résiduelle des sols par le césium 137 sur de vastes territoires et ne pas étudier que les points d'accumulation, il n'est pas possible de généraliser la méthode de prélèvements par carottages pour analyses ultérieures en laboratoire. Elle est trop lourde à mettre en œuvre et trop coûteuse⁷. Il faut acquérir **un spectromètre gamma de terrain**, c'est-à-dire un appareil capable de mesurer l'énergie des rayonnements gamma émis à la surface du sol et, par là même, de discriminer la contribution du césium 137 au milieu du flot de rayonnements d'origine naturelle. André Paris se dote d'un appareil de ce type⁸ au cours de l'année 1999.

Sa méthodologie originale, développée en collaboration avec le laboratoire de la CRIIRAD, est basée sur l'utilisation du spectromètre gamma portable sur des **sols choisis pour être représentatifs des meilleures conditions de conservation de la contamination initiale. Il ne s'agit plus de repérer et évaluer les points chauds, comme durant la campagne de 1996-1997, mais bien au contraire, de chercher les endroits ayant le mieux conservé le dépôt moyen initial de césium 137 sur un secteur donné.** La méthode de terrain est exposée par André Paris pages 74 et 192.

ENCADRÉ E2

CONVERTIR LES COUPS PAR SECONDE EN BECQUERELS PAR MÈTRE CARRÉ : LE CAS DU CÉSIUM 137

Le césium 137 est en France, le résidu le plus marquant de la catastrophe de Tchernobyl^a. De plus, parmi les principaux radionucléides à vie longue présents dans les retombées des essais militaires et de Tchernobyl, il est un^b des seuls à émettre, de façon notable, des rayonnements **gamma de 661,6 keV** (avec une probabilité d'émission de 85,2 %). Il peut donc être détecté par spectrométrie gamma de terrain.

Dans un sol dont la contamination surfacique est de 1 000 Bq/m² en césium 137 :

- 1 000 atomes de césium 137 se désintègrent à chaque seconde à l'intérieur de chaque mètre carré de sol,
- 852 rayonnements gamma de 661 keV sont émis au sein de chaque mètre carré de sol.

Les rayonnements gamma sont des ondes électromagnétiques que l'on pourrait assimiler à des rayons lumineux intenses mais invisibles à l'œil. La lumière visible est constituée d'ondes électromagnétiques dont l'énergie typique est de l'ordre de quelques électrons-volts (eV). Un seul rayonnement gamma de 661 kiloélectron-volts (keV) transporte 100 000 fois plus d'énergie qu'un rayon du spectre solaire dans le domaine visible. **Les rayonnements gamma de 661 keV peuvent ainsi parcourir 3 centimètres dans l'aluminium, 7 centimètres dans l'eau et 61 mètres dans l'air avant que leur intensité ne soit réduite de moitié.**

Pour un sol non remanié, le césium 137 présent du fait des retombées des essais nucléaires des années 50 / 60 a pu atteindre des profondeurs supérieures à 40 centimètres mais **en général, plus de 80 % de la part du césium 137 de Tchernobyl retenue par le sol est concentrée dans les 20 premiers centimètres.**

Seule une fraction des rayonnements émis par le césium 137 atteint la surface. Bien entendu, les rayonnements émis vers le bas ou les côtés auront peu de chances d'émerger à la surface du sol et d'être détectés par le spectromètre gamma posé sur le sol. Il est donc nécessaire pour évaluer l'activité surfacique (c'est-à-dire le nombre de becquerels de césium 137 par mètre carré de sol) d'effectuer une calibration du spectromètre de terrain. On détermine ainsi le facteur multiplicatif Fc qui permet de convertir le nombre de rayonnements gamma de 661 keV détectés à chaque seconde par le spectromètre de terrain posé sur le sol (coups par seconde), en un nombre de becquerels de césium 137 contenus dans la couche superficielle du sol sur une surface de 1 mètre carré de ce sol (Bq/m²). Ce facteur est spécifique à chaque détecteur. Il dépend en effet de la surface du détecteur et de son efficacité de détection (tous les rayonnements qui pénètrent dans le détecteur ne sont pas forcément détectés). Il peut dépendre en outre de la densité du sol et du profil de distribution du césium dans le sol.

^a En Ukraine, Fédération de Russie et Bélarus, les dépôts de plutonium sont en certains endroits très importants.

^b La CRIIRAD détecte encore parfois, en France, dans la couche superficielle des sols, de l'américium 241 (émetteur alpha et gamma artificiel) et du césium 134 (émetteur bêta et gamma artificiel).

⁷ Pour le traitement et l'analyse des 8 strates d'un carottage de 40 centimètres, il faut compter environ 900 €.

⁸ Spectromètre à cristal NaI (iodure de sodium) de 3 pouces, type Nanospec, commercialisé par la société ARIES, coût supérieur à 8 500 €.

2 / VÉRIFICATION DE LA MÉTHODOLOGIE DE TERRAIN MISE EN ŒUVRE PAR ANDRÉ PARIS

2.1 / INTÉRÊT RESPECTIF DES MESURES PAR SPECTROMÉTRIE GAMMA SUR LE TERRAIN ET EN LABORATOIRE

Dans la suite, nous allons évoquer presque exclusivement le césium 137, bien qu'il ne soit pas le seul radionucléide artificiel présent dans les sols, suite aux essais nucléaires militaires et à Tchernobyl (voir encadré E1, p. 54). Étant un puissant émetteur de rayonnement gamma, sa détection directe sur le terrain est possible alors qu'il est très difficile de détecter des radionucléides artificiels qui ne se désintègrent qu'en émettant des rayonnements bêta, comme le strontium 90, ou alpha, comme les plutoniums 239 et 240. En effet, le parcours dans la matière de ces rayonnements est faible (quelques millimètres pour les bêta) voire très faible (quelques centièmes de millimètres pour les alpha).

Évaluer la contamination en césium 137 de la couche superficielle des sols au moyen d'un spectromètre gamma de terrain présente plusieurs avantages :

- En effectuant une série de mesures rapides par déplacements successifs du spectromètre en divers points, au contact des sols, il est possible de **vérifier la distribution de la contamination en césium 137 sur plusieurs centaines de mètres carrés en quelques heures**. Ceci permet de sélectionner, en connaissance de cause, les secteurs représentatifs.
- Sur le ou les points jugés représentatifs, il est possible, en posant le détecteur sur le sol pendant quelques minutes, d'enregistrer un spectre gamma, dont le dépouillement sur ordinateur permettra d'estimer l'activité surfacique du césium 137 présent dans la couche superficielle du sol.
- La méthode est simple et ne nécessite pas les traitements lourds qu'imposent le carottage de sol, le conditionnement des échantillons et les analyses ultérieures en laboratoire.

L'utilisation du spectromètre de terrain a aussi ses inconvénients par rapport à l'analyse en laboratoire d'une carotte de sol :

- Seuls les atomes de césium 137 présents dans les premiers centimètres du sol ont une probabilité raisonnable d'être détectés par le spectromètre posé sur le sol. Si une fraction importante du césium 137 s'est enfoncée trop profondément dans le sol, la mesure de terrain risque de sous-estimer le dépôt initial. Il est certain, par exemple, qu'au delà de 40 centimètres de profondeur, les radiations émises par le césium 137 ne seront plus détectables en surface. Déjà, au delà de 10 centimètres de profondeur, le flux gamma qui atteint la surface est très fortement⁹ atténué. Il était donc essentiel de vérifier en laboratoire, à partir de carottages de sol, la distribution du césium 137 en fonction de la profondeur et le facteur de calibration du spectromètre de terrain (facteur Fc défini dans l'Encadré E2).
- Le spectromètre de terrain peut être sensible à un champ de rayonnement latéral moins bien circonscrit que lors d'une analyse en laboratoire.
- Le spectromètre de terrain à cristal d'iodure de sodium (NaI), présente une excellente efficacité de détection, mais de par sa faible résolution en énergie, une analyse par spectrométrie Germanium en laboratoire est mieux adaptée pour détecter de faibles traces de radionucléides émetteurs gamma artificiels (césium 134, américium 241) ou déterminer l'activité exacte des principaux radionucléides naturels. De plus, il peut être difficile, lorsque l'activité en bismuth 214 du sol est élevée, ou que celle du césium 137 est faible, de corriger correctement l'interférence de leurs raies à 609 et 661 keV respectivement.
- Le spectromètre de terrain peut être l'objet de dérives thermiques importantes et il convient d'être très vigilant dans son utilisation.

2.2 / INTERCOMPARAISON ENTRE LES MESURES DE TERRAIN ET EN LABORATOIRE

— 2.2.1 OBJECTIFS

Organisation des campagnes de mesures

Plusieurs campagnes de terrain ont été organisées par le laboratoire de la CRIIRAD afin de vérifier la pertinence de la méthode mise en œuvre par André Paris, c'est-à-dire :

⁹ On peut estimer qu'à activité égale, la strate 10 / 20 cm ne rajoute qu'environ 20 % au flux gamma imputable à la strate 0 / 10 cm (mesuré à 1 m au dessus du sol).

- d'une part la stratégie de choix des sols présentant, pour un secteur géographique donné, la meilleure capacité de conservation de la contamination initiale,
- d'autre part, la validité du facteur de calibration F_c et surtout sa variabilité en fonction des types de sols et du profil réel du césium 137 dans le sol.

Pour ce faire, Christian Courbon, responsable des interventions de terrain à la CRIIRAD depuis 1987 et André Paris ont effectué ensemble plusieurs campagnes de mesures spécifiques au cours du **troisième trimestre de l'année 2000, dans les Vosges (septembre), les régions de Digne et de Sisteron (septembre), le Vercors (octobre) et en Alsace (décembre)**. Des campagnes spécifiques ont été organisées également en **Ukraine, à Tchernobyl¹⁰ en octobre 2000**.

Par ailleurs, une campagne a été conduite ultérieurement en **Corse (fin août / début septembre 2001)** afin de vérifier la partie corse de la cartographie réalisée par André Paris (la CRIIRAD n'avait pas validé la version publiée en avril 2001 considérant que le nombre de mesures était insuffisant et qu'il fallait approfondir les recherches sur la partie centre orientale de l'île). Il s'agissait également de mieux appréhender la spécificité des sols de l'île (page 149 de l'atlas).

Une seconde campagne a été conduite dans la région de **Sisteron, en octobre 2001**, compte tenu de la décision du maire de cette ville, de déposer une plainte visant la CRIIRAD pour¹¹ délit de « *fausse nouvelle de nature à troubler la paix publique* ».

Stratégie scientifique

La CRIIRAD a défini des secteurs géographiques représentatifs de la bande est de la France, pour procéder à des comparaisons entre mesures de terrain et en laboratoire sur des types d'environnements et de sols représentatifs des stations choisies par André Paris pour la réalisation de sa cartographie globale (c'est-à-dire des sols présentant une bonne conservation de la contamination). Au total **7 carottages de « référence »** ont été retenus pour l'intercomparaison. Leur activité en césium 137 est relativement élevée (comprise entre 12 000 et 40 000 Bq/m²). Il nous a semblé en effet prioritaire de valider la méthode sur les secteurs les plus contaminés. La démarche proposée ne permet pas à la CRIIRAD de se prononcer sur tous les sites étudiés par André Paris, en particulier sur la validité des mesures effectuées sur des sols peu contaminés (< 5 000 Bq/m²) pour lesquels les valeurs obtenues ne sont que des ordres de grandeur.

Il nous a paru indispensable d'étudier également, à proximité des sols de référence, la contamination des sols remaniés, non retenus pour la réalisation de l'atlas. Au total 10 carottages ont été réalisés dans cet objectif. Nous ne présenterons ici qu'une partie de ce travail.

2.2.2 PROTOCOLE DE TERRAIN ADOPTÉ PAR ANDRÉ PARIS

Sur les 7 stations de référence (cf tableau T1 page suivante), André Paris a appliqué la méthode générale qu'il a mise au point pour la réalisation de l'atlas :

1. Analyse visuelle du site pour choisir un terrain approprié, puis vérification en préalable, au moyen du spectromètre portable, de la variabilité de la contamination en césium 137 sur le secteur, afin de sélectionner une parcelle présentant un bon niveau de conservation.
2. Vérification de l'homogénéité de la contamination en césium 137, sur la parcelle présentant les meilleures garanties de conservation de la contamination. Pour cela, des enregistrements ont été effectués sur plusieurs mètres carrés autour du point pressenti pour le carottage. La valeur moyenne de cette série de mesures est reportée dans la colonne « *Moyenne* » du tableau T1 ci-dessous, ainsi que l'écart type de la série. L'homogénéité de la contamination, testée sur plusieurs mètres carrés est de l'ordre de 5 à 15 %.
3. Enregistrement du niveau du pic du césium 137 mesuré en statique pendant 300 à 500 secondes, au contact du sol, au point de carottage (les valeurs relevées, exprimées en coups par seconde (c/s), figurent dans la colonne « *ponctuel* » du tableau T1).
4. Dépouillement du spectre avec le logiciel WINTMCA et expression de la surface du pic à 661 keV du césium 137 en coups par secondes¹² (c/s).

¹⁰ Voir communiqué de presse CRIIRAD du 14 décembre 2000.

¹¹ Voir la dépêche AFP du 21 septembre 2001.

¹² Le logiciel exprime cette valeur en « becquerels » détectés (il tient compte du temps mort éventuel et du rapport de branchement de 85,2 %), mais il est plus **juste** de s'exprimer en « coups par seconde ».

Tableau T1 : vérification de l'homogénéité de la contamination en césium 137 autour du futur point de carottage, au moyen du spectromètre gamma de terrain
(mesures d'André Paris)

Site	Nature du sol	Mesure de terrain : c/s sur la raie de 661 keV			Cs 137 Bq/m ² Terrain
		Ponctuel	Moyenne	Ecartype %	
ASPRES-sur-BUECH (La Rochette)	Pelouse	11,1	10,8	7,5	12 900
VOSGES (Col des Bagenelles)	Forestier	13,2	13,4	4,7	15 300
CORSE (Sari-Solenzara)	Pelouse naturelle	16,9	15,4	13,0	19 600
VERCORS (Vassieux à 1 110 m)	Pelouse naturelle	21,9	21,5	10,2	25 450
VERCORS (Vassieux à 1 110 m)	Forestier	26,8	22,3	15,2	31 100
SISTERON (plateau de la Citadelle)	Pelouse	29,4	30,9	5,6	34 150
DIGNE (La Robine sur Galabre)	Pelouse	40,6	46,8	13,8	47 150

2.2.3 PROTOCOLE DU LABORATOIRE DE LA CRIIRAD

Réalisation des carottages

En chaque station retenue à l'issue de la pré-détection, le technicien CRIIRAD a réalisé¹³ un triple carottage au moyen d'un tube gradué en métal, de diamètre intérieur égal à 68 mm. Les strates de sol ont été échantillonnées par tranches de 10 cm d'épaisseur (dans 5 des 7 sites étudiés, les 10 premiers centimètres de chaque carotte ont en outre été échantillonnés avec un pas plus fin, de 5 centimètres d'épaisseur, afin de mieux apprécier la répartition de la contamination en surface).

Ce protocole est mis en œuvre par le laboratoire de la CRIIRAD depuis 1987. Le fait de prélever 3 carottes aux sommets d'un triangle équilatéral de 1 mètre de côté permet de garantir une meilleure représentativité de l'échantillonnage. Le carottier a été enfoncé sur une profondeur minimale de 20 cm (pelouses d'altitude de Digne, Sisteron et Aspres-sur-Buech) et dans certains cas jusqu'à 60 centimètres (cas du sol corse de Sari-Solenzara). Le fait de prélever toute la couche de sol ou tout au moins jusqu'à 40 centimètres si possible, permet de garantir que l'essentiel du césium 137 retenu dans le sol sera effectivement comptabilisé¹⁴.

Traitement des carottes au laboratoire

Les carottes de sol ont été traitées au laboratoire de la CRIIRAD selon le protocole mis en œuvre depuis 1987. Les 3 tranches de même profondeur sont pesées puis mélangées. Après enlèvement des racines et corps étrangers éventuels, on procède à la dessiccation en étuve à 90°C. Les gros cailloux sont ensuite brossés et enlevés. L'échantillon sec (sans les gros cailloux) est pesé puis broyé. Après homogénéisation, une fraction aliquote est prélevée pour le conditionnement en géométrie standard de comptage. Il s'agit de géométries calibrées de type Marinelli (volume utile de 560 cc pour les strates de 10 centimètres d'épaisseur) ou pots de contenance 66 à 250 cc (pour certaines strates de 5 centimètres d'épaisseur).

Analyse des carottes au laboratoire

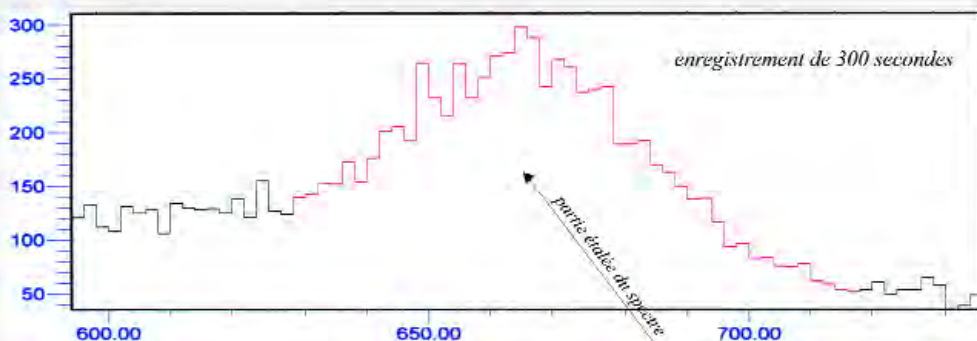
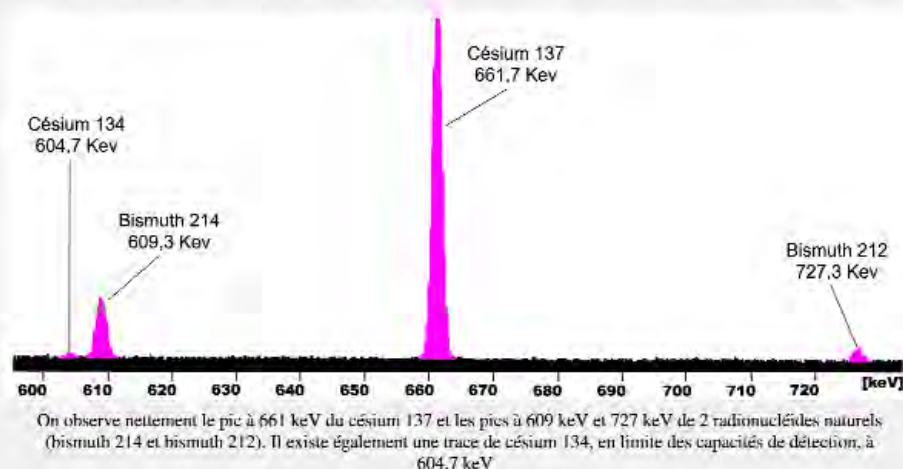
Les échantillons ont fait l'objet d'un comptage par spectrométrie gamma sur détecteur EGG ORTEC type N au Germanium Hyperpur. Les comptages, réalisés de fin septembre 2000 à fin septembre 2001, ont duré de 10 000 à 250 000 secondes (30 000 secondes en moyenne).

L'intercomparaison de 1998 organisée par l'Office de Protection contre les Rayonnements Ionisants, dans le cadre de l'accréditation délivrée par le Ministère de la Santé, a montré que l'évaluation du césium 137 par le laboratoire de la CRIIRAD était égale à la valeur de référence (à 4 % près, soit un écart compatible avec la marge d'incertitude de la mesure).

¹³ C'est le cas pour 6 des 7 carottages, à l'exception du site corse de Sari-Solenzara.

¹⁴ Pour les 2 carottages dont l'épaisseur de sol excédait 40 centimètres, la strate 40-50 centimètres ne retenait que 2 % du césium 137 total de la carotte dans un cas (col des Bagenelles dans les Vosges) et aucune activité mesurable dans l'autre cas (sol de Sari-Solenzara en Corse). Ceci confirme que la proportion de césium 137 située au delà de 40 centimètres est négligeable.

Spectre N° C 19484 correspondant au comptage, par spectrométrie germanium au laboratoire de la CRIIRAD, pendant 230 000 secondes, de la strate de surface du carottage de Sari Solenzara en Corse du Sud.



Comparaison avec l'enregistrement effectué sur le même site de Sari-Solenzara mais directement sur le terrain (enregistrement *in situ*)

La résolution est beaucoup plus faible (le pic de césium s'inscrit dans une bande d'énergie 10 fois plus large). Le temps d'enregistrement est beaucoup plus court (766 fois moindre).

Ci-contre, le même spectre présenté sur une gamme étendue d'énergie



2.2.4 ACTIVITÉS MASSIQUES MESURÉES AU LABORATOIRE

Au total, le laboratoire de la CRIIRAD a procédé à l'analyse de plus de 70 échantillons de sol, correspondant aux différentes strates associées aux 17 carottages. Ces analyses ont permis de mesurer en particulier¹⁵ l'activité massique du césium 137 et du césium 134 dans chaque strate et de calculer l'activité surfacique totale en césium 137 de chaque carotte. Nous ne présenterons que les résultats concernant les 7 carottages de référence.

Activités massiques en césium 137

Les activités massiques en césium 137 mesurées au laboratoire de la CRIIRAD dans les 27 échantillons de sol (correspondant aux 7 carottages de référence) sont reportées dans le tableau T2 page suivante. Elles sont exprimées en becquerels par kilogramme de sol séché (Bq/kg sec) et sont ramenées à la date du prélèvement.

¹⁵ L'activité de tous les radionucléides qui émettent en se désintégrant des rayonnements gamma a été déterminée.

C'est le cas des principaux radionucléides naturels contenus dans l'écorce terrestre (thorium 234, radium 226, actinium 228, potassium 40) et de certains radionucléides artificiels comme le césium 137, le césium 134 et l'américium 241. Afin d'alléger la présentation nous ne détaillerons ici que les résultats concernant les césiums 137 et 134.

Le symbole NP (non prélevé) figure lorsque, à la profondeur indiquée, il n'a pas été possible d'échantillonner le sol. La marge d'incertitude sur la détermination de l'activité massique du césium 137 est comprise entre 10 et 16 %, dès lors que la concentration en césium 137 dépasse 10 Bq/Kg sec, c'est-à-dire pour les strates de surface. Elle peut atteindre 34 % pour les strates profondes.

Lorsque les carottages ont pu être poursuivis jusqu'à 40 cm de profondeur, on a pu vérifier l'existence de traces de césium 137 à cette profondeur (2 à 3 Bq/kg sec). Les 7 carottages ont été réalisés au moins jusqu'à 20 cm de profondeur. Le césium 137 a

été détecté systématiquement jusqu'à 20 centimètres, avec une activité massique comprise entre 7 Bq/kg sec (strate 10 / 20 cm de la carotte de sol d'Aspres-sur-Buech) et 617 Bq/kg sec (strate 0 / 5 cm de la carotte de sol forestier prélevé à Vassieux-en-Vercors et 370 Bq/kg sec en moyenne sur 0/10 cm).

Tableau T2 : activités massiques en césium 137 mesurées au laboratoire de la CRIIRAD dans les différentes couches du sol

(carottages de référence)		Cs 137 (Bq/kg sec) à la date de prélèvement				
		0/10 cm	10/20 cm	20/30 cm	30/40 cm	40/50 cm
VOSGES (Col des Bagenelles)	Forestier	195	11,0	3,0	2,1	1,5
DIGNE (La Robine sur Galabre)	Pelouse	205	20,9	NP	NP	NP
SISTERON (plateau de la Citadelle)	Pelouse	204	43,1	NP	NP	NP
ASPRES sur BUECH (La Rochette)	Pelouse	86	7,2	NP	NP	NP
VERCORS (Vassieux à 1 110 m)	Forestier	370	50,4	20,5	NP	NP
VERCORS (Vassieux à 1 110 m)	Pelouse naturelle	218	16,5	5,2	NP	NP
CORSE (Sari-Solenzara)	Pelouse naturelle	172	8,9	1,5	3,4	< 1,1

NP : Non Prélevé

Activités massiques en césium 134

Le césium 134 a été détecté¹⁶ dans les 5 à 10 premiers centimètres de profondeur dans 6 des 7 sites échantillonnés¹⁷ avec une activité comprise entre 0,38 +/- 0,15 Bq/kg sec (strate 0 / 5 cm du sol d'Aspres-sur-Buech) et 3,45 +/- 1,48 Bq/kg sec (strate 0 / 5 cm du sol des Vosges). Ces valeurs sont souvent en limite des capacités de détection. Elles sont entachées d'une forte marge d'incertitude (de l'ordre de 40 %).

Le pourcentage de césium 137 imputable théoriquement à Tchernobyl a pu être calculé dans chacune des strates où le césium 134 était détectable¹⁸. Cette estimation est effectuée à titre indicatif compte tenu des fortes imprécisions sur la mesure des traces de césium 134.

On constate que dans 3 des 7 sites, la majorité du césium 137 retenu dans les 10 premiers centimètres de sol est imputable à Tchernobyl. Il s'agit des sols du Col des Bagenelles dans les Vosges, du plateau de la Citadelle à Sisteron et de Sari-Solenzara¹⁹ en Corse.

Pour les 2 sols du Vercors et le carottage d'Aspres-sur-Buech, la part imputable à Tchernobyl, dans les 5 premiers centimètres du sol, est comprise entre 42 et 88 % mais, compte tenu de la forte incertitude sur la mesure du césium 134, le ratio peut être compris entre 20 % et 100 %.

Dans le sol de Digne, le césium 134 n'est pas détectable, mais l'analyse d'un échantillon de mousses terrestres prélevées par le technicien CRIIRAD, le 13 septembre 2000, sur des rochers situés à quelques mètres du point de carottage, a montré une forte contamination en césium 137 (9 100 Bq/kg sec) et césium 134 (58 Bq/kg sec), avec un rapport isotopique de 156, proche de la valeur théorique de 180. Ceci confirme qu'à **Digne également, l'essentiel du césium 137 détecté en 2000 était imputable aux retombées de Tchernobyl.**

¹⁶ L'activité du césium 134 est ramenée à la date du prélèvement pour tenir compte de la décroissance qui est intervenue avant analyse. Il a pu s'écouler en effet quelques mois entre le prélèvement et l'analyse.

¹⁷ Dans le sol de Digne, la valeur dans la strate 0 / 5 cm est inférieure au seuil de détection de 0,9 Bq/kg sec. **Au delà de 10 centimètres, le césium 134 n'a été détecté dans aucun des 7 carottages** (seuils de détection < 0,1 à < 0,3 Bq/kg sec).

¹⁸ En 1986, il ne restait plus de césium 134 lié aux retombées des essais militaires des années 50 / 60 compte tenu de sa période relativement courte. En l'absence d'impact par des rejets locaux d'installations nucléaires, tout le césium 134 mesuré à partir de mai 1986 était alors a priori imputable à Tchernobyl. Le rapport isotopique $R_i = \text{césium 137} / \text{césium 134}$ était de 2 dans les retombées de mai 1986. Par conséquent la part du césium 137 imputable à Tchernobyl pouvait être estimée en multipliant par 2 le niveau de césium 134 mesuré. Le reste du césium 137 pouvait être attribué a priori au reliquat des essais militaires (valeur moyenne inférieure à 5 170 Bq/m² selon l'UNSCEAR). Compte tenu de la décroissance des 2 isotopes, le rapport était compris entre 179 et 243 lorsque les carottages ont été effectués (ceci dépend de la date du carottage). En multipliant l'activité en césium 134 mesurée, par le rapport théorique R_i , on peut évaluer l'activité en césium 137 de Tchernobyl. Le rapport entre cette activité et l'activité totale en césium 137 mesurée donne, pour la strate considérée, la proportion de césium 137 imputable à Tchernobyl.

¹⁹ Le site de Ghisonaccia devait être retenu pour effectuer un suivi par rapport aux carottages de 1988, mais le lieu du carottage avait été réaménagé. Le secteur de Sari-Solenzara a alors été retenu compte tenu de la très forte pluviosité durant le passage des masses d'air contaminées : 88 mm de pluie du 1er au 5 mai 1986.

2.2.5 ACTIVITÉS SURFACIQUES

Activités surfaciques en césium 137 mesurées au laboratoire

À partir de l'activité massique en césium 137, il est possible de calculer l'activité surfacique²⁰ de la strate considérée. La somme des activités surfaciques de chaque strate de la carotte donne alors le niveau du dépôt total de césium 137 en becquerels par mètre carré (Bq/m²). Les activités surfaciques calculées sont reportées dans le tableau T3 ci-dessous. Elles sont ramenées à la date de prélèvement.

Les activités surfaciques en césium 137 mesurées au laboratoire sont comprises entre 12 800 Bq/m² (sol de pelouse de Aspres-sur-Buech, la Rochette) et 39 300 Bq/m² (sol de pelouse de la région de Sisteron). L'incertitude globale sur ces valeurs est de l'ordre de 20 à 30 %, si l'on tient compte de l'incertitude sur la détermination de l'activité massique du césium 137 et de l'incertitude sur la conversion en activité surfacique.

Tableau T3 : activités surfaciques en césium 137 mesurées au laboratoire de la CRIIRAD dans les différentes couches du sol

Site	Nature sol	Cs 137 (Bq/m ²) à la date de prélèvement					Total Bq/m ²
		0/10 cm	10/20 cm	20/30 cm	30/40 cm	40/50 cm	
ASPRES-sur-BUECH (La Rochette)	Pelouse	11 603	1 215	NP	NP	NP	12 800
VOSGES (Col des Bagenelles)	Forestier	13 854	1 128	387	306	247	15 900
CORSE (Sari-Solenzara)	Pelouse naturelle	15 523	1 531	276	631	< LD	17 950
VERCORS (Vassieux à 1 110 m)	Pelouse naturelle	17 244	2 006	930	NP	NP	20 200
VERCORS (Vassieux à 1 110 m)	Forestier	16 481	4 690	2 242	NP	NP	23 400
DIGNE (La Robine-sur-Galabre)	Pelouse	31 562	4 605	NP	NP	NP	36 150
SISTERON (plateau de la Citadelle)	Pelouse	30 461	8 836	NP	NP	NP	39 300

NP : Non Prélevé

Nous avons reporté dans le tableau T4 ci-après, pour chaque carotte :

- les résultats des mesures effectuées sur le terrain, c'est-à-dire la hauteur du pic du césium 137 relevée sur le spectromètre de terrain (c/s) et l'activité surfacique exprimée en Bq/m² calculée par André Paris à partir de son facteur de calibration Fc,
- l'activité surfacique totale de la carotte calculée par la CRIIRAD à partir de l'activité massique mesurée au laboratoire dans chaque strate,
- le facteur de calibration effectif (Fce) correspondant au ratio entre l'activité surfacique mesurée au laboratoire et la hauteur du pic du césium 137 relevée sur le spectromètre de terrain.

Tableau T4 : comparaison entre les activités surfaciques en césium 137 mesurées au laboratoire de la CRIIRAD et mesurées sur le terrain par André Paris

Site	Nature sol	Cs 137 Bq/m ² Labo	(c/s) pic à 661 keV terrain	Fce Facteur de calibration	Cs 137 Bq/m ² Terrain	Ratio Terrain SUR Labo	Ecart Labo SUR terrain	Répartition 0/10 cm SUR total
VERCORS (Vassieux à 1 110 m)	Forestier	23 400	26,8	874	31 100	1,33	- 33 %	70,4 %
SISTERON (plateau de la Citadelle)	Pelouse	39 300	29,4	1 337	34 150	0,87	13 %	77,5 %
VERCORS (Vassieux à 1 110 m)	Pelouse naturelle	20 200	21,9	921	25 450	1,26	- 26 %	85,5 %
CORSE (Sari-Solenzara)	Pelouse naturelle	17 950	16,9	1 064	19 600	1,09	- 9 %	86,4 %
VOSGES (Col des Bagenelles)	Forestier	15 900	13,2	1 206	15 300	0,96	4 %	87,0 %
DIGNE (La Robine-sur-Galabre)	Pelouse	36 150	40,6	891	47 150	1,30	- 30 %	87,3 %
ASPRES sur BUECH (La Rochette)	Pelouse	12 800	11,1	1 155	12 900	1,01	- 1 %	90,5 %
			Moyennes	1 064		1,12 %		83,5 %
			Ecartype	16,7 %		16,3 %		8,4 %

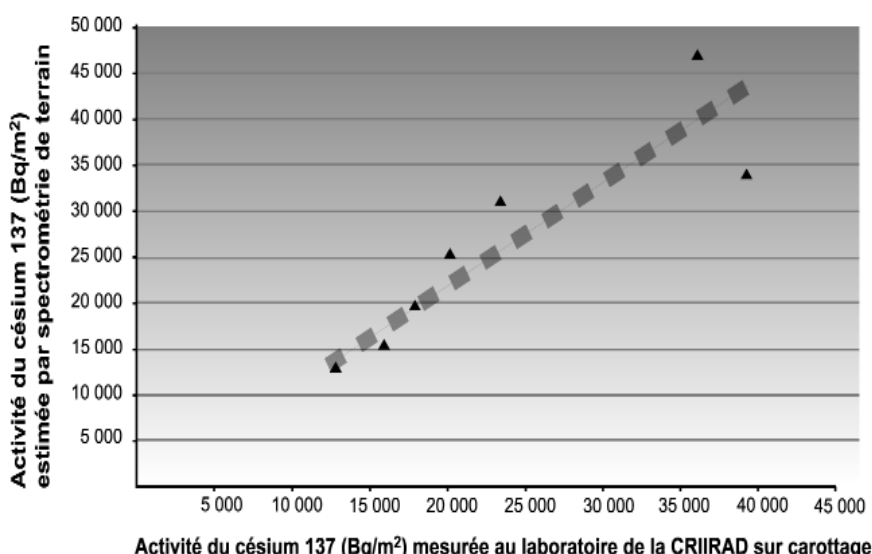
²⁰ L'activité totale du césium 137 dans une strate est calculée en multipliant l'activité massique mesurée dans la fraction analysée, par la masse de la fraction analysée. Ce résultat est ensuite multiplié par le ratio entre la masse sèche totale de la strate (sans les cailloux qui n'ont pas été broyés) et la masse de la fraction sèche analysée (on ne tient pas compte pour ce calcul de la masse des gros cailloux non broyés. On considère en effet, et ceci a été vérifié par des tests spécifiques, que les cailloux n'ont adsorbé qu'une quantité négligeable de césium 137 à leur surface). L'activité surfacique de la strate considérée est ensuite obtenue en multipliant l'activité totale dans la tranche de sol par la surface de la strate, c'est-à-dire celle du tube de carottage (diamètre 68 mm).

Les résultats sont classés en fonction de la proportion de césium 137 retenue dans les 10 premiers centimètres du sol. Le facteur de calibration effectif F_{ce} est compris entre 874 et 1 337 Bq/m² par coup par seconde, avec une moyenne de 1 064 et un écart-type de 16,7 %. Cela signifie que pour les 7 sites étudiés, l'utilisation du facteur 1 161 retenu par André Paris²¹ pour la cartographie de terrain conduit selon les cas à **sous-estimer (jusqu'à 13 %) ou à surestimer (jusqu'à 33 %) l'activité surfacique par rapport à la mesure en laboratoire. Ces écarts sont relativement faibles et pas forcément significatifs si l'on tient compte par ailleurs des marges d'incertitudes intrinsèques de chaque méthode.**

Nous avons reporté sur le graphique ci-après la corrélation linéaire²² entre les mesures de terrain et de laboratoire. La pente de cette droite est de 1,11 ce qui confirme que, en moyenne, sur les 7 carottages de référence, la mesure de terrain surestime légèrement (+ 11 %) l'activité réelle du sol.

La relativement faible dépendance du facteur de calibration avec les conditions de terrain provient du fait que les sols retenus pour la cartographie sont des sols non remaniés pour lesquels la majorité du césium 137 est située en surface. Sur les 7 sites de référence, les 10 premiers centimètres de la carotte retiennent en effet de 70 à 91 % de l'activité surfacique totale (83,5 % en moyenne avec un écart type de 8,4 %). La contribution des strates inférieures est donc en général négligeable.

Corrélation entre mesures de terrain et en laboratoire



2.3 / IMPORTANCE DU CHOIX DES SOLS POUR LA FIABILITÉ DU RÉSULTAT

Le facteur de calibration et l'ensemble de la méthode ne sont valables que pour des sols présentant une bonne conservation de la contamination (faible migration en profondeur) et un niveau de contamination surfacique homogène (un point chaud de quelques décimètres carrés sort du champ de la calibration).

Dans le cas de sols remaniés, où le césium 137 est généralement réparti plus en profondeur, l'utilisation du facteur de calibration moyen F_c conduirait très probablement à sous estimer l'activité surfacique réelle. C'est pourquoi André Paris a systématiquement recherché des sols non remaniés et en place depuis longtemps. Des mesures préliminaires ont permis de ne retenir que les sols présentant le niveau de contamination le mieux préservé. Nous allons illustrer par quelques exemples la variabilité de la contamination en fonction du type de sol et de son utilisation.

2.3.1 ÉTUDE DE SOLS À VASSIEUX-EN-VERCORS

À Vassieux-en-Vercors, 4 stations situées à quelques dizaines de mètres de distance ont été étudiées par le laboratoire de la CRIIRAD et André Paris le 27 octobre 2000. Les mesures de terrain et les résultats des analyses en laboratoire sont reportés dans le tableau T5 ci-après.

²¹ André Paris a déterminé expérimentalement le facteur de calibration de son spectromètre gamma à partir de la comparaison entre les mesures qu'il a effectuées in situ sur des sols notablement contaminés par le césium 137 et l'activité surfacique déterminée par des mesures sur carottages effectuées au laboratoire de la CRIIRAD (il a ainsi déterminé un facteur F_c moyen de 1 161 Bq/m² par coup par seconde pour le pic à 661 keV du césium 137).

²² Le coefficient de corrélation R^2 est de 0,79.

Tableau T5 : comparaison entre les activités surfaciques en césium 137 mesurées au laboratoire de la CRIIRAD et mesurées sur le terrain par André Paris (Vassieux-en-Vercors)

		Cs 137 Bq/m ² Terrain	Cs 137 (Bq/m ²) laboratoire CRIIRAD				Répartition 0/10 cm SUR total	Terrain pic du Cs 137 c/s			Ratio Terrain SUR Labo
Site	Nature sol		0/10 cm	10/20 cm	20/30 cm	Total		Ponctuel	Moy	S %	
Sols retenus pour l'atlas											
A	Forestier	31 100	16 481	4 690	2 242	23 400	70 %	26,8	22,3	15,2	1,33
B	Pelouse naturelle	25 450	17 244	2 006	930	20 200	85 %	21,9	21,5	10,2	1,26
Sols exclus du fait d'une mauvaise conservation de la contamination											
C	Prairie artificielle fauchée	9 050	12 892	5 908	744	19 550	66 %	7,8	7,2	NP	0,46
D	Champ cultivé (céréales)	8 150	9 468	7 020	1 485	17 950	53 %	7	NP	NP	0,45

On peut observer que :

- Pour les 2 stations, a priori non remaniées, retenues pour l'atlas (sol forestier A et pelouse naturelle B), de 70 à 85 % du césium 137 est retenu dans les 10 premiers centimètres de la carotte. L'activité surfacique en césium 137 mesurée au laboratoire de la CRIIRAD est de **23 400** et **20 200** Bq/m² respectivement. Dans ces 2 cas, la mesure de terrain donne un résultat supérieur de 33 et 26 % respectivement à la mesure au laboratoire. Un tel écart est compatible avec les marges d'incertitude. Il est possible qu'une partie de cet écart soit due à la présence de forts niveaux de bismuth 214, radionucléide naturel, qui peuvent interférer²³ avec le pic du césium 137 relevé sur le spectromètre de terrain.
- Pour les 2 stations remaniées, caractéristiques des sites qui ne sont pas retenus pour l'atlas (prairie artificielle fauchée C et champ de céréales D), seulement 66 à 53 % du césium 137 sont situés dans les 10 premiers centimètres de la carotte. **Dans ces 2 cas, la mesure de terrain sous-estime d'environ 50 % l'activité surfacique.** L'activité surfacique en césium 137 mesurée au laboratoire (**19 550** et **17 950** Bq/m² respectivement) n'est pourtant inférieure que de 20 % environ à celle des sols de référence. Cela confirme²⁴ que les atomes de césium 137 présents au-delà de 10 centimètres de profondeur ne sont pratiquement pas « vus » par le spectromètre de terrain placé contre le sol.

2.3.2 ÉTUDE DE LA VARIABILITÉ DE LA CONTAMINATION DANS LE SECTEUR DE SISTERON

Le secteur de Sisteron a été étudié par la CRIIRAD, en septembre 2000, pour réaliser les intercomparaisons des mesures de terrain et en laboratoire, au même titre que Digne et Aspres-sur-Buech dans cette partie de la France.

Les zones à contamination uniforme

Les principaux résultats des mesures de terrain réalisées le 14 septembre 2000 par André Paris, en présence du technicien CRIIRAD, sont reportés dans le tableau T6 ci-après. Ils montrent qu'il existe, dans le secteur de Sisteron, des niveaux de contamination résiduelle en césium 137 assez homogènes. Sur les sols bien conservés qui ont été explorés, la contamination mesurée sur le terrain est comprise entre 23 000 et 44 200 Bq/m².

Dans les sols remaniés, la variation de la conservation de la contamination prend de l'ampleur. Sur le secteur de Sisteron il a été aisé de mesurer une amplitude d'un facteur 4. Les mesures de terrain montrent des valeurs de 10 700 Bq/m² (Bois de cèdres au sud de la citadelle, sur terrain remanié) à 44 200 Bq/m² (forêt de pins près du relais TDF sur un terrain sauvage a priori non remanié). Des écarts encore plus importants pourraient être aisément mesurés et, qui plus est, sur de très courtes distances, c'est-à-dire quelques mètres, lorsque les terrains sont fortement remaniés.

²³ L'activité du bismuth 214 est en moyenne de 40 Bq/kg dans l'écorce terrestre. Dans les strates de surface des sols A et B, l'activité mesurée au laboratoire de la CRIIRAD est 2 fois supérieure (de 80 à 112 Bq/Kg). En se désintégrant, le bismuth 214 émet des rayonnements gamma de 609 keV avec une probabilité de 46 % et des rayonnements de 665,4 keV avec une probabilité très faible. Ces rayonnements ont une énergie proche de celle du césium 137 à 661 keV (85,2 %). Par spectrométrie gamma germanium, en laboratoire, il est facile de distinguer ces différentes raies, mais sur un spectromètre NaI de terrain cela est plus difficile. André Paris a tenu compte de cette interférence lors du dépouillement des spectres, il est possible cependant que pour de forts niveaux de bismuth 214, une part du pic du bismuth soit comptabilisée dans le pic du césium 137. Dans les strates de surface des sols, C (54 Bq/kg) et D (44 Bq/kg), les activités en bismuth 214 sont plus faibles qu'en A et B.

²⁴ Ceci est cohérent avec les calculs théoriques qui montrent qu'à activité égale, la strate 10/20 cm ne rajoute qu'environ 20 % de rayonnement en surface par rapport à la strate 0/10 cm.

Conformément au protocole de travail, le technicien CRIIRAD a réalisé le carottage sur un site pour lequel la pré-détection de terrain montrait qu'il s'agissait d'un sol non remanié présentant de bonnes garanties de conservation de la contamination. Le carottage a été effectué, sur le plateau de la Citadelle à Sisteron, sur une pelouse pour laquelle la mesure de terrain réalisée par André Paris donnait 34 150 Bq/m² de césium 137. L'analyse de la carotte au laboratoire a donné une valeur de 39 300 Bq/m² (l'écart de 15 % entre ces 2 valeurs est acceptable compte tenu des marges d'incertitude de chaque méthode).

En raison de la plainte déposée par le maire de Sisteron pour « *fausse nouvelle de nature à troubler la paix publique* », — *plainte contre X* mais visant la CRIIRAD — une campagne complémentaire a été organisée les 10 et 11 octobre 2001, afin de réaliser une cartographie détaillée, avec repérage sur carte de chaque point mesuré. Cette intervention a été réalisée en toute transparence. Les mesures ont été effectuées avec des repérages photographiques et en présence de journalistes.

Les résultats des campagnes de mesure (1999), 2000 et 2001 sont reportés dans le tableau T6 ci-dessous (contamination hors points d'accumulation).

Tableau T6 : principales mesures de contamination en césium 137 effectuées par André Paris dans le secteur de Sisteron (contamination uniformément répartie hors points d'accumulation).

Localisation	Type de sol	Date	Mesure de terrain Activité surfacique Cs 137 (Bq/m ²)
--------------	-------------	------	---

A / Sols naturels présentant une bonne conservation de la contamination

Plateau de la Citadelle

Belvédère (Ouest Citadelle)	Pelouse (valeur minimum)	10 et 11/10/2001	23 100
Plateau de la Citadelle	Pelouse (valeur minimum)	10 et 11/10/2001	25 700
Plateau de la Citadelle	Pelouse	15/11/1999	33 300
Plateau de la Citadelle	Pelouse (carottage CRIIRAD)	14/09/2000	34 150
Plateau de la Citadelle	Pelouse (valeur maximum)	10 et 11/10/2001	34 600
Belvédère (Ouest Citadelle)	Pelouse (valeur maximum)	10 et 11/10/2001	37 600

Au sud du plateau de la Citadelle (200 m du centre ville)

Sud du cimetière	Bois de pins (valeur minimum)	10 et 11/10/2001	33 400
Sud du cimetière	Bois de pins (valeur maximum)	10 et 11/10/2001	42 100

Secteur du relais TDF au sud-ouest du plateau de la Citadelle

Autour du relais TDF	Sol forestier sauvage	15/11/1999	38 100
Relais TDF	Forêt de pins (1)	14/09/2000	44 200

B / Sols remaniés ne présentant pas une bonne conservation de la contamination

Plateau de la Citadelle

Ouest de la Citadelle	Pelouse parking (valeur minimale)	10 et 11/10/2001	14 200
Ouest de la Citadelle	Pelouse parking (valeur maximale)	10 et 11/10/2001	35 700
Sud de la Citadelle	Bois de cèdres (valeur minimale)	10 et 11/10/2001	10 700
Sud de la Citadelle	Bois de cèdres (valeur maximale)	10 et 11/10/2001	24 400

Ces données montrent bien que le point retenu pour le carottage effectué par la CRIIRAD est représentatif des sols présentant une bonne conservation dans le secteur de Sisteron, et ne constitue en aucune façon une anomalie ponctuelle. Des contaminations résiduelles en césium 137 supérieures à 20 000 Bq/m² (mesure de terrain) existent sur de vastes étendues sur le plateau de la Citadelle (pelouse près du parking à l'ouest de la Citadelle, Bois de cèdres au sud, pelouse du belvédère à l'ouest) et plus près du centre ville (33 400 à 42 100 Bq/m² dans un bois de pins). André Paris a effectué par ailleurs plusieurs mesures dans les environs de Sisteron, en dehors du plateau de la Citadelle, montrant des niveaux de contamination supérieurs à 30 000 Bq/m². Il est possible, bien entendu, de trouver des milieux qui ont moins bien conservé la contamination.

Les points d'accumulation

Dans le secteur de Sisteron, il est possible de mettre en évidence, comme ailleurs, les phénomènes d'accumulation de la contamination au pied de pylônes ou en bordure de dalles calcaires affleurantes qui ont été délavées par les pluies. **Ces points d'accumulation ont été délibérément exclus de l'atlas car ils ne sont pas représentatifs des retombées elles-mêmes mais de leur redistribution ultérieure.** Ils ont généralement une superficie assez faible (quelques décimètres carrés). Nous avons reporté pour mémoire dans le **tableau T7** ci-dessous, les niveaux « *équivalents de contamination surfacique* » enregistrés par André Paris sur des points d'accumulation repérés à titre de complément

d'information dans la région de Sisteron. La CRIIRAD n'exprime jamais une valeur d'accumulation en activité surfacique. Les valeurs obtenues sont donc données à titre purement illustratif et sont mentionnées entre guillemets (elles peuvent dépasser « 100 000 Bq/m² »). Ces chiffres ne sont pas représentatifs des niveaux réels car le facteur de calibration de l'appareil a été déterminé pour une contamination homogène sur plusieurs mètres carrés.

Tableau T7 : exemples de points d'accumulation identifiés par André Paris dans le secteur de Sisteron (les valeurs de contaminations exprimées en Bq/m² sont indicatives, la tache de contamination recélant certainement un taux de contamination plus important).

Localisation	Type de sol	Mesure de terrain	
		« équivalent en Activité surfacique »	
		Date	Cs 137 (Bq/m ²)
Accumulations dues au délavement des dalles affleurantes de calcaire			
Plateau de la Citadelle	Accumulation en pied de dalle	14/09/2000	« 130 000 »
Plateau de la Citadelle	Accumulation en pied de dalle	15/11/1999	« 112 000 »
Plateau de la Citadelle	Accumulation en pied de dalle	14/09/2000	« 47 000 »
Accumulations aux pieds des pylônes EDF			
Sud-ouest réservoir « les Adrets »	Pied de pylône EDF	14/09/2000	« 141 000 »

3 / INTÉRÊTS ET LIMITES DE L'ATLAS 1999-2001

Conclusion

On retiendra en conclusion que, d'une part, l'utilisation d'un spectromètre de terrain, pour la sélection des sites représentatifs et l'évaluation de la contamination surfacique en césium 137 et, d'autre part, la réalisation de mesures en laboratoire pour la vérification ponctuelle²⁵ du facteur de calibration et du profil de contamination, ont permis d'obtenir une cartographie qui garantit :

- une bonne représentativité, même si certaines zones n'ont pas été étudiées, en particulier dans le centre et l'ouest de la France. Dans le sud-est de la France, la densité des stations de mesure permet de proposer une présentation en continu des niveaux de contamination résiduelle en césium 137 sur des sols sélectionnés pour la bonne conservation apparente de la contamination. Cette présentation est certainement perfectible et pourra être affinée dans le futur, mais elle est globalement plus cohérente que les cartes officielles qui présentent des anomalies flagrantes.
- une bonne précision des mesures eu égard aux difficultés de la métrologie sur le terrain. En effet, pour des contaminations résiduelles supérieures à 10 000 Bq/m² de césium 137, l'incertitude devrait être inférieure à 30 % dans la majorité des cas étudiés (les cas où elle pourrait atteindre voire dépasser 50 % — généralement dans le sens d'une sous-estimation — sont a priori exclus²⁶ par le fait que, sur un secteur donné, seuls les sols qui présentaient la meilleure conservation de la contamination ont été retenus pour réaliser cet atlas). Par contre, pour les sols plus faiblement contaminés (< 5 000 Bq/m²), en particulier dans l'ouest de la France, les valeurs mesurées sur le terrain ne sont que des ordres de grandeur (une partie importante de la contamination est probablement très ancienne et plus profondément enfouie; de plus, le signal détecté est faible donc entaché d'une forte incertitude).

Importance du bénévolat

Ce travail n'aurait pu être réalisé sans la ténacité d'André Paris, qui y a consacré 3 ans de sa vie, bénévolement. Il a parcouru des milliers de kilomètres et a dépensé plus de 100 000 FF en achat de matériel de mesure. La présente cartographie constitue à notre connaissance le travail de terrain le plus vaste effectué à ce jour, en France, pour rendre compte des niveaux de contamination en césium 137 des sols.

²⁵ Il n'était évidemment pas possible de coupler les deux méthodes sur des milliers de stations.

²⁶ Les mesures au laboratoire sur un carottage du Col des Bagenelles voisin du carottage de référence ont montré que pour ce sol qui présente pourtant plus de 70 % de la contamination dans les 10 premiers centimètres, la spectrométrie de terrain conduisait à une sous-estimation de 40 à 50 %. Le site en question n'aurait cependant pas été retenu pour l'atlas, puisqu'il présentait un signal « affaibli » par rapport au sol de référence voisin.

De son côté, pour donner aux citoyens des informations fiables et objectives sur les retombées de Tchernobyl, la CRIIRAD a réalisé, depuis sa fondation en mai 1986, des milliers d'analyses. On peut estimer qu'un tel travail représente un budget de plusieurs millions de Francs. Dans le cas présent, le travail a pu être effectué grâce à l'engagement bénévole des administrateurs et du personnel de la CRIIRAD, grâce au soutien de certains élus et, surtout, grâce aux adhérents de l'association dont les cotisations permettent le financement de recherches indépendantes.

Questionnements scientifiques

Les échanges entre le laboratoire de la CRIIRAD et André Paris ont été très fructueux sur le plan scientifique. L'utilisation conjointe de la spectrométrie de terrain et des analyses en laboratoire a permis de mettre en évidence des phénomènes complexes de redistribution du césium 137 dans l'environnement (accumulations en pied de hêtres et pied de pylônes, redistribution en altitude en milieu Alpin, mécanismes de transfert en zones humides, etc). Certaines de ces découvertes mériteraient la poursuite des études scientifiques afin de mieux cerner les phénomènes en question.

Reconstituer le niveau des retombées initiales en césium 137 de Tchernobyl est une tâche difficile sur le plan scientifique. Il faut tout d'abord recalculer le niveau initial en tenant compte de la quantité de césium perdue depuis l'accident, puis y soustraire la part de césium 137 antérieur à 1986. Des études complémentaires sont nécessaires pour bien cerner les limites de cette reconstitution.

Deux notions importantes

En consultant cet Atlas, il faut toujours garder à l'esprit 2 notions fondamentales :

1. Les niveaux de césium 137 des cartes de l'atlas 1999-2001, appelés par A. Paris " contamination uniformément répartie ", correspondent à la contamination résiduelle des sols qui, sur un terrain donné, présentent, a priori, LES MEILLEURES CONDITIONS DE CONSERVATION DES DÉPÔTS MOYENS INITIAUX, À L'EXCLUSION DES POINTS D'ACCUMULATION.

- A quelques dizaines de mètres des sols naturels retenus pour élaborer l'atlas peuvent se trouver des sols nettement moins contaminés, dès lors qu'ils ont été remaniés ou qu'ils subissent des mécanismes renforcés d'élimination du césium 137 (sols cultivés, pâturés, zones humides, terrains en pente ou soumis à fort ruissellement, etc). De même, il est évident que sur des sols goudronnés ou bétonnés que l'on rencontre en milieu urbain, la contamination initiale a été lessivée.
- À l'inverse, il est probable qu'au voisinage des terrains retenus par André Paris, existent des secteurs présentant une contamination plus élevée (un facteur 2 à 3 est tout à fait possible). Par exemple, lors de la seconde campagne de prospection qu'il a effectué en Corse, en août / septembre 2001 à la demande de la CRIIRAD, André Paris a pu identifier, entre Ghisonaccia et Solenzara, des terrains ayant conservé 2 à 3 fois plus de césium 137 que ceux explorés lors de la première campagne.
Lors d'une campagne complémentaire effectuée dans la Montagne Noire en décembre 2001 à la demande des Amis de la Terre, le technicien de la CRIIRAD a pu localiser des parcelles deux fois plus contaminées que celles explorées lors de la première mission d'André Paris.
- De façon plus ponctuelle, des contaminations nettement plus élevées que celles données dans l'atlas peuvent exister en des points spécifiques d'accumulation (ces phénomènes d'accumulation se rencontrent au pied des hêtres par exemple, au pied de certains pylônes, parfois au droit des gouttières, et en milieu alpin, sur les zones de passage préférentiel des eaux de fonte de la neige, etc.). Certains de ces phénomènes sont décrits dans le texte accompagnant les cartes mais ils ne figurent jamais sur les cartes elles-mêmes. Un paragraphe complet leur est consacré par André Paris (*page 75 de l'atlas*).
- Pour la réalisation de l'atlas, ont été retenus indifféremment des sols forestiers et des sols de pelouse. Les différences de niveaux de contamination résiduelle relative entre ces types de sols n'est pas apparue comme un élément très significatif²⁷, mais des études complémentaires seraient nécessaires pour étudier ce point.

2. Les niveaux de césium 137 mentionnés sur les cartes de l'atlas 1999-2001 correspondent au césium de Tchernobyl et au césium militaire antérieur TELS QU'ILS SUBSISTENT ACTUELLEMENT et tels qu'ils sont « vus » depuis la surface du sol. La contamination était nettement plus importante en mai 1986 (environ 2 fois plus en moyenne et beaucoup plus sur certains sols). Il y a à cela au moins 3 raisons :

²⁷ Les carottages réalisés par la CRIIRAD sur sol forestier et sol de pelouse à Vassieux en Vercors ou au col des Bagenelles dans les Vosges recèlent en effet des contaminations surfaciques comparables (écart inférieur à 20 %). Cependant le nombre de sites étudiés est trop faible pour se prononcer.

- Même si les sols ont été choisis systématiquement pour leur bonne capacité de conservation, et présentent de ce fait une contamination dont la plus grande part est retenue dans les 10 premiers centimètres de sol, l'estimation de l'activité du césium 137 à partir d'une mesure de spectrométrie de surface peut bien entendu **sous-estimer l'activité réelle en césium 137 dans les strates profondes** et par là même le niveau initial des retombées.
- La radioactivité du césium 137 diminue de moitié tous les 30 ans. La majorité des mesures de terrain ayant été effectuées entre mi-99 et la fin de l'année 2000, il s'est écoulé²⁸ environ 14 ans depuis l'accident, et l'activité déposée a perdu 30 % de sa valeur initiale. Il faut donc **multiplier les valeurs de l'atlas par un facteur proche de 1,4 pour recalculer l'activité initiale qu'avait le césium 137 en 1986**. Ce facteur de décroissance ne dépend que du temps écoulé entre le moment de la mesure et mai 1986.
- **Outre la décroissance physique du césium 137, identique en tous points, la disparition du césium 137 depuis 1986 a pu être accélérée localement par de très nombreux mécanismes.**

La cartographie a été réalisée en excluant les stations soumises à un ruissellement intense, remaniées par l'homme, pâturées ou cultivées. Malgré cela, d'autres mécanismes naturels peuvent conduire à une disparition du césium 137. On peut citer, sans être exhaustifs, le lessivage et la disparition dans les horizons profonds et/ou les nappes phréatiques, l'érosion, la migration liée à des mouvements de particules organiques ou d'argile qui permettent un transfert du césium d'un horizon à l'autre, le transfert biologique aux plantes et aux animaux.

A titre indicatif, la perte moyenne de césium 137 entre 1990-1991 et 1998, évaluée²⁹ par le laboratoire de la CRIIRAD sur plusieurs dizaines de carottages effectués en Alsace, est de l'ordre de 30 % environ et pouvait atteindre 95 %, sur des sols pourtant considérés a priori comme présentant une bonne conservation de la contamination (sols plans, non pâturés, non cultivés, etc).

Ce taux d'élimination du césium est plus important encore dans le cas de sols cultivés ou pâturés. Les mesures réalisées par la CRIIRAD sur 4 types de sols différents à Vassieux dans le Vercors ont montré par exemple que l'activité dans un champ cultivé était inférieure de 20 % à l'activité moyenne des sols proches qui présentaient a priori de meilleures conditions de conservation (sol forestier et pelouse naturelle proches). Sur des sols présentant de très faibles capacités de conservation (certains sols de Corse par exemple) des taux de disparition proches d'un facteur 5 ont été observés³⁰.

4 / CONSÉQUENCES DE LA CONTAMINATION ACTUELLE DES SOLS PAR LE CÉSIUM 137

La présence de radionucléides artificiels dans l'environnement conduit à augmenter l'exposition des personnes. Cette exposition est due au fait que les rayonnements ionisants qui traversent les tissus du corps humain y cèdent une certaine quantité d'énergie appelée dose. Pour déterminer l'exposition totale ajoutée par une contamination il faut tenir compte de l'exposition externe et de l'exposition interne.

- L'*exposition externe* est produite par des radionucléides présents à l'extérieur de l'organisme, par exemple sur le sol. En se désintégrant, ces radionucléides peuvent émettre des rayonnements ionisants qui traversent l'air ambiant et atteignent la personne qui évolue sur le sol.
- On appelle *exposition interne* l'exposition aux rayonnements ionisants émis par des radionucléides présents dans notre organisme suite à une incorporation (ingestion ou inhalation).

Dans les premières semaines après l'accident, les doses subies par certains groupes de population habitant l'est de la France (de la Corse à l'Alsace) ont pu atteindre des niveaux supérieurs aux limites sanitaires en vigueur à cette époque et conduire à une augmentation inacceptable des risques de cancer. Ces doses importantes étaient dues à la présence d'une vingtaine de radionucléides à période courte, et notamment l'iode 131.

²⁸ A l'exception de la seconde campagne en Corse, réalisée fin août / début septembre 2001.

²⁹ Etude réalisée en 1998 par le laboratoire de la CRIIRAD pour le Conseil Régional d'Alsace.

³⁰ En Corse, à Ghisonaccia, le carottage réalisé par la CRIIRAD en juillet 1988 donnait une activité totale en césium 137 de 37 320 Bq/m² (dont 31 760 Bq/m² imputables à Tchernobyl). Les mesures de terrain réalisées par André Paris, au cours de la campagne 1999-2000, donnent dans le secteur une activité surfacique de l'ordre de 7 200 Bq/m². Cela représente une diminution supérieure à un facteur 5, soit -80 %. La décroissance physique du césium 137, n'explique que 30 %.

Plus de 14 ans après l'accident, le césium 137 est pratiquement en France le seul radionucléide à subsister et les doses résiduelles sont nettement inférieures. Elles peuvent être cependant non négligeables, pour certains groupes de population, et pour les secteurs les plus contaminés de l'est de la France.

Exposition externe

Compte tenu des activités surfaciques en césium 137 mesurées par André Paris sur le territoire français, en 1999 - 2001, l'irradiation ajoutée par les émissions gamma du césium 137 conduit à une exposition en général négligeable pour la majorité de la population (le terme « négligeable » est utilisé ici au sens de la *Directive Euratom 96 / 29*. Il correspond à une dose annuelle de 10 microsieverts). Le surcroît d'exposition peut être par contre non négligeable³¹ pour les personnes qui sont amenées à passer beaucoup de temps en extérieur, dans les secteurs les plus contaminés. Il est possible par ailleurs, que du fait de la présence de points d'accumulation dans les Alpes, en altitude, certains comportements très particuliers puissent conduire à un niveau d'exposition inacceptable³².

Exposition interne via l'alimentation de base

Les essais militaires des années 50/60 et l'accident de Tchernobyl en 1986 ont entraîné une contamination actuellement faible, mais très répandue, des denrées alimentaires par le césium 137, alors qu'au début du siècle cette contamination était nulle.

Les sols ont une forte capacité de piégeage du césium, mais compte tenu des faibles facteurs de transfert vers les principaux produits cultivés (légumes, fruit, etc), les niveaux résiduels de césium 137 en 1999-2001 dans ces denrées ne devraient que très rarement dépasser le becquerel par kilogramme. Il en va de même pour les pâturages, le lait, les produits laitiers et la viande. Les doses subies du fait de l'ingestion de ces denrées devraient en général rester négligeables. Sur les secteurs les plus fortement contaminés de la partie est de la France, il est souhaitable cependant que des contrôles soient poursuivis sur des échantillons représentatifs des productions agricoles locales.

Exposition interne liée à la consommation de denrées issues du milieu forestier

Dans l'est de la France, certaines denrées issues des milieux forestiers (champignons, gibiers, baies), peuvent recevoir encore un niveau de césium 137 qui peut conduire à des doses non négligeables pour les forts consommateurs de gibiers ou de champignons.

La CRIIRAD a pu montrer que certaines espèces de champignons récoltés en France en 1997 et 1998 dépassaient encore la limite d'importation fixée par la CEE à 600 Bq/kg frais pour le césium. La consommation de 2 kilogrammes de ces champignons frais conduirait à dépasser le seuil du risque dit négligeable. Afin de limiter autant que possible l'incorporation de césium, il est donc recommandé de contrôler la radioactivité des produits issus des forêts de l'est de la France.

La CRIIRAD a publié en 1997 une fiche grand public³³ et une liste des espèces de champignons qui présentent la plus forte capacité à concentrer le césium du sol (*petit-gris*, *bolet bai*, *chanterelle en tube*, etc).

³¹ Pour une personne qui passerait 25 % de son temps en extérieur sur des sols qui présentent actuellement 2 000 Bq/m² de césium 137 (cas de nombreux sites de l'ouest de la France) à 30 000 Bq/m² de césium 137 (cas des sites les plus contaminés de l'est de la France), l'exposition externe annuelle ajoutée pourrait ne pas être négligeable (elle serait respectivement de l'ordre d'une dizaine et d'une centaine de microsieverts). La contamination publiée dans l'atlas est celle des parcelles qui présentent a priori la meilleure conservation de la contamination (sol forestier, sol non cultivé et non pâturé). Du fait de l'existence dans chaque secteur de sols moins contaminés (sols goudronnés, cultivés ou pâturés), il faut en tenir compte pour évaluer une dose réaliste, a priori plus faible que la dose théorique calculée plus haut.

³² Comme l'a démontré la CRIIRAD en 1996-1997 - par une campagne de mesure effectuée en collaboration avec André PARIS sur l'ensemble de l'Arc Alpin (de la France à l'Autriche) - il existe en altitude (en général au-delà de 1 500 mètres), des secteurs où s'est opérée une très forte recontamination locale du césium déposé initialement sur une grande surface. Sur ces points d'accumulation l'irradiation ajoutée par le césium 137 conduit à une exposition externe non négligeable. Bivouaquer pendant 2 semaines sur les points les plus actifs pourrait même conduire à des doses inacceptables c'est-à-dire supérieures à 1 000 microsieverts par an. Le laboratoire de la CRIIRAD a mesuré en effet, dans la région du Restefond, dans le Mercantour, en octobre 1997, sur un point d'accumulation (255 000 Bq/kg en césium 137), un débit de dose au contact du sol de 8,4 microsieverts par heure (déduction faite de la radioactivité naturelle). Un touriste qui placerait son sac de couchage sur cet emplacement recevrait donc en une nuit une dose de 67 microsieverts. Si l'on imagine un campement durant 15 jours, l'exposition totale pourrait dépasser 1 000 microsieverts. Cette valeur a été retenue par la réglementation française et européenne comme limite maximale pour l'exposition générée par l'ensemble des activités industrielles.

La décontamination de l'ensemble de l'Arc Alpin est impossible, mais la CRIIRAD recommande un contrôle systématique des lieux fréquentés par le public (aires de pique-nique, parkings, etc) et que des conseils soient donnés aux professionnels ou aux personnes amenées à une forte fréquentation de ces secteurs.

³³ Cette fiche est toujours disponible à la CRIIRAD.

Poser un appareil évolué de mesure de la radioactivité sur le sol est un acte scientifique simple.

C'est un acte scientifique reproductible.

Cet acte scientifique est productif. **Chaque mètre carré parcouru du territoire français, comme du territoire européen, montre un certain niveau de contamination radioactive.**

◆ LA FAÇON DE PROCÉDER

L'appareil de mesure posé sur le sol reçoit un rayonnement dont la plus grande partie provient du sol.

L'analyse du rayonnement gamma émis par le sol permet :

1°- D'identifier un certain nombre de corps émettant le rayonnement gamma.

2°- De mesurer l'intensité du rayonnement gamma émis à la surface du sol par les différents corps identifiables.

Plus le rayonnement d'un corps radioactif est intense à la surface du sol et plus ce corps est présent dans le sol.

Mais la relation n'est pas rigoureuse entre la quantité de corps radioactif présent dans le sol et le niveau de son rayonnement gamma mesuré à la surface de celui-ci.

À quantité égale, un corps radioactif plus profondément enfoui dans le sol sera moins « vu » depuis la surface du terrain qu'un corps moins enfoui.

En raison de ce fait, les valeurs de contaminations annoncées en Becquerels par mètre carré sont des approximations moyennes.

Le croisement et l'intercomparaison entre, d'une part, notre méthode consistant à apprécier directement le niveau de contamination depuis la surface du sol et, d'autre part, les analyses de carottages de sol au laboratoire de la CRIIRAD, peuvent s'écarter de plus ou moins 30 % (pages 57 à 62).

Pour les sites étudiés à plus de 10 000 Bq/m², des écarts plus importants entre les deux méthodes peuvent apparaître lorsque la contamination est fortement bloquée près de la surface du terrain (*cas des sol extrêmes posés sur une roche dure*) ou, à l'inverse, lorsque la contamination est plus enfouie que dans les situations moyennes (*cas des sols épais et surtout terrains cultivés* - page 63).

Il faut garder à l'esprit que les bas niveaux cartographiés (*en particulier dans l'ouest de la France*), sont des ordres de grandeur (*du fait que le césium d'origine militaire ancienne est plus enfoui que celui venant de Tchernobyl et en raison de la faiblesse du signal enregistré entaché d'incertitude* - page 193).

◆ LES « IMAGES » DE LA RADIOACTIVITÉ « VUE » DEPUIS LA SURFACE DU SOL

L'appareil de mesure enregistre une « image » de la radioactivité « vue » à la surface du sol.

L'appareil de mesure utilisé sur le terrain peut être considéré « comme un appareil photographique » de la radioactivité.

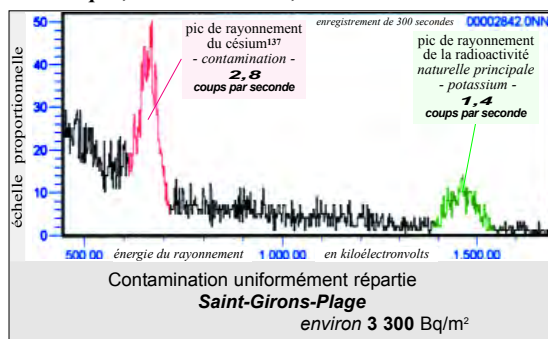
Tout se passe ainsi : quand les pics de radioactivité à mesurer sont petits, un champ vertical étroit suffit. Quand les pics grandissent, le champ vertical doit s'agrandir comme lorsque l'on recule pour faire rentrer un objet en hauteur dans le champ d'un véritable appareil photographique. L'équivalent du champ photographique qui permet d'apprécier la grandeur des pics de radioactivité est donné par l'échelle située à gauche des enregistrements.

La planche ci-après à la page 72 permet de comprendre comment la véritable grandeur des événements radioactifs rencontrés sur le terrain se retrouve traduite photographiquement sur les enregistrements.

Ceci doit être bien compris car les descriptions régionales de la contamination qui suivent s'appuient sur ce type d'enregistrement ; cette méthode nous paraît la mieux à même de montrer la réalité de la radioactivité que l'on sait pourtant invisible.

Cette « image » permet l'appréciation visuelle et directe de l'ampleur des phénomènes décrits.

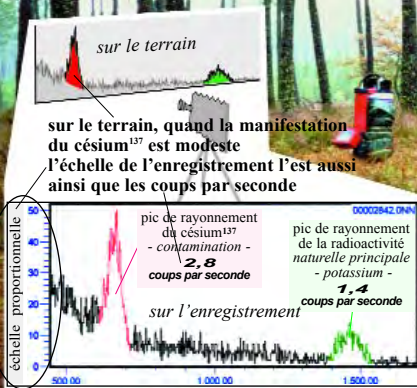
La contamination radioactive, aisément détectée depuis la surface du sol, est pratiquement toujours due, maintenant, au césium¹³⁷ (*les autres corps radioactifs artificiels, nombreux et présents à l'origine ayant maintenant disparu*). Voici, à titre d'exemple, une « image » de la radioactivité mesurée et « photographiée » sur le sol des dunes littorales plantées de pins, au bord de l'Océan Atlantique, dans les **Landes**, en **France**.



Sur cet enregistrement, on voit un « pic » souligné par la couleur verte. Le corps émetteur de cette radioactivité gamma est naturel et présent partout. Il appartient à la famille des isotopes du potassium (*potassium*⁴⁰). Au niveau du sol, comme en bien d'autres endroits et pratiquement partout, le pic de rayonnement gamma du *potassium*⁴⁰ constitue le « pic » principal de la radioactivité gamma naturelle.

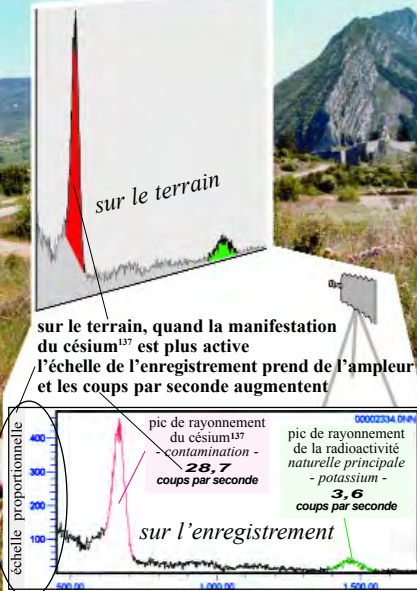
Sur l'enregistrement, le pic de radioactivité gamma souligné par la couleur rouge est dû à la présence de *césium*¹³⁷ fixé dans le sol et dont le rayonnement est capté à la surface de celui-ci. Ce *césium*¹³⁷ provient surtout des retombées des essais nucléaires et de Tchernobyl. Celui dont on détecte le rayonnement, ici à la surface du sol, a très probablement cette double origine.

mesure sur un bon milieu conservatif :
le sol forestier



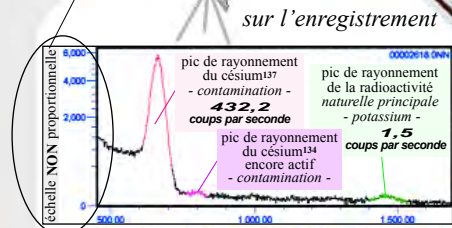
« pelouse » : milieu SAUVAGE où pousse de l'herbe rase

mesure sur un bon milieu conservatif : la pelouse

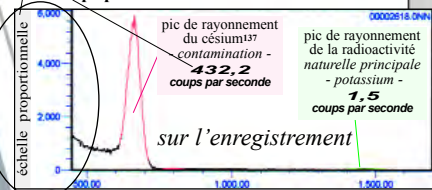


Les enregistrements de la radioactivité au niveau du sol considérés comme des photographies à la fois de la radioactivité naturelle et de la contamination par le césium¹³⁷

sur le terrain, quand la manifestation du césium¹³⁷ est intense, l'échelle de l'enregistrement devient très grande si bien que les événements modestes du bas de l'échelle se trouvent tassés et écrasés. On y remédie avec une échelle NON PROPORTIONNELLE qui correspond à une vue photographique inclinée.



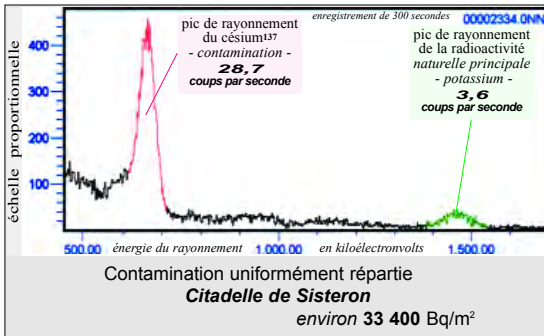
sur le terrain quand la manifestation du césium¹³⁷ est intense l'échelle de l'enregistrement devient très grande et les coups par seconde sont nombreux



ЧОРНОБИЛЬ

Cet élément de la radioactivité n'est donc pas naturel, c'est la contamination radioactive qui affecte, ici, le sol.

Voici l'enregistrement de la radioactivité au niveau du sol sur les pelouses à côté de la **Citadelle de Sisteron**, au nord de la Provence, en France.



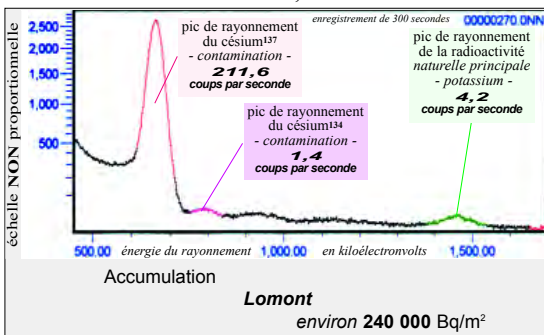
Les deux pics de radioactivité sont, comparativement, plus « hauts » que dans l'exemple précédent : le potassium⁴⁰ naturel présente un niveau 2,5 fois plus important et le césium¹³⁷ de la contamination une valeur 10 fois supérieure à ce que montrait le cas précédent. La valeur relevée de la contamination correspond, ici, aux forts niveaux connus en **Europe occidentale**.

Les contaminations radioactives étant d'origine déjà ancienne, il n'en reste qu'une partie. Actuellement, nous voyons seulement la partie durable de la contamination radioactive du sol.

Les deux enregistrements précédents de la radioactivité au niveau du sol montraient la **contamination uniformément répartie** sur les secteurs de mesure, lorsque celle-ci est bien conservée, c'est-à-dire celle que l'on rencontre de manière semblable d'un mètre carré à l'autre du terrain.

Différentes circonstances ont conduit à « mettre la contamination en tas ». Sur ces **accumulations** locales de contamination, la valeur mesurée est de plusieurs fois, de plusieurs dizaines de fois et même de plusieurs centaines de fois, le niveau de la **contamination uniformément répartie** ; cela dépend de l'efficacité particulière et locale du mécanisme accumulateur qui a produit le phénomène.

L'enregistrement suivant montre l'accumulation de contamination mesurée au pied d'un hêtre de la **Forêt du Lomont** dans le nord du Jura, en France.



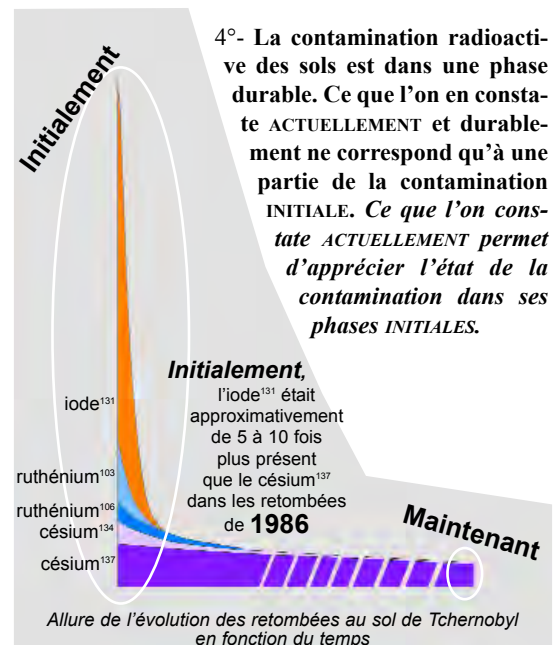
La pluie qui faisait descendre la contamination depuis l'atmosphère jusque dans le sol a coulé le long de ces arbres ; cette coulure localisée a provoqué systématiquement une accumulation de contamination à leurs pieds. L'image produite par cet enregistrement montre que le pic de rayonnement gamma du césium¹³⁷ a pris de la hauteur (*échelle de gauche*). Mais, de plus, le niveau local de contamination est tel que l'instrument détecte aussi la présence du césium¹³⁴ dont le rythme de désintégration fait qu'il n'en reste, maintenant, que moins de 1% de la quantité initiale. Le césium¹³⁴ provient exclusivement de l'accident de **Tchernobyl** ; le césium¹³⁷ vient de **Tchernobyl** aussi bien que des essais nucléaires militaires aériens.

Des nombreuses mesures effectuées, il ressort :

1°- Chaque mètre carré de l'**Europe** et de la **France** que nous avons parcouru montre un niveau de contamination du terrain par le césium¹³⁷, généralement identifiable et mesurable par le rayonnement gamma détecté à la surface du sol.

2°- Les niveaux de contamination peuvent varier géographiquement. Les variations de grande amplitude, parfois sur de faibles distances, impliquent des valeurs de contamination qui peuvent être importantes. Les variations de grande ampleur et sur de courtes distances des niveaux de contamination interdisent leur expression en termes de grandes moyennes départementales, régionales ou nationales.

3°- Sous l'effet de la contamination, le changement de l'image de la radioactivité au niveau du sol est fréquemment marqué. Le « *pic de la contamination durable* » prend une posture, la plupart du temps, nettement proéminente.



▣ LA CONTAMINATION UNIFORMÉMENT RÉPARTIE

C'est la contamination qui garde la même valeur d'un mètre carré à l'autre du terrain.

C'est dans les circonstances où cette situation idéale est la mieux établie que la mesure est la plus fiable.

Pour cette raison, avant chaque enregistrement d'une mesure de la **contamination uniformément répartie**, le terrain est testé en différents endroits pour s'assurer que cette condition est remplie de manière acceptable.

Les contaminations radioactives sont déjà anciennes : quatre décennies pour les essais aériens et une décennie et demie pour la catastrophe de *Tchernobyl*.

Depuis ce temps, on pourrait s'étonner que les contaminations radioactives soient restées aussi bien fixées dans la partie haute du sol. D'autant qu'avec la pluviométrie annuelle de nos climats européens, la tranche d'eau reçue par les sols, et largement passée à travers eux, est de l'ordre de 15 m.

Mais il ne faut pas sous-estimer la puissante capacité qu'ont les contaminations radioactives de se fixer énergiquement, notamment sur ce milieu vivant par excellence qu'est le sol.

Parmi des paysages étendus, des secteurs de mesure sont choisis et testés. La valeur mesurée de la contamination uniformément répartie sur un secteur donné est jugée cartographiquement représentative lorsque, d'une part elle satisfait aux critères de bonne uniformité et que, d'autre part, le milieu qui supporte la mesure est représentatif de son environnement. Dans les conditions naturelles rencontrées, par rapport aux situations moyennes choisies, on peut trouver des compartiments de l'environnement où la conservation, comme l'uniformité de la contamination, sont dégradées. À l'inverse, on peut trouver des endroits qui peuvent présenter des conditions exceptionnelles de conservation ; mais, généralement, leur extension est trop restreinte pour accepter que les mesures y soient cartographiquement représentatives. Dans les situations concrètes de terrain, lorsque l'écart entre les mesures de test depuis la surface du sol reste inférieur à environ plus ou moins 25 %, les conditions de conservation et d'uniformité de la contamination sont jugées acceptables (p. 195).

Deux causes sont responsables d'une altération marquée de la conservation de la contamination : l'humidité et la culture.

· **En règle générale, les zones humides présentent une valeur altérée de la contamination** (par comparaison avec un terrain sec situé à proximité). C'est ce que l'on constate. Quant à l'explication, on pourrait la rechercher dans deux directions. Tout d'abord, lors de l'installation

de la contamination : un sol déjà gorgé d'eau sera difficilement pénétré par un nouvel apport humide. Mais il se pourrait aussi que la privation d'oxygène consécutive à la saturation du sol par l'eau, rende la contamination moins solidement fixée et plus facilement déplaçable.

Quoi qu'il en soit, les terrains passant par des périodes de saturation en eau, mêmes temporaires, présentent pratiquement toujours des valeurs affaiblies de leur niveau de contamination.

· **La culture du terrain entraîne toujours une diminution sensible du niveau de contamination** que l'on peut mesurer.

Le cas le plus simple est celui des prairies naturelles. Entre la pelouse non pâturée et la prairie située à côté (*il suffit simplement de franchir la clôture*), on constate une disparition pouvant aller jusqu'à 60 % de la contamination dans la parcelle pâturée.

Dans le détail, cette disparition apparente de la contamination liée au pâturage dépend de la richesse de la prairie. Si celle-ci est maigre et peu productive, la disparition ne sera que de 10 %. La disparition de 60 % de la contamination a été constatée dans les prairies grasses très productives et donc abondamment fauchées et pâturées.

Le cas des labours est plus compliqué car la contamination étant enfouie, la mesure depuis la surface du sol la sous-estime (p. 63 - 64). Dans les sols labourés, de nature essentiellement sableuse comme aux abords de la zone interdite de *Tchernobyl*, la disparition de la contamination peut atteindre de l'ordre de 90 % en 15 ans (*une partie de la contamination a dû être consommée, une autre partie a dû être lessivée*).

· **Les milieux qui ont conservé, au mieux, la contamination uniformément répartie sont donc les endroits non remaniés, incultes et secs.**

Les milieux incultes de référence les plus étendus sont constitués par les pelouses, par les landes et landines ainsi que par les forêts. Sur de nombreux secteurs de mesure, on a vérifié que le passage de l'un de ces milieux à l'autre n'entraîne pas de différence appréciable du niveau de la contamination. Les friches, même dans le cas d'un abandon ancien de la culture, présentent fréquemment une distribution non uniforme de la contamination. Cet état paraît hérité de l'ancien état de culture, le sol en surface n'ayant pas eu le temps suffisant pour retrouver sa complète uniformité.

L'humidité stagnante, même temporaire et occasionnelle, altérant sensiblement la conservation de la contamination, les mesures de référence doivent se dégager des situations où celle-ci peut se manifester. **L'uniformité de la contamination est fréquemment affectée par les circulations d'eau dans les versants ainsi que par la stagnation de l'humidité liée aux surfaces étendues et plates** qui, de ce fait, se trouvent mal drainées.

▣ LES ACCUMULATIONS DE LA CONTAMINATION

Si la contamination s'est accumulée, c'est qu'il y avait de la contamination disponible pour conduire à ce résultat. En quelque sorte, les mécanismes d'accumulation n'ont fait que prendre la contamination disponible pour « la mettre en tas ».

Dans tous les cas, les formes d'accumulation de la contamination révèlent la présence de celle-ci.

Les accumulations de contamination se produisent dès lors que celle-ci ne peut s'installer uniformément sur toute l'étendue du terrain.

Hormis le cas particulier des hautes altitudes, il apparaît que la pluie a été le véhicule le plus efficace pour apporter les niveaux importants de contamination. Donc toutes les dispositions qui ont amené à un endroit du sol plus d'eau de pluie contaminée qu'ailleurs, ont provoqué à cet endroit une accumulation de contamination.

Définir, avec rigueur, la surface d'une accumulation de contamination peut s'avérer compliqué. En pratique, on s'en tient à délimiter l'étendue de « forte accumulation » avec une approximation qui peut dépendre des qualités de détection du matériel utilisé, notamment sa sensibilité et sa rapidité.

Les accumulations de contamination présentent obligatoirement une **valeur maximale** que l'on appelle le « **point chaud** » (*c'est le haut « du tas » de radioactivité formant l'accumulation*). La valeur de la radioactivité au point chaud de l'accumulation est fréquemment utilisée pour caractériser celle-ci. Cette valeur toujours locale, voire ponctuelle, précise l'importance et l'amplitude du phénomène particulier - **et nécessairement local** - qui a provoqué l'accumulation de contamination. Le point chaud de l'accumulation peut présenter une valeur forte et contrastée (*le tas est très redressé*) ou, au contraire, une valeur moins nettement marquée (*le tas est étalé ou aplati*). Très fréquemment, le point chaud est fortement décentré par rapport à l'ensemble de l'accumulation qui l'entoure.

Pour exprimer la teneur du sol en Bq/m² de césium¹³⁷, le spectromètre de terrain a été calibré sur une contamination répartie uniformément sur plusieurs m². De ce fait, sur les accumulations, où la contamination est forcément très hétérogène, les valeurs données en Bq/m² ne sont données qu'à titre illustratif.

Les accumulations de contamination peuvent prendre les formes les plus diverses.

Les accumulations constituant une forme particulière de répartition de la contamination, dans certaines circonstances, elles peuvent devenir complètement généralisées : c'est le cas en altitude dans beaucoup d'environnements montagnards [*ci-après*]. Dans ces cas, la juxtaposition des innombrables accumulations conduit à des formes emboîtées ; le phénomène se

reproduit presque à l'identique mais en s'emboîtant selon plusieurs échelles de grandeur : les accumulations généralisées de contamination forment alors un maillage de type *fractal*.

La forme des accumulations de contamination est difficile à définir ; pour les mêmes raisons la surface concernée l'est aussi. Quand l'accumulation est unique, sa taille peut être appréciée : quelques décimètres carrés à rarement beaucoup plus qu'un mètre carré en règle générale. Là encore, l'appréciation de la surface se complique lorsque l'on rencontre des familles et des populations d'accumulations parfois jointives. Dans ces cas, la surface totale qui intègre l'ensemble du phénomène peut atteindre et dépasser plusieurs centaines ou plusieurs milliers de mètres carrés (*comme par exemple les grandes combes à fond plat en altitude*).

Les circonstances qui ont conduit la contamination à s'accumuler sont nombreuses. Elles s'organisent en un certain nombre de catégories. Certaines sont anecdotiques, d'autres sont dignes d'intérêt.

◆ LES ACCUMULATIONS DE CONTAMINATION D'ORIGINE HUMAINE

Il s'agit des formes d'accumulation liées aux infrastructures les plus diverses. Des surfaces imperméables ont drainé, puis dérivé la contamination vers un ou plusieurs endroits périphériques où les corps radioactifs ont pu trouver à se fixer.

- Les accumulations de contamination aux égouts de toitures sont systématiques dans une très grande partie de l'Europe pour peu que du sol perméable et fixateur soit présent à cet endroit.

À titre d'exemple, on peut citer **66 300 Bq/m²** en bordure d'une maison à **Gap**, dans le quartier des **Eyssanières**, **220 600 Bq/m²** au pied de la **Maison Forestière** du **Monte Generoso** en **Suisse** dans le **Tessin** ou **3 095 000 Bq/m²** au pied d'une salle de réunion à **Poleskoje**, en **Ukraine**, à quelques dizaines de kilomètres de **Tchernobyl**.

Ces accumulations ont une surface qui va de quelques décimètres carrés à quelques mètres carrés.

- Les pieds de pylônes électriques sont également le siège de très habituelles accumulations de contamination. On peut citer **119 000 Bq/m²** à **Cornas** près de **Valence** ou **122 000 Bq/m²** au sud-ouest de **Sisteron**. Il s'agit presque toujours d'accumulations de quelques décimètres carrés.

- Dans le même ordre d'idées, on peut rencontrer des accumulations de contamination sur les bordures de parking ou de cours goudronnées, et sur les bords de routes ou dans les fossés. Souvent ces accumulations de contamination ont été provoquées par des écou-

lements assez dynamiques ; de ce fait, elles présentent une forme fréquemment étirée, sur quelques décimètres ou quelques mètres.

· Les surfaces bétonnées peuvent être le siège de violentes accumulations logées insidieusement dans les fissures et microfissures. Sur la piste olympique de luge de *Cervinia*, en haut du *Val Tournenche* en *Italie*, on a mesuré l'équivalent de **487 000 Bq/m²** incrustés dans une fissure du béton.

◆ LES PHÉNOMÈNES NATURELS PROVOQUANT DES ACCUMULATIONS DE CONTAMINATION

Les circonstances naturelles ayant provoqué des **accumulations de contamination** sont nombreuses et variées. Deux nous paraissent particulièrement importantes :

· **La première est rencontrée aux basses altitudes, depuis les plaines jusqu'à 1 000 m environ : il s'agit des accumulations aux pieds des hêtres.**

· **La deuxième est liée à des phénomènes typiquement montagnards et se manifeste au-delà de 1 500 m d'altitude.**

◆ LES ACCUMULATIONS DE CONTAMINATION AUX PIEDS DES HÊTRES

Parmi les espèces forestières communes, le hêtre (*Fagus sylvatica*) possède l'ensemble des caractéristiques suivantes : ramure érigée drainant vers le tronc les coulures de la pluie, tronc lisse ne dispersant pas la coulure le long de celui-ci, longue vie qui donne au phénomène une durée qui peut être séculaire. Durant une pluie, on peut constater la curieuse source descendant du tronc des



hêtres et venant s'étaler et s'infiltrer dans le sol en un endroit précis et toujours le même au pied de ces arbres. C'est là que la contamination est accumulée et fixée.

Nous avons pu constater, sur pratiquement tous les hêtres d'Europe que nous avons testés, une accumulation de contamination radioactive à leur pied. Dans les descriptions régionales concernant la *France* comme une dizaine d'autres pays, les valeurs d'accumulation de la contamination aux pieds des hêtres sont signalées, tant que ces arbres sont présents dans l'environnement considéré.

· Le facteur d'accumulation aux pieds des hêtres est en moyenne de l'ordre de 5 fois. Autrement dit, la contamination est en moyenne 5 fois plus importante aux pieds de ces arbres que sur chaque mètre carré du secteur de mesure (*contamination uniformément répartie*).

Mais ce n'est là qu'une moyenne assez grossière qui masque des écarts importants et significatifs.

Trois cas sont à envisager :

1 - Les accumulations sont étendues parfois sur plusieurs m². Sans être uniforme, l'accumulation ne présente pas de point chaud (*forte valeur très localisée*) bien marqué. Le facteur d'accumulation est de l'ordre de 5 fois. Dans ces situations, la contamination uniformément répartie est élevée. L'interprétation est simple : une pluie abondante a amené une contamination soutenue.

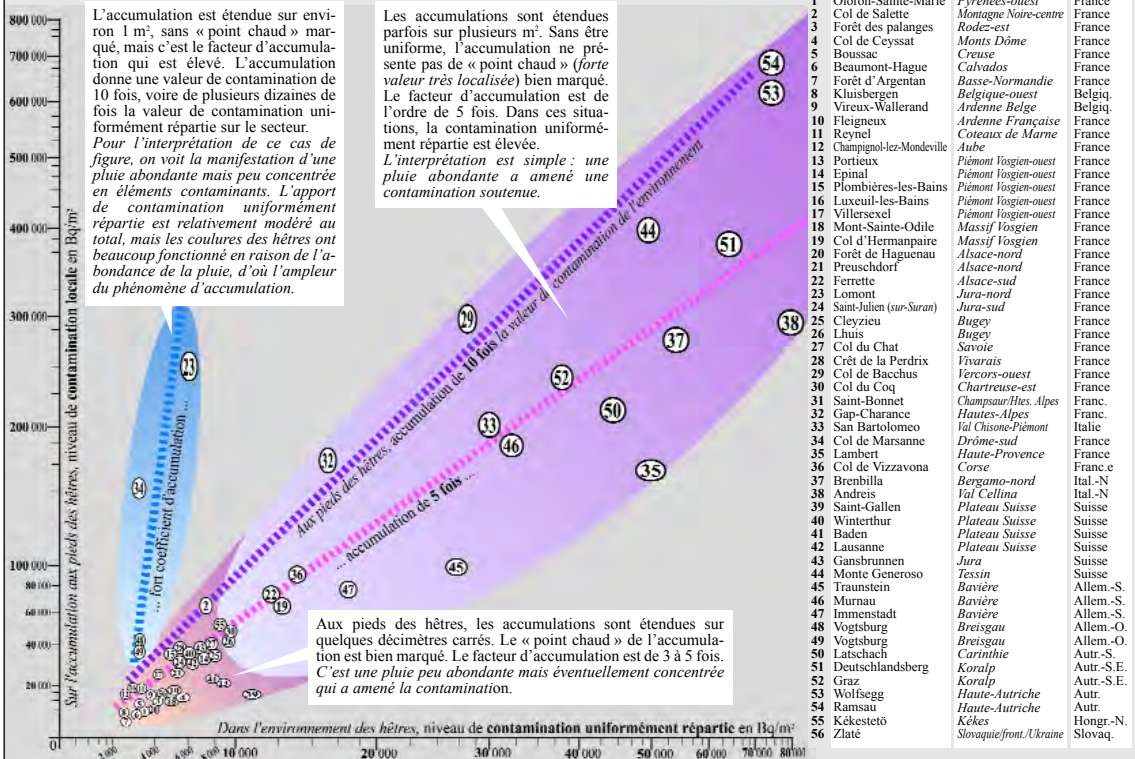
2 - Les accumulations sont peu étendues sur seulement quelques décimètres carrés. Le point chaud de l'accumulation est bien marqué. Le facteur d'accumulation est de 3 à 5 fois. C'est probablement une pluie peu abondante mais éventuellement concentrée qui a amené la contamination. Dans les secteurs affectés par ce cas de figure, en général, le niveau de la contamination uniformément répartie est plus faible que dans le cas précédent.

3 - L'accumulation est étendue sur environ 1 m², sans point chaud marqué, comme dans le premier cas, mais c'est le facteur d'accumulation qui est élevé. L'accumulation donne une valeur de contamination de 10 fois, voire de plusieurs dizaines de fois la valeur de contamination uniformément répartie sur le secteur. L'interprétation de ce cas de figure est plus délicate que pour les deux précédents. On pourrait y voir la manifestation d'une pluie abondante mais peu concentrée en éléments contaminants. L'apport de contamination uniformément répartie est relativement modéré au total, mais les coulures des hêtres ont beaucoup fonctionné en raison de l'abondance de la pluie, d'où l'ampleur du phénomène d'accumulation.

Les deux premiers cas de figure sont très fréquents, le troisième est plus épisodique (*Jura du Lomont, Breisgau en Allemagne*).

Les accumulations de contamination aux pieds des hêtres

- les accumulations de contamination sont présentes aux pieds de ce type d'arbre, avec des valeurs différentes, sur toute l'étendue de l'Europe. -



On peut regretter qu'un phénomène aussi « universel » que les accumulations systématiques de contamination aux pieds des hêtres - que nous avons découvert en Autriche - n'ait pas été l'objet d'études scientifiques avancées et d'analyses en laboratoire. Ceci pour deux raisons :

- La première est que les niveaux de contamination aux pieds des hêtres sont suffisamment importants pour permettre d'apprécier la part de contamination venant des essais militaires et la part venant de **Tchernobyl**. (Avec le simple matériel de terrain, sur les accumulations aux pieds des hêtres, il est encore fréquemment possible de détecter le césium¹³⁴ d'origine exclusivement tchernobylenne et qui n'est plus, actuellement, qu'à environ 0,5% de sa valeur initiale).



Au pied d'un hêtre accumulation de contamination

- La deuxième raison est que les accumulations aux pieds des hêtres, qui fonctionnent si bien vis-à-vis des apports atmosphériques de contaminants radioactifs, doivent témoigner de tous les autres apports de pollutions.

♦ LES ACCUMULATIONS MONTAGNARDES DE CONTAMINATION

· Au-dessus de l'altitude de 1500 m, on a rencontré ce phénomène sur l'ensemble de l'**Arc alpin** et, plus modestement, dans les **Pyrénées**.

· Le phénomène de base ayant généré ce mode d'accumulation est le suivant : en altitude, la contamination ne s'est pas posée directement sur le sol ; quelle que soit la forme de descente de la contamination depuis l'atmosphère : pluie, neige ou poussière, celle-ci s'est d'abord posée sur un manteau neigeux résiduel. Ensuite, la contamination a suivi le destin des eaux de fonte de ce manteau neigeux. Une partie a certainement été entraînée dans les torrents. Mais comme la neige fond lentement, le sol absorbe une



Paysage alpin avec de très nombreuses accumulations de contamination.

partie importante de l'eau produite. Sauf que cette absorption se fait très irrégulièrement selon les endroits du terrain. Les endroits très perméables qui offrent une grande capacité à « pomper » la neige fondante sont alimentés longtemps. La contamination a été « attirée » préférentiellement par ces endroits de « suction » de la neige fondante. La contamination s'est fixée dans le sol à ces endroits particuliers. Elle s'y trouve encore où elle forme les **accumulations montagnardes de contamination**.

· Des circonstances secondaires sont venues ajouter des détails à ce schéma de base. Au-dessus de 2 200 m, le sol reste gelé tardivement ; le gel rend le sol imperméable, ce qui le protège. Les premiers endroits de dégel aspirent activement les eaux de fonte et forment ainsi encore des endroits d'accumulations de contamination. Les gros blocs rocheux entraînent un dégel précoce à leur pied et autour d'eux ; ce sont aussi des endroits où les accumulations se rencontrent systématiquement. Pour peu qu'il se trouve un petit placage de sol ou de mousse en haut du bloc, il y aura une accumulation de contamination perchée en haut du bloc...

En résumé, **les accumulations de contamination se trouvent en nombre incalculable dans les replis du paysage montagnard. Elles sont souvent plus nombreuses dans les fonds des combes mais elles abondent dans les flancs de celles-ci et les endroits plats peuvent en être très largement pourvus.**

· Les accumulations de contamination se signalent par des maximums locaux et accusés de la radioactivité.

C'EST UNE PROFONDE CONTRE-VÉRITÉ DE CANTONNER LA CONTAMINATION AUX SEULS ENDROITS DES MAXIMUMS DE RADIOACTIVITÉ CAR LA CONTAMINATION SE TROUVE, EN FAIT, PARTOUT ; LES ACCUMULATIONS MONTAGNARDES DE CONTAMINATION NE SONT QU'UNE FORME PARTICULIÈRE, TRÈS PUISSANTE, DE REDISTRIBUTION DE LA CONTAMINATION OMNIPRÉSENTE.

· Cette puissance de la redistribution se traduit par des niveaux de contamination sévères sur les accumulations montagnardes.

Depuis la surface du sol on mesure localement des densités de contamination élevées.

Les analyses du laboratoire de la CRIIRAD ont montré dans le sol, au niveau des accumulations, la présence de plusieurs dizaines de milliers, voire de plusieurs centaines de milliers de Bq de césium¹³⁷ par kg de sol. **LES ACCUMULATIONS MONTAGNARDES DE CONTAMINATION FONT, DU SOL, UN DÉCHET RADIOACTIF ; CECI, DURABLEMENT.**

· Curieusement, une plante particulière, également montagnarde, jalonne fréquemment les accumulations de



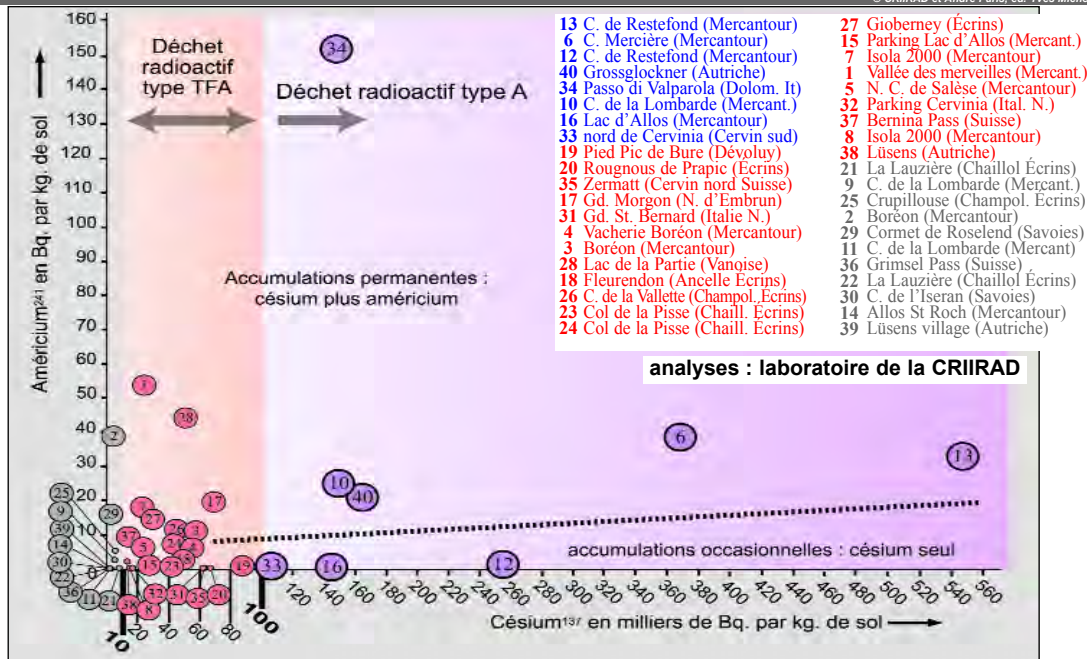
Accumulations de la contamination aux pieds des « cirses très épineux »

contamination : le *Circe très épineux*. Ce chardon élevé, aux inflorescences jaunâtres appréciées des marmottes, installe ses colonies sur les endroits les plus **filtrants** du terrain. On vient de voir que ce sont ces endroits qui ont provoqué la formation des accumulations de contamination.

· De manière plus technique et plus approfondie, on peut tirer des conclusions en regardant la nature des corps radioactifs identifiés par le laboratoire de la CRIIRAD dans des échantillons de sol prélevés sur les accumulations de contamination.



Paysage alpin avec de très nombreuses accumulations de contamination.



Rappelons brièvement que ce laboratoire a identifié dans des échantillons prélevés en 1996 et 1997 dans les sols des Alpes, deux groupes d'isotopes : d'une part le césium¹³⁷ et le césium¹³⁴ et, d'autre part, l'américium²⁴¹. L'analyse d'un échantillon confié au laboratoire de Physique de l'université de **Brème** a confirmé la présence d'isotopes du plutonium. Ces isotopes ont des origines différentes. Le césium¹³⁷ provient à la fois des retombées des essais militaires aériens et de **Tchernobyl**. Le césium¹³⁴ ne provient que de **Tchernobyl**. Les américium-plutonioms proviennent probablement en majeure partie des **essais militaires aériens** mais une contribution de Tchernobyl n'est pas exclue.

Le tableau ci-dessus montre que, dans les accumulations montagnardes de contamination, les teneurs en polluants radioactifs du groupe du césium, apportés surtout par **Tchernobyl**, sont **indépendantes** des teneurs en polluants du groupe de l'américium très probablement d'origine militaire.

Il serait intéressant d'approfondir les raisons pour lesquelles les accumulations de contamination paraissent gérer de manière relativement indépendante les deux groupes d'isotopes dont les origines sont différentes.

Des familles d'accumulations montagnardes de contamination sont décrites p. 119, p. 125 et p. 144.

◆ LE CAS PARTICULIER DES KARSTS

Les reliefs karstiques sont installés sur les grands substratums calcaires, qu'il s'agisse des **Pyrénées**, du **Jura**, des **Préalpes** ou des **Alpes occidentales** comme **orien-**

tales. Les formes tourmentées de ces reliefs résultent de la dissolution du calcaire sous-jacent.

D'une part, ces formes variées de reliefs ont provoqué une intense redistribution de la contamination. De ce fait, la contamination s'est accumulée dans de multiples endroits, ce qui la rend plus « visible ».

D'autre part, les sols des milieux karstiques sont généralement riches en humus ce qui permet à la contamination de se fixer très énergiquement.

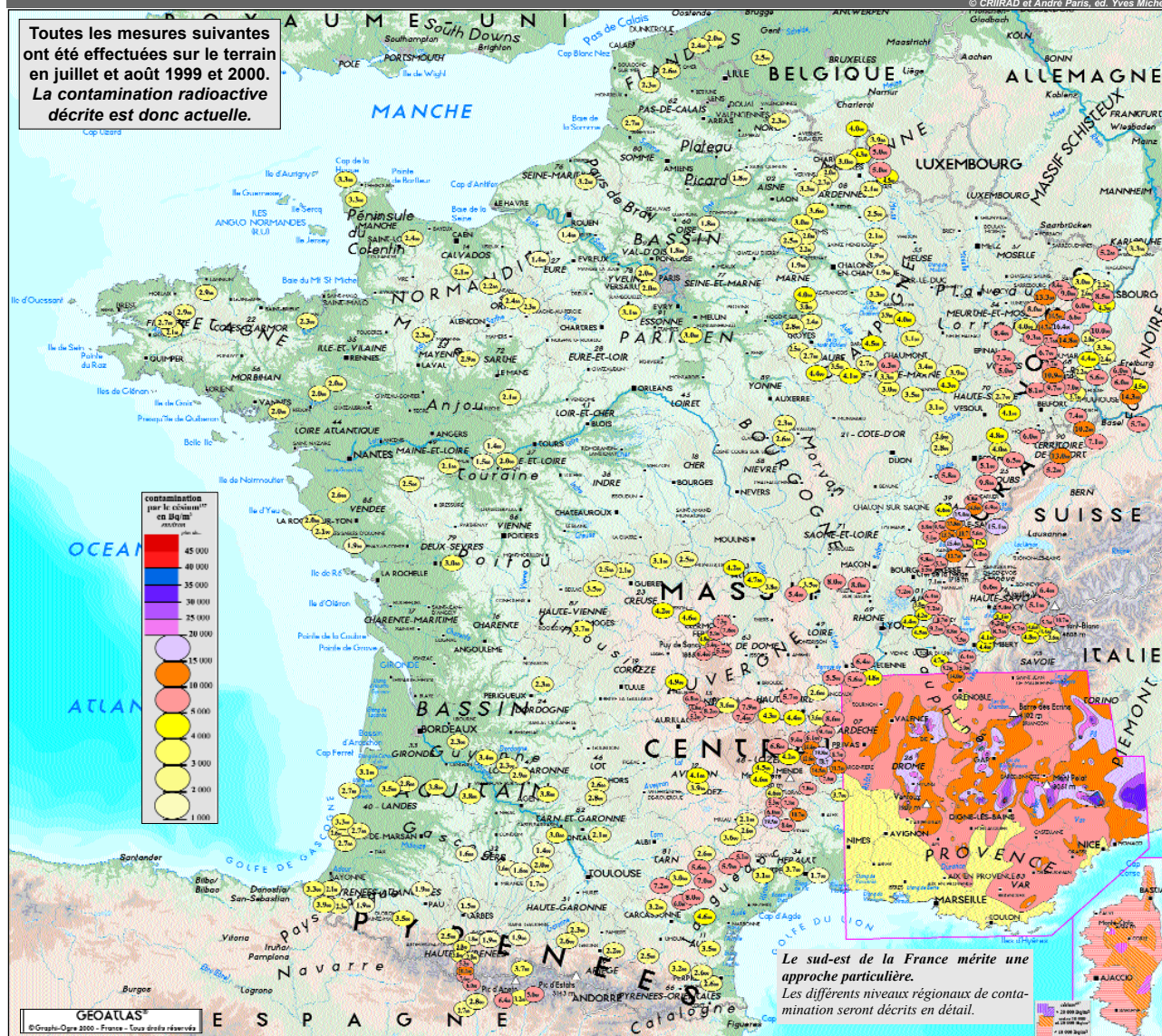
Par ailleurs, un certain nombre de vastes ensembles karstiques se trouvent être affectés par des niveaux régionalement élevés de contamination : **Vercors**, **Dévoluy**, **Jura**, **Dolomites** et **Alpes orientales** en général. Dans ces régions, la contamination actuelle uniformément répartie peut approcher, peut atteindre ou peut dépasser la valeur de 20 000 Bq/m².

La contamination élevée, la forte redistribution de celle-ci, son exceptionnelle fixation, conduisent à donner à beaucoup de milieux karstiques une « **image de la contamination particulièrement vive, contrastée et fraîche** » malgré l'ancienneté des apports polluants.

En conformité avec ce qui précède, c'est dans les échantillons provenant de milieux karstiques que le laboratoire de la CRIIRAD a analysé les plus fortes teneurs en américium²⁴¹ (**Cortina d'Ampezzo** dans les **Dolomites**, **Chevrotaine** dans le **Jura**) ; ce polluant radioactif provient très probablement des essais nucléaires aériens militaires et indique la présence de plutonioms qui ne peuvent être analysés simplement.

Des modalités de contamination de milieux karstiques sont décrites p.106 et p.119.

Toutes les mesures suivantes ont été effectuées sur le terrain en juillet et août 1999 et 2000. La contamination radioactive décrite est donc actuelle.



Le sud-est de la France mérite une approche particulière. Les différents niveaux régionaux de contamination seront décrits en détail.

Sur toute l'étendue du territoire français, les sols montrent une contamination par le césium¹³⁷.

La carte des niveaux de contamination des sols ci-jointe s'appuie sur des mesures effectuées dans les milieux naturels, tels que les forêts, les landes, les friches, les pelouses de plaines comme celles des montagnes.

À l'ouest d'une ligne : **Pyrénées-Auvergne-Ardennes**, la contamination se maintient à une valeur relativement uniforme.

Sur le territoire français, les niveaux de contamination s'élèvent en direction de l'est à partir des jalons régionaux suivants : **Pyrénées Centrales, Montagne Noire, Auvergne, Puy-de-Dôme, Mâconnais, bordure ouest du Jura, est de la Champagne, Ardennes**.

Cette montée des niveaux de contamination dans l'est de la France présente deux caractères : 1° Elle est générale et affecte tout l'est de la France. 2° - Quoique générale, elle se manifeste irrégulièrement avec des amplitudes régionalement très variables ; les niveaux de contamination varient régionalement avec d'autant plus de rapidité qu'ils sont élevés.

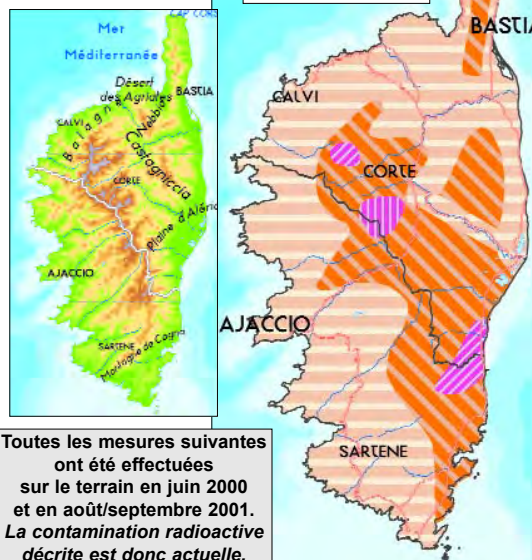
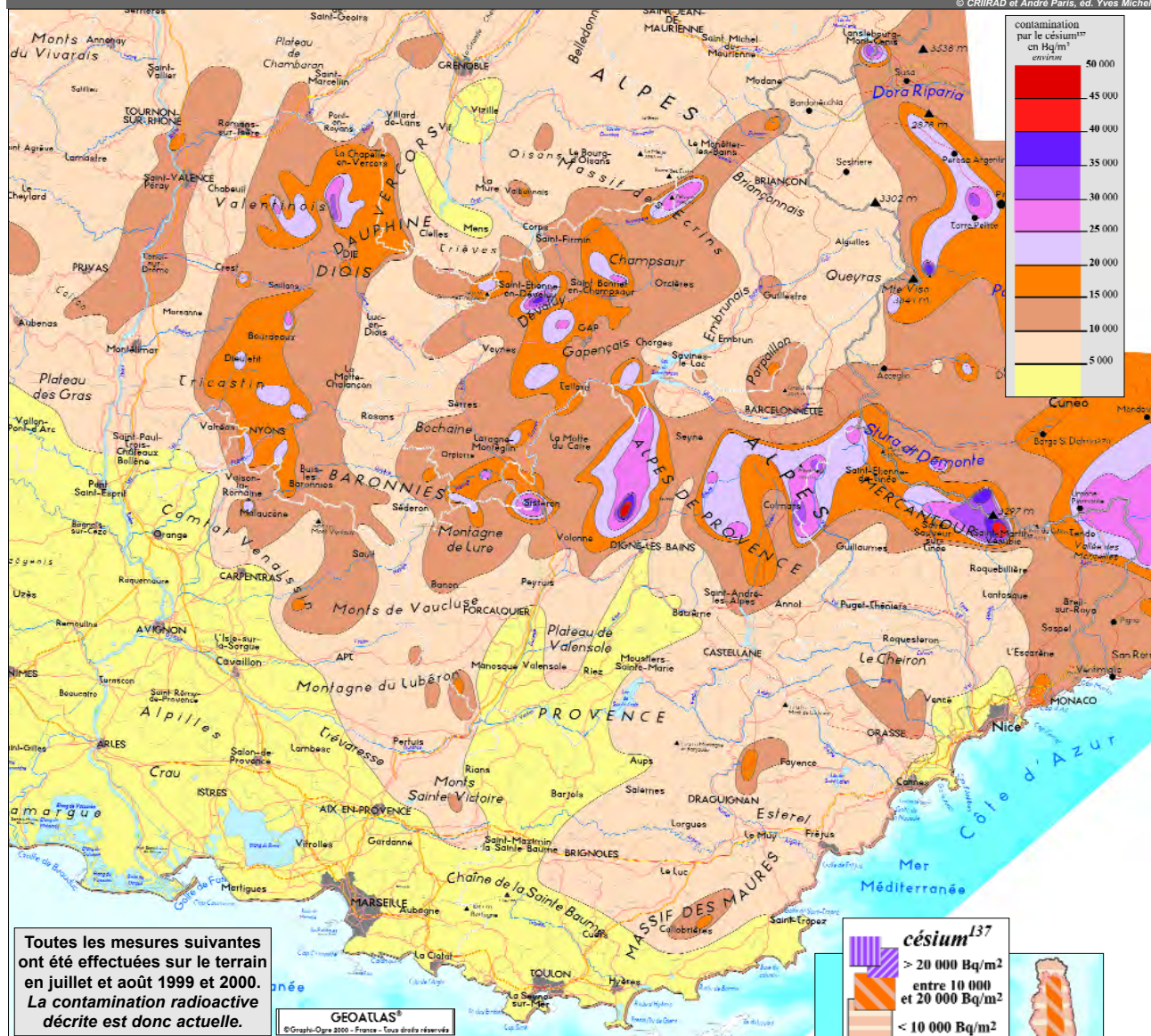
Les niveaux de contamination les plus élevés affectent les

ensembles régionaux suivants :

- Les **Vosges** dans leur ensemble, y compris les piémonts. L'axe des plus fortes contaminations suit une trajectoire : **Col des Bagenelles - Senones - Col d'Hermanpaire - Hattigny**.
- L'**Alsace** montre des valeurs variables sur de courtes distances. Les niveaux de contamination les plus soutenus ont été repérés à **Strasbourg**, à **Diebolshheim**, à **Ferrette**.
- Le **Jura** dans son ensemble avec des valeurs de contamination sensiblement plus élevées suivant la trajectoire : **Lavans-lès-Saint-Claude - Clairvaux-les-Lacs - Chevrotaine - Champagne**.
- Des niveaux de contamination de valeurs proches se rencontrent sur le **sud-est de l'Auvergne**, le **Puy-de-Dôme**, le **Mâconnais**, le **Massif du Bugey**, les **Savoies**.
- Dans l'**Ouest ardéchois**, des valeurs de contamination soutenues sont centrées sur le **Massif du Tanargue** ; elles s'étalent en auréole avec des valeurs décroissantes jusqu'au sud du **Mont Mézenc** et jusqu'au **nord des Vans**.
- Des niveaux de contamination rapidement variables, pouvant être élevés, se rencontrent dans la partie sud de l'**Aigoual**.
- Des niveaux soutenus de contamination se rencontrent sur

le sud-est de la France, la Corse, et le Piémont italien

© CRIIRAD et André Paris, éd. Yves Michel



le sud-est de la France, la Corse, et le Piémont italien

© CRIIRAD et André Paris, éd. Yves Michel

La partie du **sud-est de la France** et du Piémont cartographiée en détail s'inscrit dans le périmètre **Nîmes - Annonay - Grenoble** - l'ouest de **Turin - San Remo**. Ce domaine couvre donc les **Alpes du sud** depuis le versant italien du **Piémont**, le domaine pré-alpin correspondant, la **Vallée du Rhône** jusqu'au nord de **Valence** et s'engage de quelques dizaines de kilomètres dans les contreforts du **Massif Central**.

Dans ce périmètre, les secteurs de mesures ont été suffisamment resserrés pour suivre le niveau de contamination - *et sa variation* - de manière continue. Du moins, la continuité des valeurs mesurées d'un secteur à l'autre est apparue suffisamment bien établie pour proposer une cartographie continue. Les mesures, sur les différents secteurs, ont été réalisées selon des itinéraires et des trajectoires les plus divers. **Les valeurs mesurées sont cohérentes : au total, environ 1% des mesures se sont avérées contradictoires avec la structure cartographique définie par les 99% de l'ensemble des mesures. Les mesures - jugées atypiques - ont été laissées sur les cartes et, de ce fait, se trouvent en dehors des limites cartographiques qui ne les intègrent donc pas. La carte des niveaux de contamination ci-jointe s'appuie sur les valeurs de contamination uniformément répartie, c'est-à-dire la valeur de contamination qui est présente de manière semblable d'un m² à l'autre sur le secteur de mesure lorsque le terrain présente de bonnes conditions de conservation.**

Les domaines administratifs couverts par la carte détaillée ci-contre concernent principalement les départements de la **Drôme**, des **Alpes-de-Haute-Provence**, des **Hautes-Alpes**, des **Alpes-Maritimes**, les deux départements de **Corse** ainsi qu'une partie du **Piémont italien**.

Sur le territoire cartographié, d'une part les niveaux de contamination des sols par le césium peuvent être élevés à certains endroits, d'autre part ils peuvent évoluer rapidement d'un endroit à l'autre, sur de courtes distances.

Les éléments cartographiques majeurs sont :

Une succession de traînées de contamination orientées principalement sud-nord se développent sur la partie centrale de la carte à partir d'une ligne **Nice - Comtat-Venaissin - Plateau des Gras**. Ces traînées de fortes valeurs de contamination s'estompent vers la limite nord de la carte ; mais la contamination ne cesse pas pour autant dans cette direction ; elle s'uniformise.

Ces traînées sont de plus en plus complexes en allant de l'ouest vers l'est de la carte. Dans la partie sud de la carte, des « événements précurseurs » s'individualisent avant que les traînées majeures s'affirment (**Sainte-Victoire, Lubéron, Massif des Maures, Cheiron**).

Dans la partie ouest de la carte, la première de ces traînées est posée obliquement sur une partie de la **Vallée**

du Rhône entre les **Coirons** et le sud-ouest du **Plateau de Chambaran**. La structure de cet élément cartographique reste simple. *Signalons aussi la présence d'une autre traînée de contamination située plus à l'ouest et hors carte, entre le nord des Vans et le sud du Mont Mézenc ; elle est centrée sur le Massif du Tanargue.*

La traînée de contamination, qui va du **Comtat Venaissin** au nord du **Vercors**, est plus vaste et plus complexe que la précédente. De multiples îlots de valeurs particulières s'individualisent. Cette traînée chevauche des reliefs marqués et interfère avec ceux-ci sans qu'aucune règle vraiment générale ne puisse être dégagée : le **Mont Ventoux** est presque ignoré, le **Vercors** est très accroché, surtout dans sa partie sud. Des îlots de valeurs particulières peuvent s'individualiser sur des topographies de collines (**Crestet**), comme sur des topographies pratiquement de plaine (**Vinsobres**).

La traînée de contamination qui va de la **Montagne de Lure** au **Massif des Écrins** est encore plus vaste, complexe et fragmentée. Un axe, jalonné de multiples îlots de valeurs particulières, suit une trajectoire **Sisteron - Massif des Écrins**. Là encore, les interférences avec les reliefs ne sont ni simples ni systématiques : les valeurs particulières de **Sisteron** sont posées sur la **Vallée de la Durance**, tandis que le sud du **Massif du Dévoluy** est fortement accroché, comme l'était la partie sud du **Vercors**. Sur cette traînée, un autre axe plus court que le précédent, mais très marqué, s'individualise au nord de **Digne**.

Entre l'axe du nord de **Digne** à l'ouest et le **Mercantour** à l'est, une autre traînée de contamination, assez courte et dédoublée, vient se bloquer et s'écraser sur la ligne de hauts reliefs bordant le flanc sud de la **Vallée de l'Ubaye**.

Dans le **Mercantour**, la traînée principale qui affecte ce massif prend une direction est - ouest depuis la haute **Vallée de la Vésubie** jusqu'à la haute **Vallée de la Tinée**. Cette traînée prolonge, par-dessus la crête frontière, les valeurs piémontaises particulières qui passent par **Limone-Piemonte**.

Les niveaux de contamination piémontais sont, dans l'ensemble, soutenus. Deux axes de valeurs particulières affrontent la chaîne alpine. On vient de voir que l'axe sud réussit à traverser la **Chaîne Alpine** au niveau du **Mercantour**. Par contre, l'axe nord ne traverse pas la crête alpine et reste bloqué du côté italien de chaque côté de **Pinerolo** entre la **Vallée du Po** et celle de la **Dora Riparia**. *Plus au nord, on verra ultérieurement que les plus forts niveaux de contamination restent bloqués à l'intérieur de la courbure de l'Arc Alpin et ne traversent pas la cime des Alpes.*

Néanmoins, la contamination est également présente du côté occidental de la **Chaîne Alpine** ; les niveaux

le sud-est de la France, la Corse, et le Piémont italien

© CRIIRAD et André Paris, éd. Yves Michel

de contamination sont seulement différents d'un côté et de l'autre de celle-ci.

• La **Corse** est affectée par une traînée de contamination d'orientation sud - nord ou légèrement sud-est - nord-ouest et secondairement dédoublée par des effets de relief. La structure de la contamination en **Corse** est, dans ses grandes lignes, en accord avec ce qui est décrit dans le **sud-est de la France**. Les reliefs de l'île, bien qu'ils soient notables, apparaissent peu perturbants pour la circulation atmosphérique empruntant une direction presque méridienne ; on n'observe pas, en **Corse**, d'interférences aussi complexes que sur le continent, entre la circulation atmosphérique et les reliefs. Les niveaux de contamination apparaissent, de manière relativement simple, fonction de l'altitude.

• L'effet des reliefs sur les niveaux de contamination doit être abordé de manière nuancée :

Oublions les phénomènes typiquement d'altitude qui ont redistribué la contamination. Ils sont importants. Ils ont été décrits page 77. Ils ne concernent pas l'approche actuelle basée uniquement sur les mesures de contamination uniformément répartie.

Quoique la contamination radioactive affecte la totalité du **territoire français** et une très grande partie du **territoire européen** - de plaine comme de montagne - les plus forts niveaux de contamination ont été mesurés sur la périphérie du noyau montagnard principal d'**Europe Occidentale** que constituent les **Alpes**. Périphérie qui, en **France** notamment, doit inclure les **Préalpes** - particulièrement les **Préalpes méridionales** - le **Jura** et les **Vosges**. La bordure sud-orientale du **Massif Central** est elle-même concernée. Les plus fortes valeurs actuelles de contamination ont été rencontrées au nord et au sud de la partie orientale de l'**Arc Alpin**. Elles occupent de plus grandes surfaces de territoire au sud de cette partie de l'**Arc Alpin**. Il est connu que les précipitations jouent un rôle déterminant pour transférer la contamination de l'atmosphère au sol. Ces grandes bordures des reliefs européens majeurs activent toutes les formes de précipitations, des brumes jusqu'aux orages puissants.



Territoires d'**Europe occidentale** où les niveaux les plus élevés de contamination radioactive actuelle ont été mesurés.

• Le fait que les niveaux majeurs de contamination se développent préférentiellement sur les marges des grands reliefs ne doit pas laisser croire que la contamination se cantonne à une altitude élevée, ni qu'elle est systématiquement croissante avec l'altitude.

La plupart du temps, les grandes traînées de contamination sont beaucoup plus vastes que les reliefs qu'elles chevauchent, si bien que plaines comme hauteurs peuvent être atteintes. Certaines grandes plaines relativement éloignées des reliefs peuvent être largement concernées. Au total, et vis-à-vis de l'altitude locale, il n'y a que des cas particuliers sans règle générale : ici les hauteurs sont plus affectées qu'en contrebas, plus loin on constatera l'inverse. Les descriptions régionales détaillées qui suivent signaleront fréquemment la configuration des niveaux de contamination en fonction de l'altitude.

• Les nombreuses interférences, constatées entre les masses d'air contaminées et les reliefs qu'elles parcourent, imposent une remarque, d'autant plus nécessaire qu'une partie de la contamination s'est déposée directement au sol (**dépôts secs**), par le simple contact avec l'air « poussiéreux ».

Les masses d'air contaminées circulaient jusqu'au niveau du sol. Elles étaient donc instantanément détectables, repérables et mesurables.

En 1998, la Communauté Européenne publie une cartographie des contaminations radioactives couvrant l'Europe. Comme on le voit ci-dessous, cette synthèse est établie à partir des données fournies par les Services officiels des différents pays.

Les informations ci-dessous, concernant le sud-est de la France et publiées internationalement, n'ont aucune réalité scientifique.

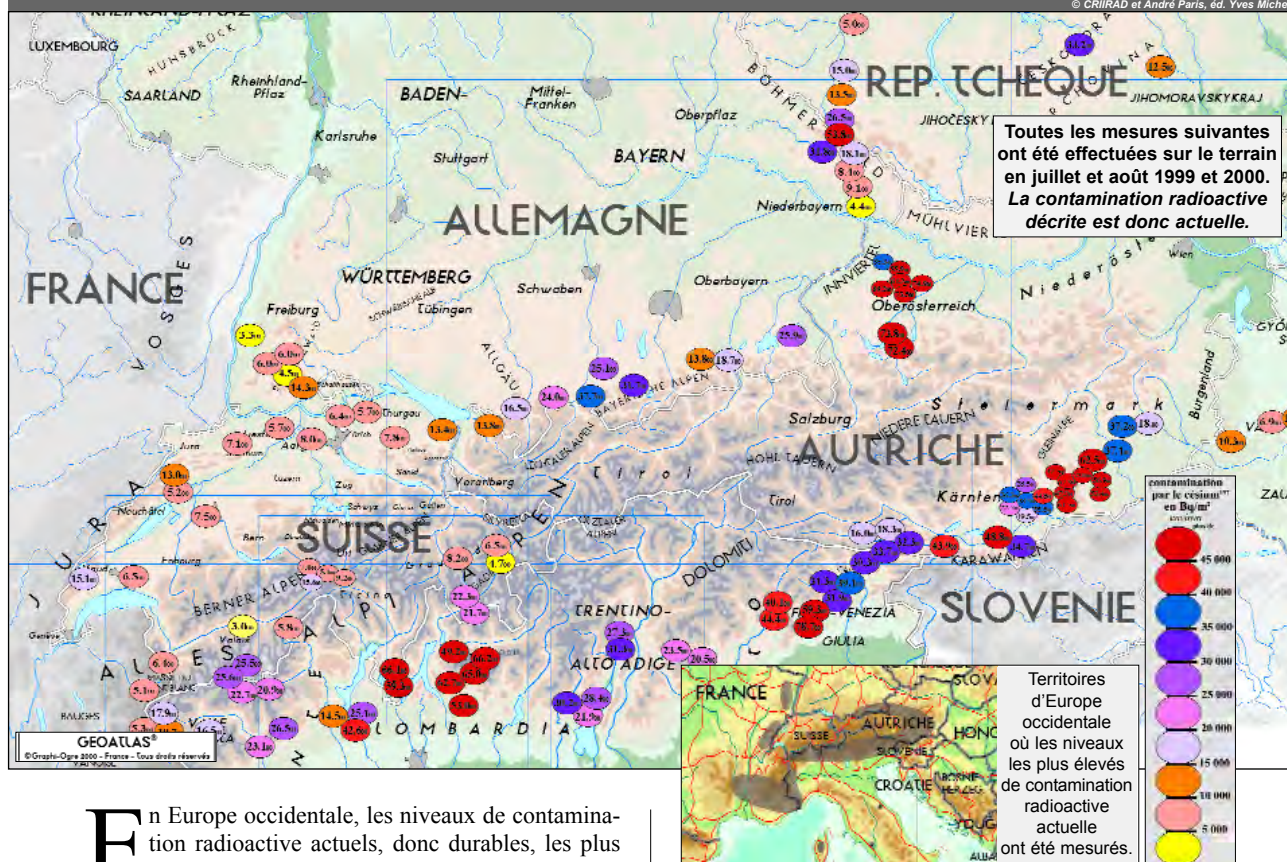
emplacement de la cartographie détaillée présentée en tête de ce chapitre



M Métivier, IPSN/DPEI/SERE, CE Cadarache, St-Paul-Lcz-Durance
G Linden, Office de Protection contre les Rayonnements Ionisants, Le Vesinet

Europe occidentale

© CRIIRAD et André Paris, éd. Yves Michel



En Europe occidentale, les niveaux de contamination radioactive actuels, donc durables, les plus importants ont été mesurés sur la périphérie de l'*Arc Alpin*. Sur sa partie est, les zones de forts niveaux présentent des valeurs comparables au nord et au sud. Par contre, sur le flanc sud, les fortes valeurs s'étendent davantage en direction de l'ouest. Vis-à-vis de la connaissance par l'opinion de ce fait environnemental et scientifique majeur - et aisément constatable - de la contamination durable des sols européens, il serait certainement intéressant de questionner les communautés nationales avec les moyens et les méthodes sociologiquement adéquates et fiables. Les informations portées à la connaissance des différentes opinions ayant pu être fort inégalement précises d'un pays à l'autre, il reste qu'à travers une grande partie de l'*Europe*, l'opinion personnelle exprimée est dubitative ou circonspecte sur ce qu'elle a eu les moyens de connaître. La découverte de la réalité durable des niveaux actuels de contamination crée, très généralement, la perplexité ; preuve qu'un peu partout, l'information suit l'événement avec, pour le moins, du retard. Par ailleurs, le fait qu'une émission violente mais brève et, qui plus est, ponctuelle, de polluant puisse envahir rapidement une multitude de collectivités nationales et s'y incruste aussi durablement, met à mal toutes les croyances en l'invulnérabilité des espaces nationaux. Pour l'opinion, la prise de conscience de l'omniprésence transcontinentale de la contamination radioactive - durable - des sols européens, est difficile, peut-être douloureuse. Au niveau politique, la gestion de l'événement contaminant n'a pu manifester que beaucoup d'impuissance face au fait lui-même.

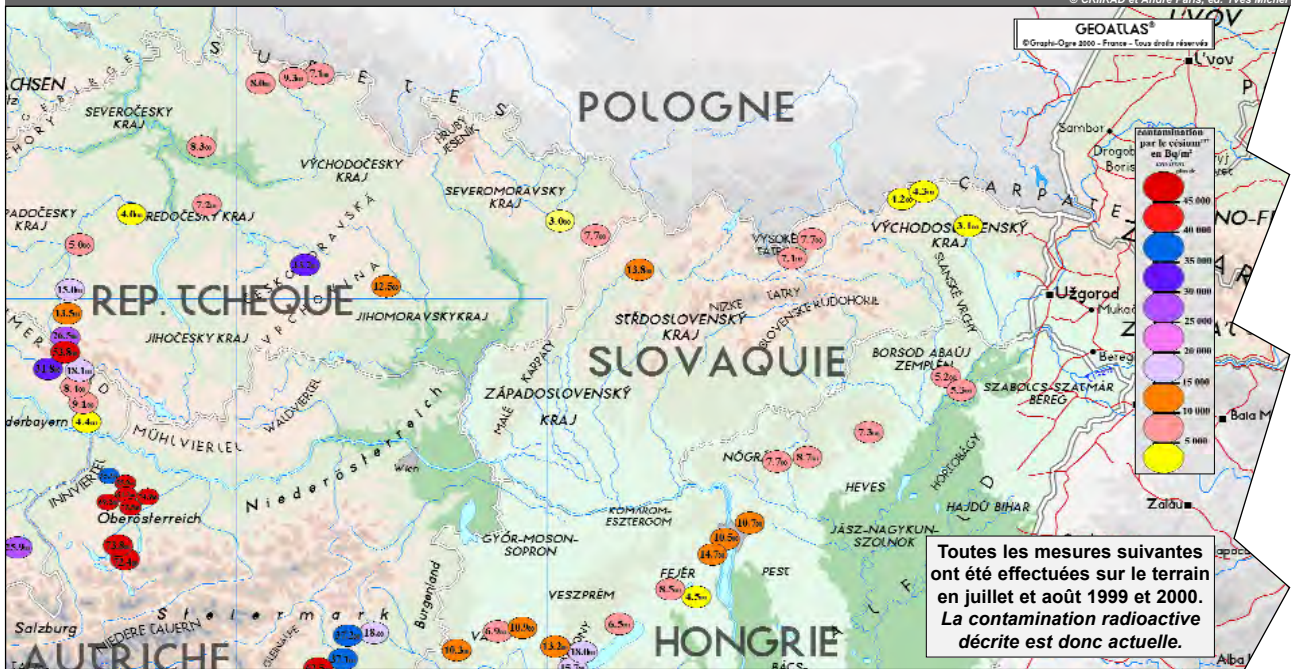
À l'époque des émanations de *Tchernobyl*, et tandis qu'elles se répandaient sur l'*Europe*, les « murs » et autres « rideaux » qui segmentaient politiquement et durement ce continent, se sont révélés dérisoires et particulièrement anachroniques. Politiquement et face à l'événement, la capacité d'agir a surtout consisté à manier le levier de l'information. La caractéristique d'un accident nucléaire majeur est que des quantités de l'ordre de quelques grammes à quelques kilogrammes de radionucléides injectées en un point dans l'environnement peuvent envahir en quelques jours, pesamment et durablement, les lieux de vies de centaines de millions de personnes sur des millions de km². L'argument des « faibles quantités engagées » tombe devant la capacité de nuisance très particulière des polluants de type radioactif.

La forte capacité des sols à fixer aussi énergiquement la partie durable des contaminations peut étonner. En 15 ans, depuis l'époque des apports polluants venant de *Tchernobyl*, les sols européens ont été traversés par une hauteur d'environ 10 à 15 m d'eau. Ce délavage important n'a pas réussi à faire lâcher prise à une grande partie de la contamination encore fixée dans la partie superficielle des sols ; cette partie superficielle des sols est la plus vivante. C'est la couche nourricière.

Dans cette partie de l'*Europe occidentale*, les niveaux de contamination mesurés seront décrits pays par pays.

Europe orientale

© CRIIRAD et André Paris, éd. Yves Michel



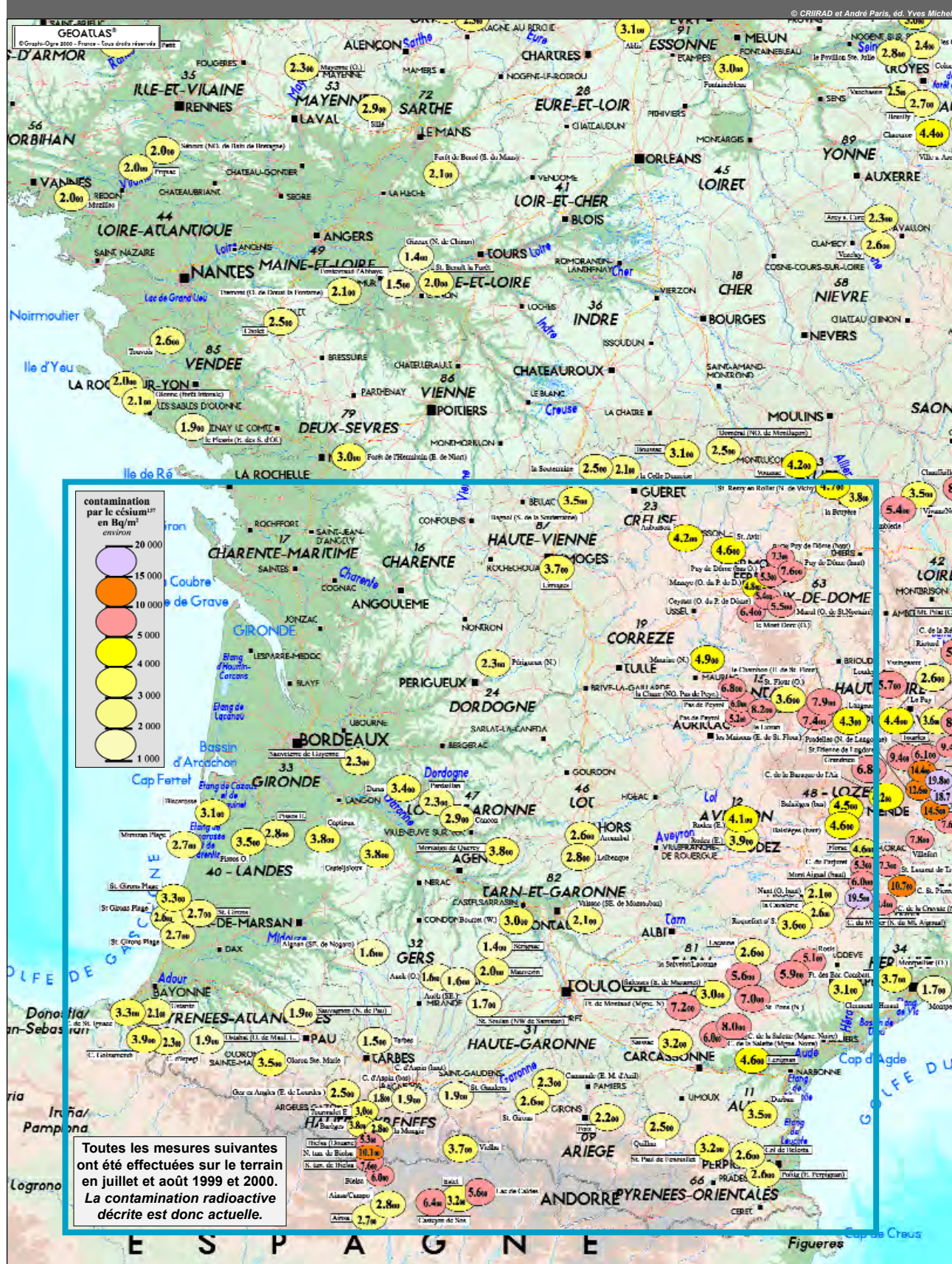
À travers l'Europe orientale, en allant vers le nord-est, on pourrait s'étonner de voir les niveaux de contamination décroître (mis à part un événement encore marqué, mais localisé, au centre de la République tchèque).

Cela traduit la forte aptitude des radioéléments à voyager vite et loin avant de retomber très inégalement au gré des caprices météorologiques. Et cela montre également combien la seule appréciation du danger nucléaire en fonction de la distance par rapport aux sites à risques constitue une vision erronée de la réalité. À proximité de l'installation accidentée de Tchernobyl, en Ukraine septentrionale, les niveaux

actuels et durables de contamination s'élèvent. Pour préciser le rôle ambigu de la distance, on peut signaler qu'entre le niveau de contamination actuel mesuré au bourg de Tchernobyl, vers le centre de la zone interdite, et certains niveaux de contamination mesurés en France, à 2 000 km de distance, le rapport est de 12 fois. Ce rapport n'est plus que de 6 fois la valeur mesurée sur certains secteurs d'Europe occidentale. Reste que le Belarus, au nord de l'Ukraine, est un des pays les plus atteints par la contamination émise par son voisin.

Dans cette partie de l'Europe orientale, les niveaux de contamination mesurés seront décrits pays par pays.

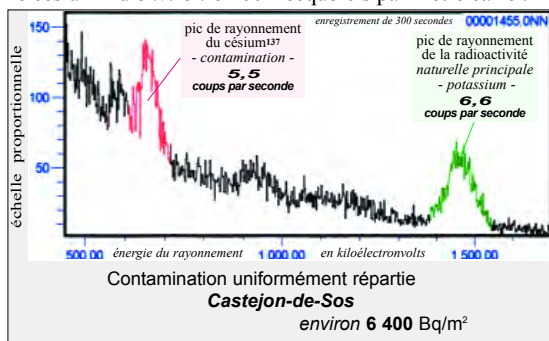
le sud-ouest de la France



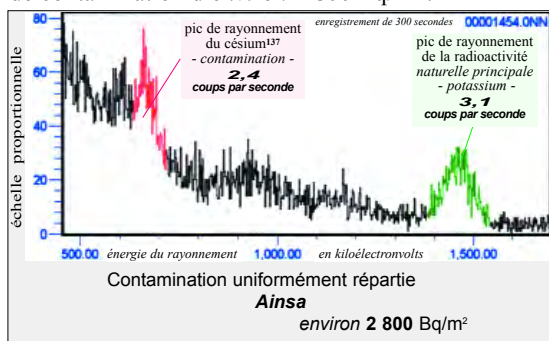
♦ LA PARTIE CENTRALE DE LA CHAÎNE DES PYRÉNÉES

Puisque nous abordons cette région par le sud, prenons la liberté d'aller voir sur le flanc espagnol des **Pyrénées**.

- À **Castejon-de-Sos**, vers 1200 m d'altitude, les bois de pins offrent l'image suivante de radioactivité au niveau du sol qui correspond à un niveau de contamination du sol par le césium¹³⁷ d'environ **6 400 Becquerels** par mètre carré :

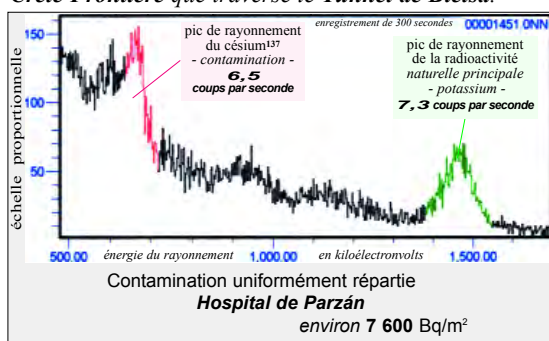


- Autour de la ville d'**Ainsa**, l'image de la radioactivité au niveau du sol, toujours dans les bois de pins nombreux dans ces paysages, correspond à un niveau de contamination d'environ **2 800 Bq/m²** :



Le niveau de contamination par le césium¹³⁷, dans une fourchette de valeurs comprises entre environ **3 000** et **6 000** Becquerels/m², paraît représentatif pour cette partie du piémont espagnol des **Pyrénées** situé au centre de cette chaîne de montagnes.

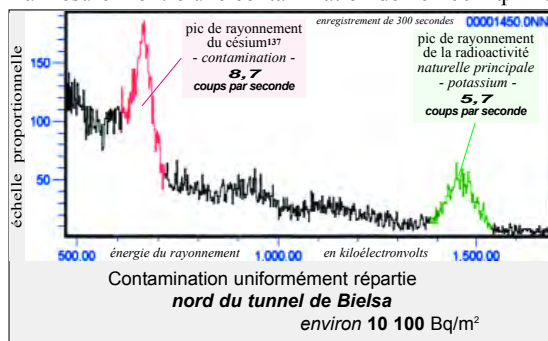
Remontons maintenant vers le nord en direction de la **Crête Frontière** que traverse le **Tunnel de Bielsa**.



- Jusqu'à **Bielsa** on mesure **6 000 Bq/m²** tandis qu'un peu au nord, à **Hospital de Parzán**, également dans un bois de pins, on mesure **7 600 Bq/m²** (*ci-contre*).

- Sous le débouché sud du tunnel et du côté espagnol, la contamination est encore mesurée à la valeur d'environ **7 600 Bq/m²**.

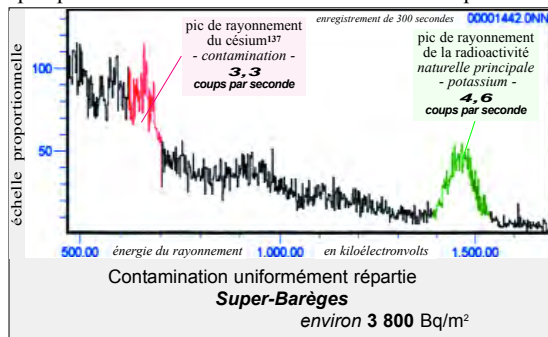
- Du côté nord du tunnel de **Bielsa**, du côté français, dans les vastes pelouses de l'alpage, l'enregistrement de la mesure montre une contamination de **10 100 Bq/m²** :



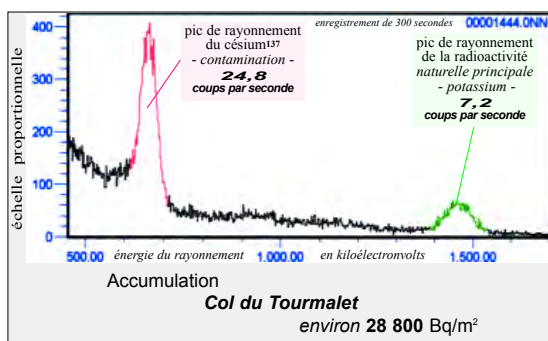
Déplaçons-nous dans le versant nord, du côté français, dans cette partie centrale des **Pyrénées**.

- Les valeurs de contamination mesurées se situent dans une fourchette comprise entre **3 800 Bq/m²** à **Barèges**, et **1 500 Bq/m²** à **Tarbes**.

- Dans cette zone, regardons ce qui se passe dans les grands replats situés du côté ouest du **Col du Tourmalet**, autour de **Super-Barèges**. Là, nous sommes dans des pelouses d'alpage situées autour de 1 800 m d'altitude. Les surfaces topographiquement plates, peu importe qu'elles soient modérément inclinées, présentent une valeur à peu près uniforme de contamination de **3 800 Bq/m²** :



Mais, dans cet environnement montagnard, les combes sont nombreuses ; qu'elles soient de petite taille, moins de 1 m, ou beaucoup plus grandes, on constate systématiquement vers leur fond ou sur leurs bords, de nombreuses accumulations locales de contamination ; voici un exemple de ces innombrables situations où la valeur mesurée est, ici, de **28 800 Bq/m²** :

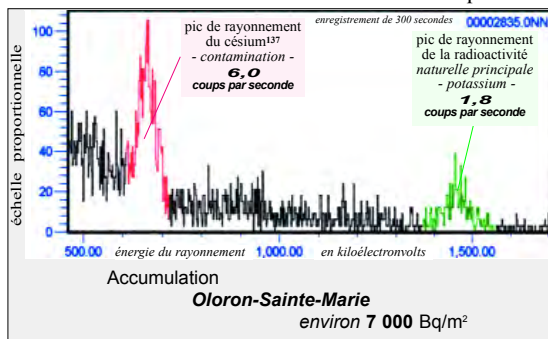


La redistribution de la contamination dans les replis de la surface topographique a été également rencontrée dans le secteur des grands replats entourant le haut du *Cirque de Gavarnie*.

Ce phénomène particulier des accumulations de contamination est très général en montagne autour de ces altitudes. Nous le rencontrerons à peu près partout en Europe. Il a été décrit en détail page 77.

◆ LES PYRÉNÉES DE L'OUEST

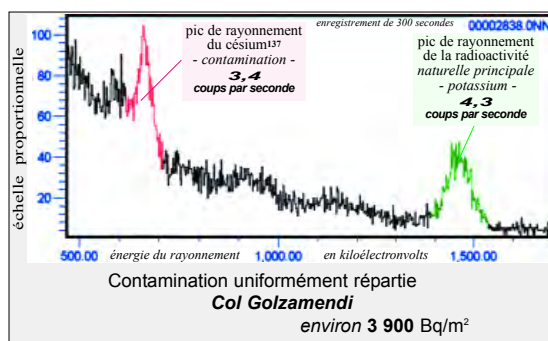
• La Forêt Domaniale d'*Oloron-Sainte-Marie* montre une valeur de contamination répartie d'environ 3 500 Bq/m². Mais, spécialement aux pieds des hêtres, la mesure révèle une valeur double de 7 000 Bq/m² :



Nous sommes en présence d'une forme d'accumulation particulière de la contamination : une pluie contaminante a coulé le long des branches et du tronc et la contamination s'est fixée dans le sol aux pieds de ces arbres. Ce phénomène sera rencontré très fréquemment en *Europe* avec une ampleur variable [p. 76]. Ici, l'accumulation est deux fois la valeur de la contamination uniformément répartie ; le phénomène d'accumulation est d'ampleur limitée.

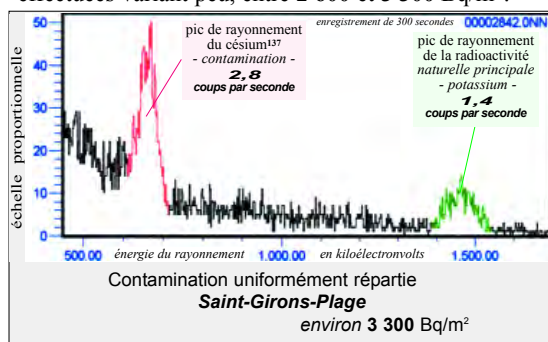
• Au *Col Goltzamedi*, le sol de la forêt de sapins montre une valeur de contamination uniformément répartie d'environ 3 900 Bq/m² (ci-contre).

• Une valeur proche, située à environ 3 300 Bq/m², est mesurée dans les bois de pins au *Col de Saint-Ignace*, au nord de la *Rhune*. La grande forêt d'arbres feuillus d'*Ustaritz* donne une valeur de 2 100 Bq/m².



◆ LA PLAINE D'AQUITAINE

• Plusieurs enregistrements, effectués sous les pins des *Landes* dans les dunes littorales de *Saint-Girons-Plage*, montrent une valeur homogène de la contamination qui se situe autour de 3 000 Bq/m² ; les différentes mesures effectuées variant peu, entre 2 600 et 3 300 Bq/m² :

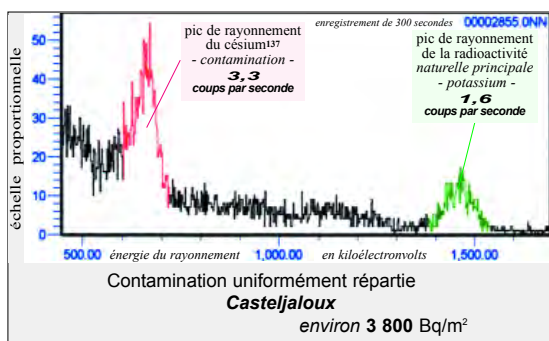


On n'observe pas de différence significative entre le haut et le bas des dunes. Ces sols sableux paraissent d'une nature très fragile ; ils sont physiquement peu consistants et ne sont constitués que d'un peu d'humus forestier mélangé au sable de surface ; ils sont très perméables et l'eau les traverse avec la plus grande facilité. Malgré ces apparences, ils fixent la contamination avec beaucoup d'efficacité.

Nous verrons, ailleurs, d'autres exemples de l'efficacité fixatrice de ces types de sols, avec des valeurs de contaminations différentes.

• Les mesures effectuées à *Mimizan-Plage*, en bordure de la *Forêt de Sainte-Eulalie*, dans une situation également très littorale, ou à *Biscarrosse* un peu en retrait de l'océan, fournissent des valeurs de contamination toujours semblables et situées autour de la valeur de 3 000 Bq/m².

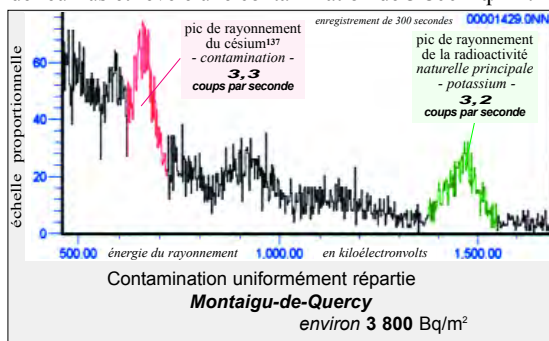
La même situation se rencontre avec beaucoup de constance à travers tout le *Massif forestier landais*, comme le montre la succession des relevés effectués dans cette région ; cette situation a été rencontrée jusqu'à *Casteljaloux* où l'on a mesuré la valeur de 3 800 Bq/m² :



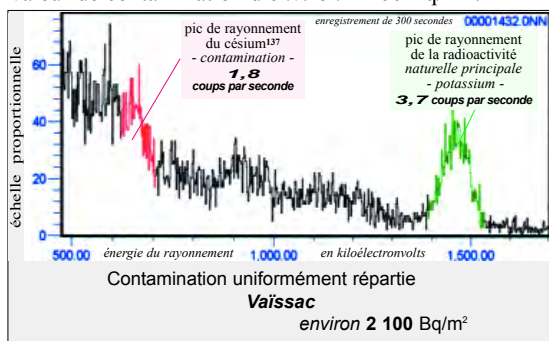
◆ LES COTEAUX CEINTURANT L'AQUITAINE

La vaste auréole des coteaux du *sud-ouest* présente une situation relativement uniforme avec une valeur de contamination qui est comprise entre environ 1 500 et 3 500 Bq/m². Ceci depuis le *Périgord*, en passant par la *Région toulousaine* et jusqu'au *Gers*. Cette situation peut être représentée par les deux enregistrements suivants :

• Celui de *Montaigu-de-Quercy* est effectué dans un bois de feuillus et révèle une contamination de 3 800 Bq/m² :



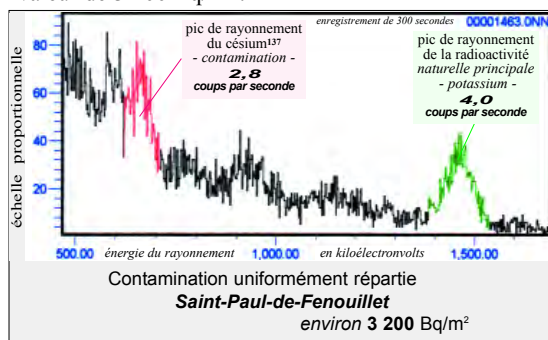
• Celui de *Vaïssac*, à l'est de *Montauban*, montre une valeur de contamination d'environ 2 100 Bq/m² :



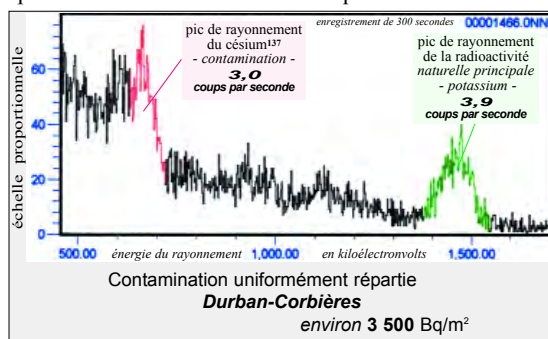
◆ LES PYRÉNÉES ARIÉGIOISES ET LES PYRÉNÉES ORIENTALES

• Ce piémont pyrénéen montre des valeurs de contamination variant peu et situées entre environ 2 000 et

3 500 Bq/m² ; situation que l'on peut illustrer avec l'enregistrement de *Saint-Paul-de-Fenouillet* montrant une valeur de 3 200 Bq/m² :



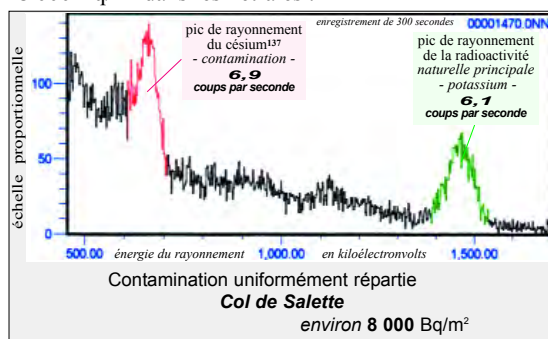
• Ou bien avec l'enregistrement de *Durban-Corbières* présentant une valeur de 3 500 Bq/m² :



◆ LA MONTAGNE NOIRE

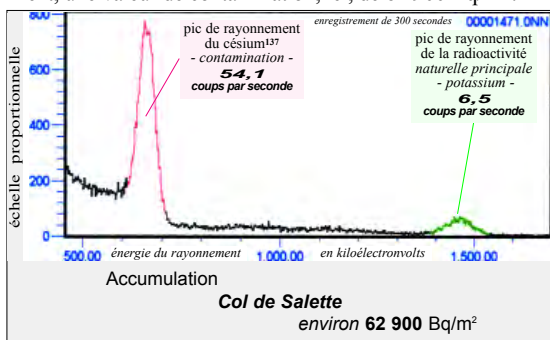
Cet ensemble morphologique a une forme topographique lourde culminant vers 1 000 m d'altitude, avec une emprise géographique en ovale étiré d'ouest en est. Ce relief, quoique d'altitude modeste, est très exposé à toutes les influences atmosphériques, d'origine méditerranéenne comme atlantique. Ce relief massif est très boisé.

• Dans les grands plateaux forestiers autour du *Col de Salette*, les mesures effectuées situent la contamination à la valeur de 6 000 Bq/m² dans les sapinières, et à 8 000 Bq/m² dans les hêtraies :



Mais aux pieds des hêtres, la coulure de la pluie contaminante a accumulé la contamination. Ici, ces taches d'accumula-

tion sont étendues, c'est-à-dire qu'elles peuvent être de taille métrique. On peut y mesurer, localement mais systématiquement, une valeur de contamination, ici, de **62 900 Bq/m²** :

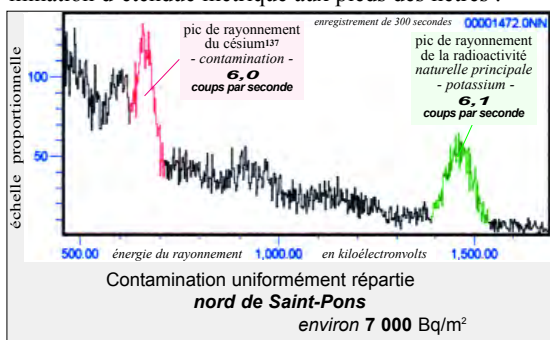


Aux pieds des hêtres, la contamination concentrée jusqu'à 7.5 fois, ainsi que la dimension importante des taches d'accumulation, révèlent une action marquée de la pluie contaminante.

- Dans le secteur nord-ouest de la **Montagne Noire**, à l'ouest de **Mazamet**, dans la **Forêt de Montaud**, les valeurs mesurées sont identiques avec une contamination uniformément répartie d'environ **7 200 Bq/m²** ; dans ce secteur, on retrouve le phénomène des accumulations de contamination aux pieds des hêtres.

- Au sud de la **Montagne Noire** proprement dite, la valeur mesurée à **Lézignan** : **4 600 Bq/m²**, est certainement due à l'influence du relief proche.

- Vers le nord-est, on trouve une valeur de contamination uniformément répartie de **7 000 Bq/m²** au nord de **Saint-Pons**, avec toujours des accumulations de contamination d'étendue métrique aux pieds des hêtres :



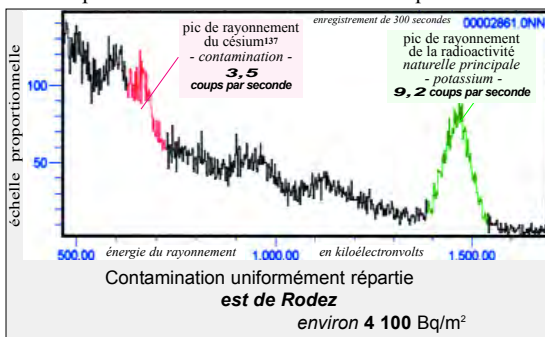
- Encore plus à l'est, au nord de **Lamalou-les-Bains**, dans la **Forêt des Écrivains Combattants**, des valeurs comprises entre environ **5 000** et **6 000 Bq/m²** ont été mesurées, tant en forêt que dans les landes à callune.

◆ LES CAUSSES

- Le **Larzac** montre une contamination d'environ **3 600 Bq/m²** à **Roquefort-sur-Soulzon**, de **2 600 Bq/m²**

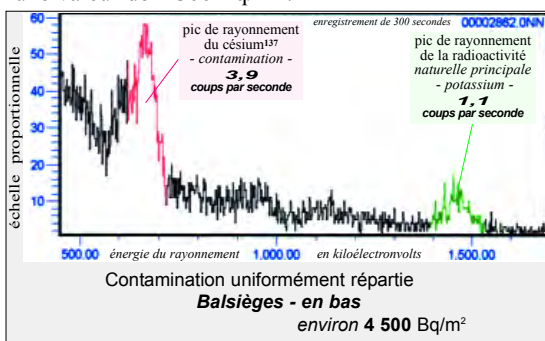
à **la Cavalerie** et de **2 100 Bq/m²** à sa bordure est, au-dessus du vallon de **Nant**.

- À **Rodez**, juste à l'est de la cité, dans la **Forêt des Palanges**, plusieurs enregistrements situent la contamination uniformément répartie entre environ **3 900** et **4 100 Bq/m²** :



Là encore, aux pieds des hêtres, les taches locales d'accumulation montrent une valeur, ici, de **12 400 Bq/m²**.

- À **Balsièges**, juste au sud-ouest de **Mende**, la falaise de bordure du **Causse de Sauveterre** apporte une précision intéressante. Tout en bas de la vallée encaissée du **Lot**, dans les bois de pins, la contamination uniformément répartie sur le secteur est mesurée avec une valeur de **4 500 Bq/m²** :



Tout en haut du **Plateau du Causse**, à peu de distance mais près de 400 m plus haut, également dans les bois de pins, la contamination est mesurée à une valeur de **4 600 Bq/m²**.

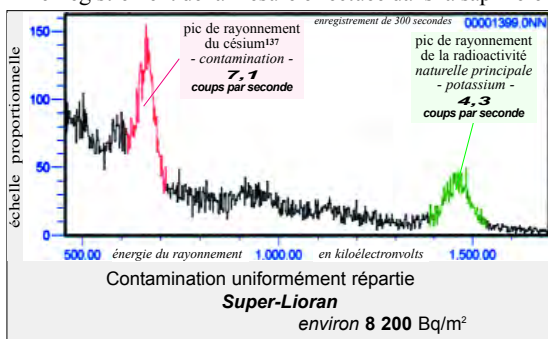
Ces deux valeurs similaires montrent que, ici, la contamination est indépendante de l'altitude et que c'est sa valeur régionale qui est nettement prépondérante.

◆ LE CANTAL

Une trajectoire est-ouest traversant amplement le relief des **Monts du Cantal** donne une vue d'ensemble sur les valeurs de contamination : **7 900 Bq/m²** sont mesurés à 30 km à l'est de **Saint-Flour**, **7 400 Bq/m²** à 12 km toujours à l'est de cette ville, **3 600 Bq/m²** à **Saint-Flour**, **8 200 Bq/m²** à **Super-Lioran**, **6 000 Bq/m²** dans les pelouses à myrtilles en haut du **Pas de Peyrol**, **6 800 Bq/m²** en bas du **Pas de Peyrol**, **4 900 Bq/m²** juste

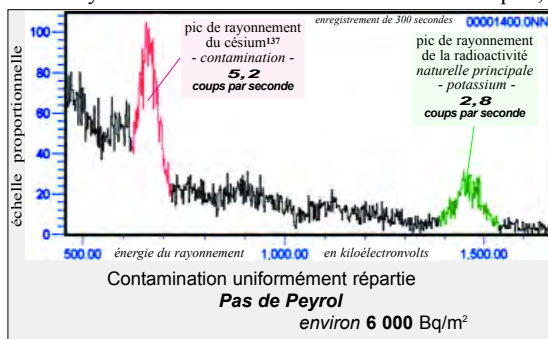
à l'est de **Salers**.

• L'enregistrement de la mesure effectuée dans la sapinière



de **Super-Lioran** montrant la valeur de 8 200 Bq/m² :

Ainsi que celui réalisé au **Pas de Peyrol**, dans les pelouses à myrtilles et montrant la valeur de 6 000 Bq/m²,

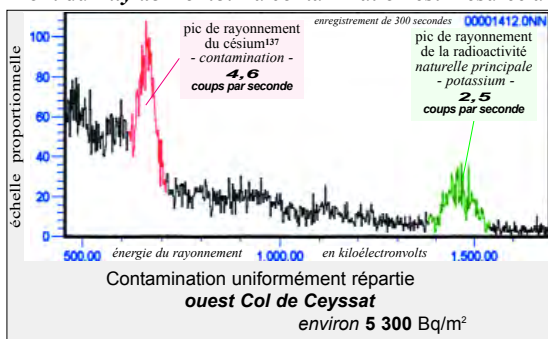


illustrent cette situation régionale :

◆ LES MONTS DORE ET LES MONTS DÔME

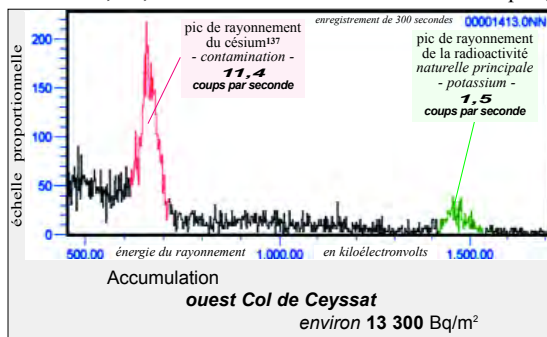
Malgré une topographie tourmentée, des variations d'altitude appréciables et des expositions variées, l'ensemble de ce domaine offre des valeurs de contamination qui varient dans une fourchette d'assez faible amplitude : environ 6 400 Bq/m² dans la sapinière à l'ouest du **Mont Dore**, 5 500 Bq/m² dans un bois de pins à **Murol**, 5 400 et 4 800 Bq/m² dans les sapinières de plaine à l'est de **Mazaye**.

• L'enregistrement qui suit, effectué en contrebas ouest du **Col de Ceysat**, en forêt de sapins et de feuillus mélangés, est bien représentatif de ces situations en pied-mont du **Puy de Dôme**. La contamination est mesurée à



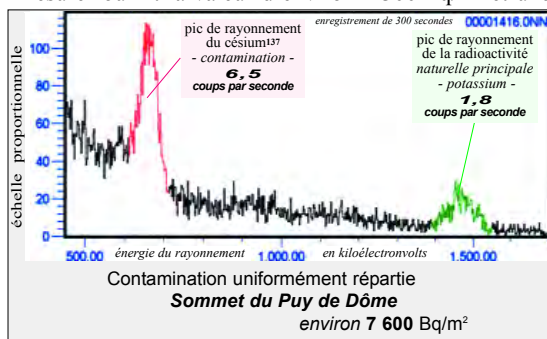
la valeur d'environ 5 300 Bq/m² :

Dans le même milieu forestier, aux pieds des hêtres, les accumulations locales de contamination [p. 76] sont mesurées, ici, avec une valeur d'environ 13 300 Bq/m²,



soit un facteur d'accumulation de 2.5 fois :

• Au sommet du **Puy de Dôme**, dans les grandes pelouses à myrtilles* et à callune*, l'enregistrement d'une mesure fournit la valeur d'environ 7 300 Bq/m² et une



autre mesure, que voici, la valeur de 7 600 Bq/m² :

◆ LA CREUSE (jusqu'à l'est de la Hte-Vienne)

• D'est en ouest, les valeurs de contamination évoluent ainsi : 4 600 Bq/m² à **Saint-Avit**, 4 200 Bq/m² à **Aubusson**, 3 500 Bq/m² à Bagnol près de **Bessines-sur-Gartempe**, au sud-ouest de la **Souterraine**.
Callune, bruyère à floraison automnale visible sur la photo.

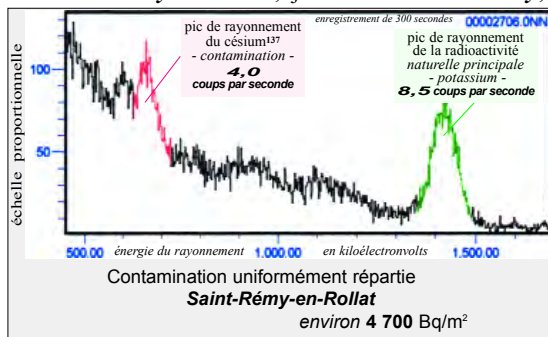




◆ DE VICHY AUX SABLES-D'OLONNE

Les mesures effectuées sur cette grande transversale est-ouest montrent des valeurs de contamination qui s'inscrivent entre *environ 4 700 Bq/m²* et *2 000 Bq/m²*.

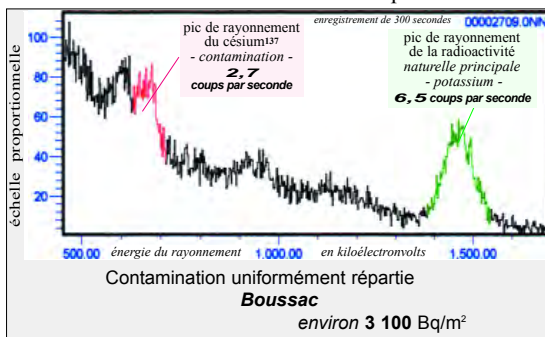
• À **Saint-Rémy-en-Rollat**, juste au nord de **Vichy**,



dans un bois de feuillus, on rencontre la valeur de contamination par le césium¹³⁷, uniformément répartie sur le secteur, d'*environ 4 700 Bq/m²* (*ci-contre*).

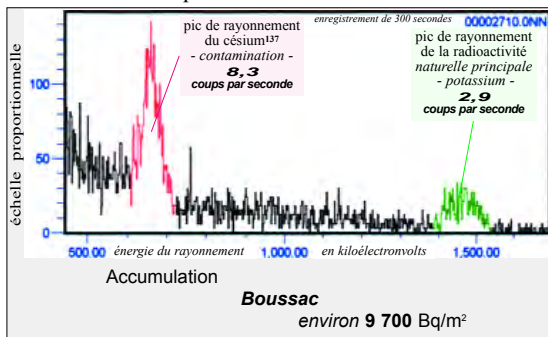
• À **Voussac**, juste à l'est de **Montmarault**, on trouve *4 200 Bq/m²*, puis *2 500 Bq/m²* à **Domérat**, à la sortie nord-ouest de **Montluçon**, dans un bois de chênes.

• **Boussac** montre une contamination par le césium¹³⁷,



uniformément répartie sur le secteur, d'une valeur de **3 100 Bq/m²**. L'émission de rayonnement gamma due au césium¹³⁷ est clairement identifiable sans toutefois être nettement émergente de la radioactivité naturelle, ici, marquée.

Mais aux pieds des hêtres, et tout particulièrement aux pieds de cette espèce d'arbres [p. 76], la contamination a ruisselé, s'est accumulée et est restée fixée dans le sol. Donc par effet d'accumulation, et localement aux pieds des hêtres, on a mesuré, ici, **environ 9 700 Bq/m²** :

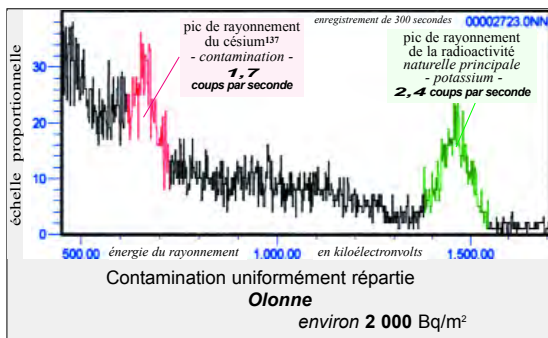


• Au nord de **Guéret**, à la **Celle-Dunoise**, on a mesuré **2 100 Bq/m²**, à **Bagnol** au nord-est de **Bessines** **3 500 Bq/m²**.

• À l'est de **Niort**, dans la **Forêt de l'Herminet**, la contamination uniformément répartie a été mesurée à environ **3 000 Bq/m²**. Là encore, accumulée aux pieds des hêtres, la contamination a été mesurée avec la valeur de **13 200 Bq/m²**.

• Au **Plessis**, entre **Luçon** et **les Sables-d'Olonne**, on a mesuré la valeur de **1 900 Bq/m²** pour la contamination uniformément répartie.

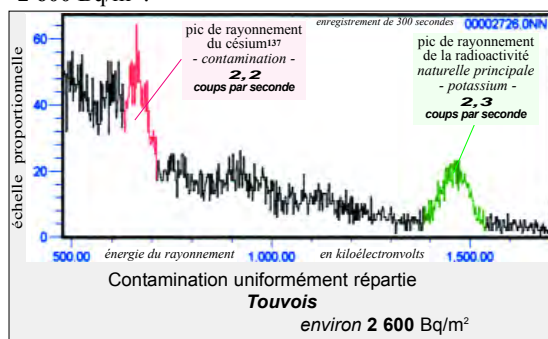
• Complètement au bord de l'**Océan Atlantique**, dans les dunes littorales de la **Forêt d'Olonne**, deux mesures fournissent une valeur de la contamination uniformément répartie de **2 100 Bq/m²** et **2 000 Bq/m²**. Voici l'enregistrement de cette dernière mesure dans les dunes littorales :



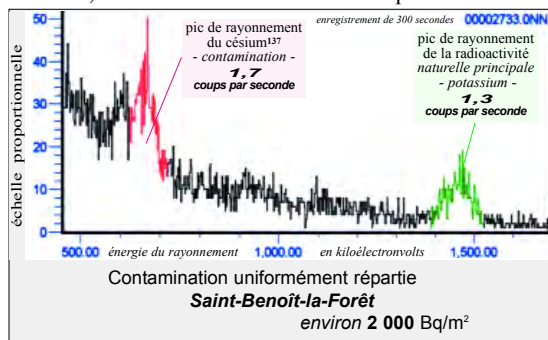
◆ LES PAYS DE LA LOIRE AU SUD DE LA LOIRE

• Les mesures montrent une contamination comprise entre les valeurs de **2 600 Bq/m²** et **1 500 Bq/m²** (voir carte). Deux enregistrements peuvent illustrer cette situation :

- **Touvois**, au sud de **Nantes**, montre une valeur de **2 600 Bq/m²** :

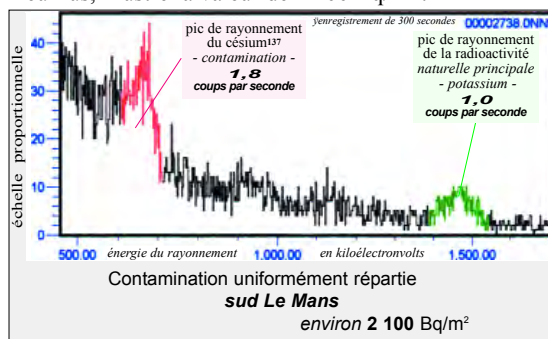


- **Saint-Benoît-la-Forêt**, entre **Chinon** et **Azay-le-Rideau**, montre une valeur de **2 000 Bq/m²** :



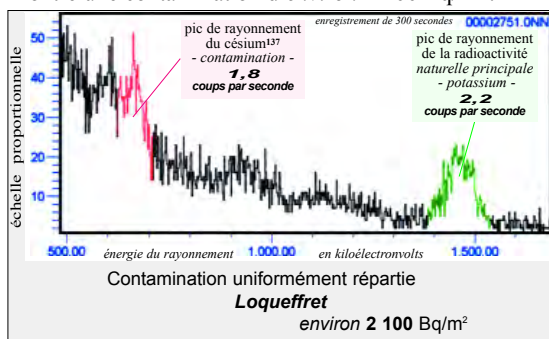
◆ LES PAYS DE LA LOIRE AU NORD DE LA LOIRE

• Les valeurs de la contamination uniformément répartie sont comprises entre **1 400 Bq/m²** et **2 900 Bq/m²** (voir carte). L'enregistrement effectué au sud du **Mans**, dans la **Forêt de Bercé** peuplée de pins mélangés de feuillus, illustre la valeur de **2 100 Bq/m²** :



◆ LA BRETAGNE

• Les valeurs de contamination rencontrées sur l'ensemble de la **Bretagne** sont relativement uniformes et comprises entre **2 000 Bq/m²** et **2 900 Bq/m²**. Deux enregistrements illustrent cette situation ; celui réalisé à **Loqueffret**, dans une sapinière juste au sud de **Brennilis** montre une contamination d'environ **2 100 Bq/m²** :

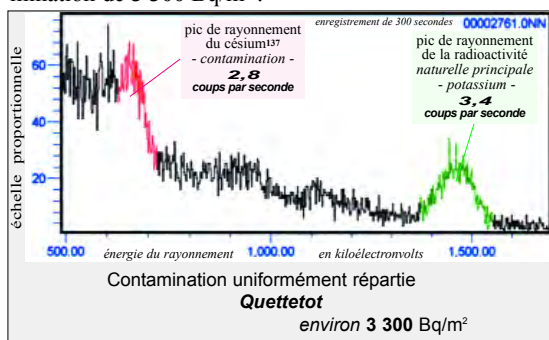


• L'enregistrement effectué à **Belle-Isle-en-Terre** mesure une contamination uniformément répartie de **2 900 Bq/m²**.

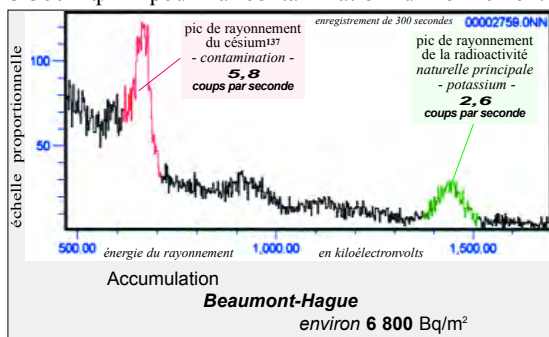
◆ LA BASSE-NORMANDIE

Les valeurs de la contamination varient peu et sont comprises entre **2 100 Bq/m²** et **3 300 Bq/m²** (voir carte).

• L'enregistrement effectué à **Quettetot**, dans les bois de feuillus du nord du **Cotentin**, illustre la valeur de contamination de **3 300 Bq/m²** :

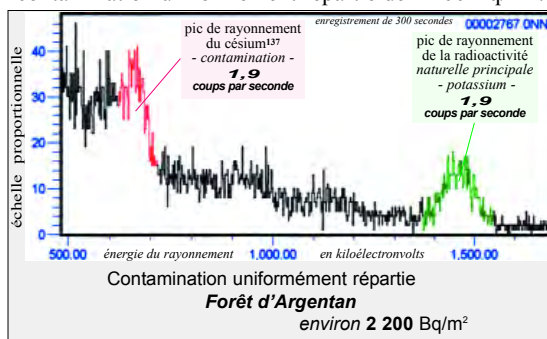


• À **Beaumont-Hague**, la même valeur de **3 300 Bq/m²** pour la contamination uniformément

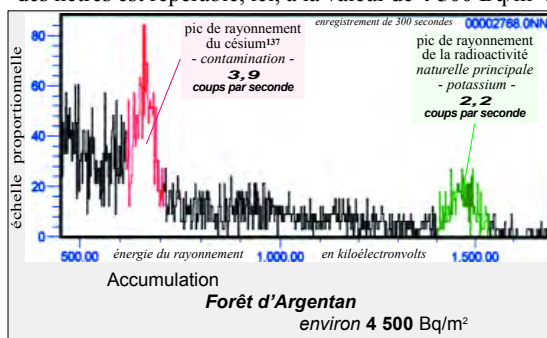


répartie est mesurée. Mais, de plus, des accumulations de contamination sont présentes aux pieds des hêtres ; dans cette situation, localement, on a mesuré la valeur de **6 800 Bq/m²**.

• Au milieu de la **Basse-Normandie**, l'enregistrement effectué dans la **Forêt d'Argentan** mesure le niveau de contamination uniformément répartie de **2 200 Bq/m²** :



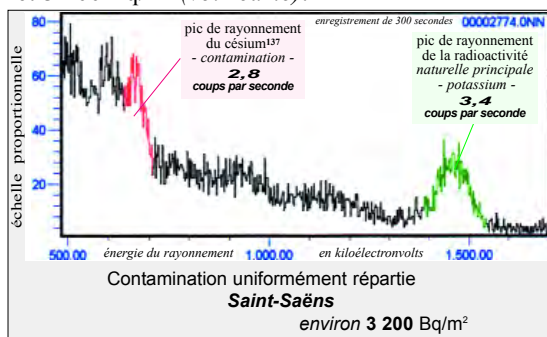
Là encore, l'accumulation de contamination aux pieds des hêtres est repérable, ici, à la valeur de **4 500 Bq/m²** :



Dans tout l'ouest de la France, l'accumulation de contamination aux pieds des hêtres est bien repérable mais d'ampleur limitée (en comparaison de ce qui a été mesuré dans d'autres régions de France comme d'Europe). Ce fait signale un apport de contamination par la pluie, limité [p. 76].

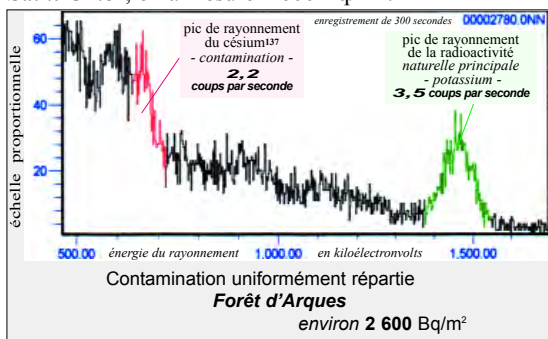
◆ LA PICARDIE, LE NORD-PAS-DE-CALAIS, LE SUD-OUEST DE LA BELGIQUE

Les valeurs de contamination mesurée dans ces régions sont comprises entre environ **1 800 Bq/m²** et **3 200 Bq/m²** (voir carte).

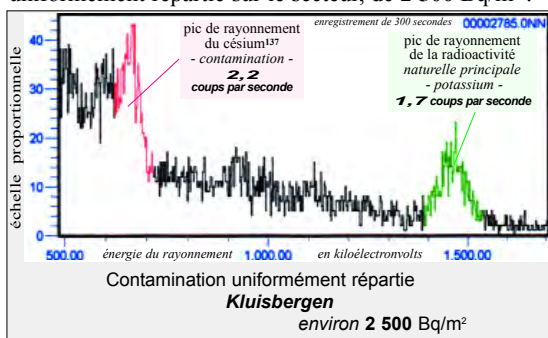


• À **Saint-Saëns**, au nord de **Rouen**, la valeur mesurée de la contamination par le césium¹³⁷ est de **3 200 Bq/m²** (*ci-dessus*).

• Dans la **Forêt de Rihoult-Clairmarais**, juste à l'est de **Saint-Omer**, on a mesuré **2 600 Bq/m²** :



• À **Kluisbergen**, au nord-ouest de **Ronse**, la mesure donne la valeur de contamination du sol par le césium¹³⁷, uniformément répartie sur le secteur, de **2 500 Bq/m²** :

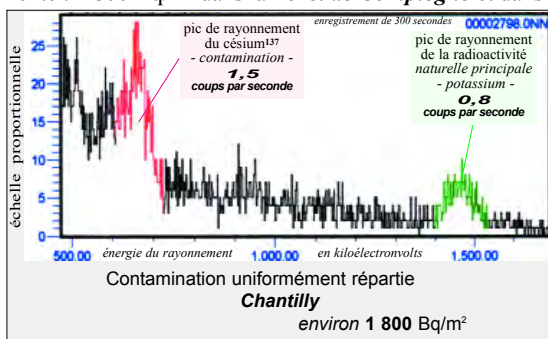


Tandis qu'aux pieds des hêtres, l'accumulation locale de la contamination est mesurée à la valeur d'environ **5 700 Bq/m²**.

Ces deux enregistrements effectués à Kluisbergen sont très représentatifs de l'ensemble des mesures effectuées dans cette partie sud-ouest de la Belgique.

♦ LA RÉGION PARISIENNE

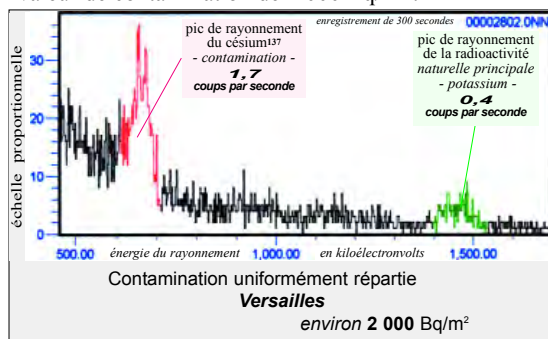
Les valeurs mesurées s'organisent de manière très cohérente : **1 800 Bq/m²** dans la **Forêt de Compiègne** et dans



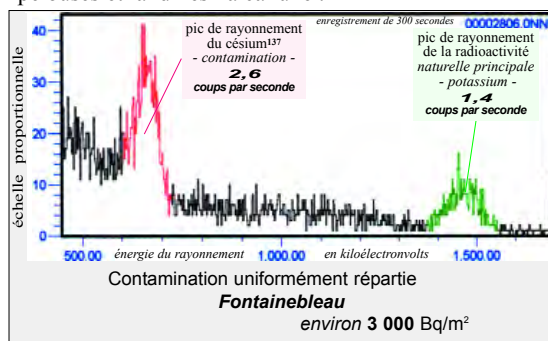
la **Forêt de Chantilly**, **2 000 Bq/m²** à **Saint-Germain-en-Laye** et à **Versailles**, **3 100 Bq/m²** à **Ablis** près de **Rambouillet** et **3 000 Bq/m²** à **Fontainebleau**.

• Pour illustrer cette situation, voici (*ci-contre*) l'enregistrement de la mesure effectuée à **Chantilly** et montrant la valeur de contamination uniformément répartie de **1 800 Bq/m²**.

• Et voici l'enregistrement réalisé à **Versailles**, dans la forêt entre le **Château** et le **camping** ; il révèle une valeur de contamination de **2 000 Bq/m²** :



• À **Fontainebleau**, au **Centre O.N.F. de la Faisanderie**, plusieurs enregistrements fournissent la valeur d'environ **3 000 Bq/m²**, avec une valeur identique sous le couvert forestier, comme en dehors de celui-ci dans les pelouses et landines* à callune :

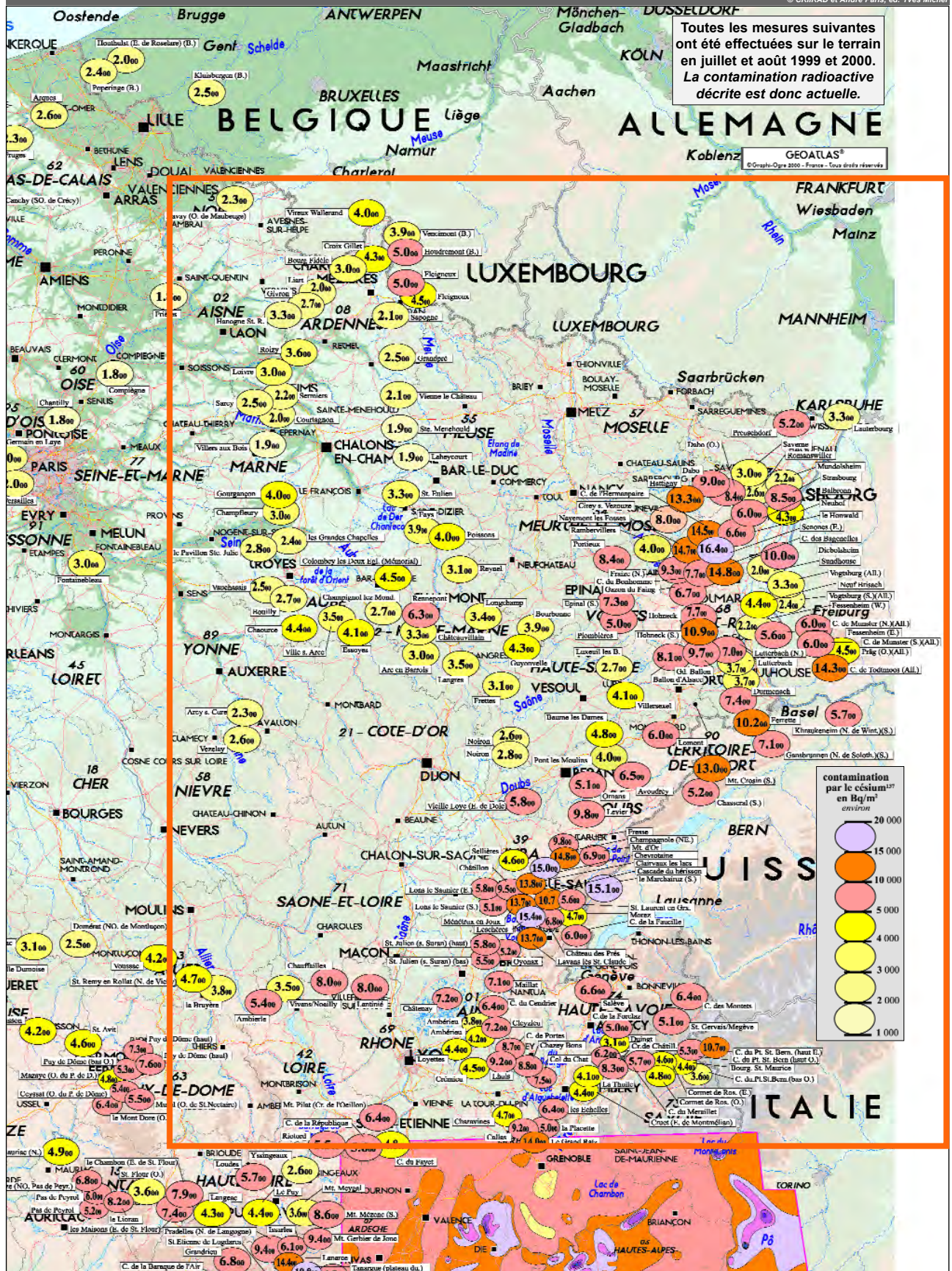


• Au sud-ouest de la **Région Parisienne**, la situation évolue peu ; les mesures effectuées au nord-ouest et au sud-ouest d'**Avallon** donnent une valeur de **2 300 Bq/m²** à **Arcy-sur-Cure** et répétitivement de **2 600 Bq/m²** à **Vézelay**.

* **Landine**, végétation dense composée d'arbrisseaux ras (10 à 20 cm de hauteur).

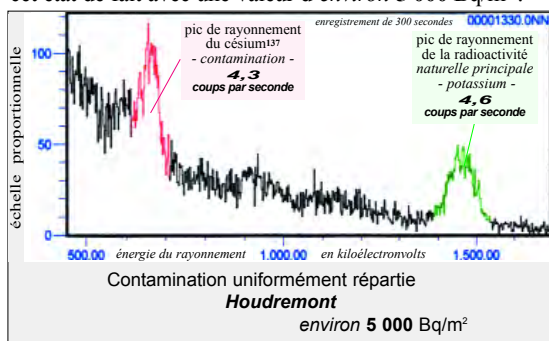


Accumulations de contamination aux pieds des hêtres.

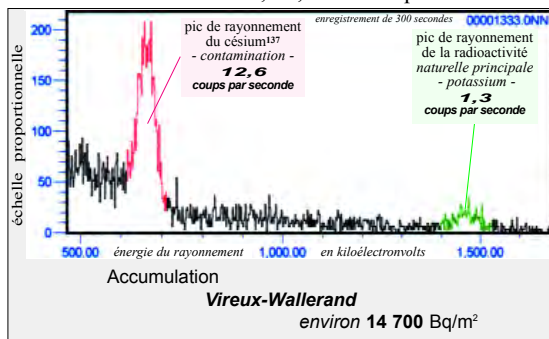


◆ LES ARDENNES BELGES

Les mesures effectuées dans cette région situent la contamination par le césium¹³⁷ à environ **3 900 Bq/m²** à **Vencimont**, **5 000 Bq/m²** à **Houdremont**, **4 300 Bq/m²** sur la frontière à côté du **Mont Croix-Gillet**. Ces valeurs concernent la contamination uniformément répartie sur les secteurs. L'enregistrement effectué à **Houdremont**, dans une sapinière, illustre bien cet état de fait avec une valeur d'environ **5 000 Bq/m²** :

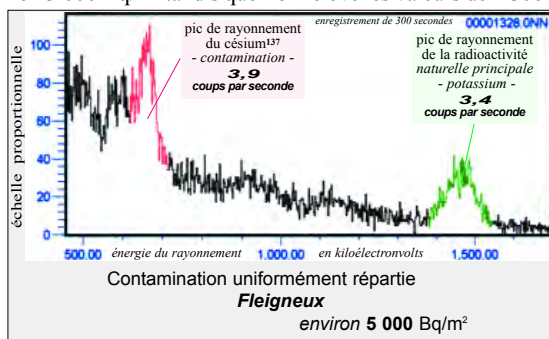


• Très proche de la frontière, l'enregistrement effectué à **Vireux-Wallerand** situe la contamination uniformément répartie à la valeur de **4 000 Bq/m²**. De plus, les coulures de pluie contaminante le long des hêtres ont accumulé la contamination de manière locale aux pieds de ces arbres où on a mesuré, ici, **14 700 Bq/m²** :

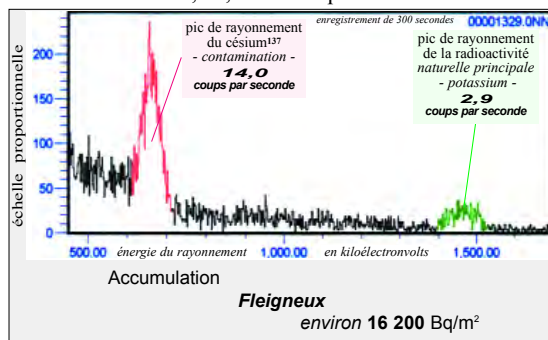


◆ LES ARDENNES FRANÇAISES

• Sur le secteur de **Bourg-Fidèle**, au sud de **Rocroi**, la contamination uniformément répartie est mesurée à environ **3 000 Bq/m²** tandis que l'on relève les valeurs de **4 500**



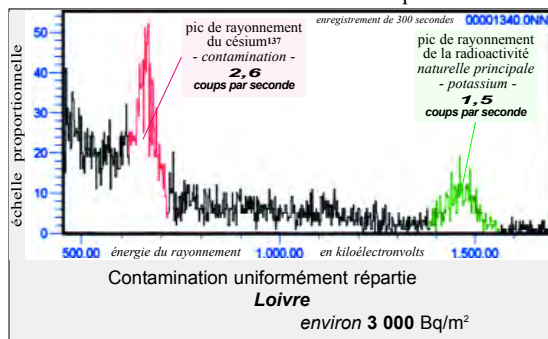
et **5 000 Bq/m²** sur le secteur de **Fleigneux**, au nord de **Sedan** ; ces deux mesures ont été réalisées dans des sapinières et une forêt de feuillus. Voici, ci-contre, l'image donnée par l'enregistrement réalisé à **Fleigneux** montrant la valeur de **5 000 Bq/m²** pour la contamination uniformément répartie en césium¹³⁷. Comme dans l'*Ardenne belge*, à **Fleigneux**, par coulure le long des hêtres, la contamination s'est accumulée aux pieds de ces arbres où l'on a mesuré localement, ici, **16 200 Bq/m²** :



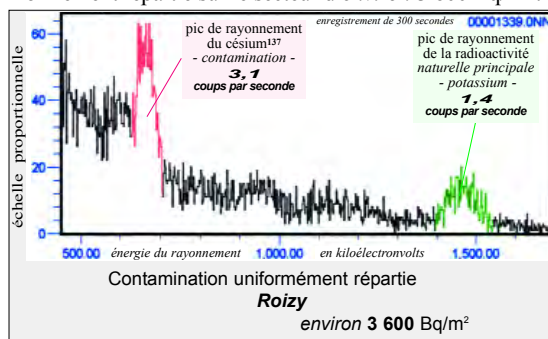
◆ LA CHAMPAGNE OUEST

• Au nord-ouest de **Rethel**, trois secteurs de mesures présentent des valeurs proches : **Liart 2 000 Bq/m²**, **Givron 2 700 Bq/m²**, **Hannogne-Saint-Rémy 3 300 Bq/m²**.

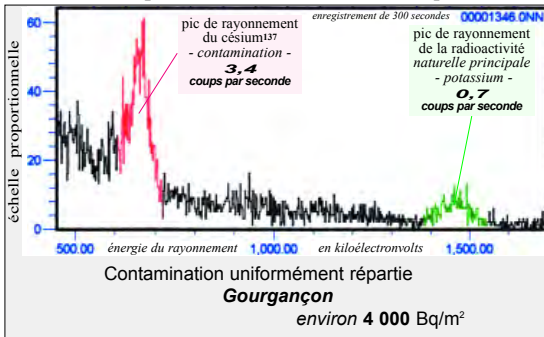
• Dans la *région rémoise*, un ensemble de mesures donnent des valeurs comprises entre environ **2 000** et **3 600 Bq/m²**. Cette situation est illustrée par l'enregistrement effectué à **Loivre** avec **3 000 Bq/m²** :



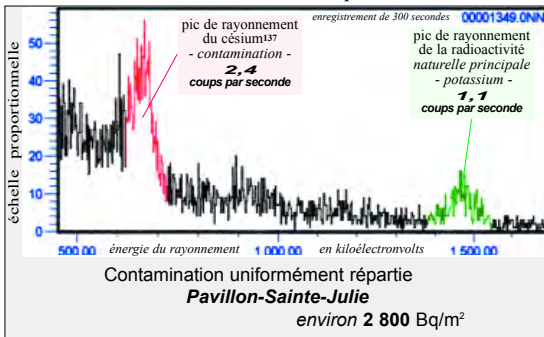
Cette situation est également illustrée par l'enregistrement effectué à **Roizy** et montrant la valeur de contamination uniformément répartie sur le secteur d'environ **3 600 Bq/m²** :



• Entre **Epernay** et **Troyes**, les mesures montrent des valeurs de contamination se maintenant entre **1 900 Bq/m²** et **4 000 Bq/m²**. L'enregistrement effectué à **Gourgançon**, à l'ouest de **Vitry-le-François**, dans un endroit boisé, présente la valeur de **4 000 Bq/m²** :

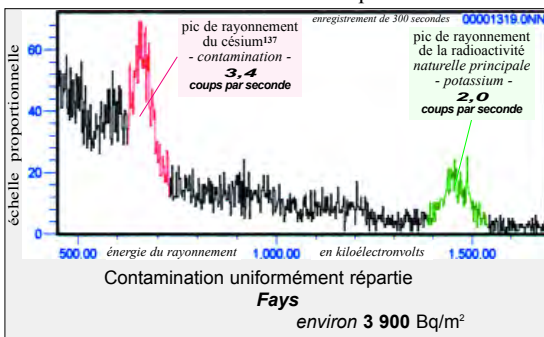


• Sur un autre secteur boisé, au **Pavillon-Sainte-Julie**, au nord-ouest de **Troyes**, on a mesuré la valeur de contamination d'environ **2 800 Bq/m²** :



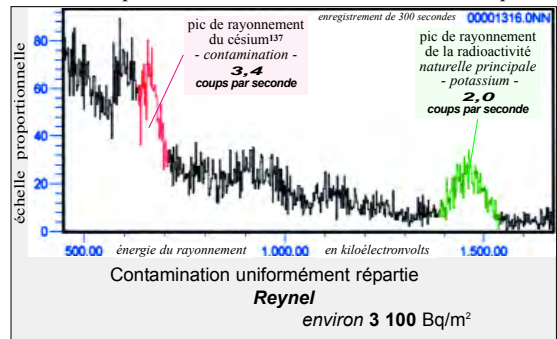
◆ LES CÔTES D'ARGONNE ET LES COTEAUX DE LA MARNE

• Entre le sud de **Charleville-Mézières** et le nord de **Chaumont**, les mesures effectuées sur une dizaine de secteurs (voir carte) montrent des valeurs de contamination par le césium¹³⁷ comprises entre environ **1 900** et **4 000 Bq/m²**. L'enregistrement effectué dans une forêt de feuillus à **Fays**, au sud de **Saint-Dizier**, illustre la valeur de contamination de **3 900 Bq/m²** :

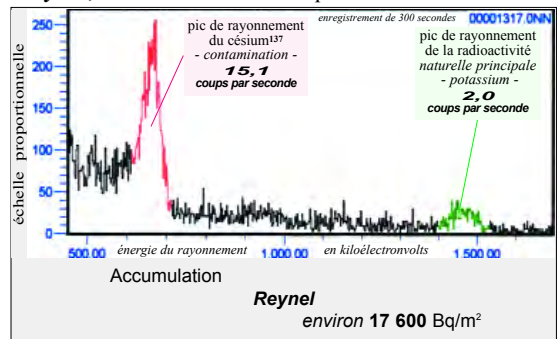


• L'enregistrement réalisé à **Reynel**, au nord-est de

Chaumont, montre la valeur de contamination uniformément répartie sur le secteur d'environ **3 100 Bq/m²** :



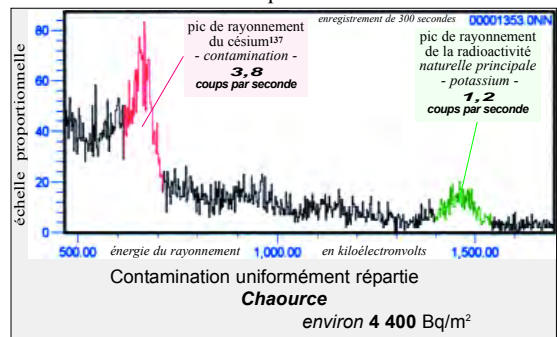
Mais, aux pieds des hêtres, la coulure contaminante le long de ces arbres a provoqué une accumulation locale de contamination ; dans cette situation, localement, on a mesuré, ici, aux pieds des hêtres de ce secteur de **Reynel**, la valeur de **17 600 Bq/m²** :



◆ DE TROYES À LANGRES

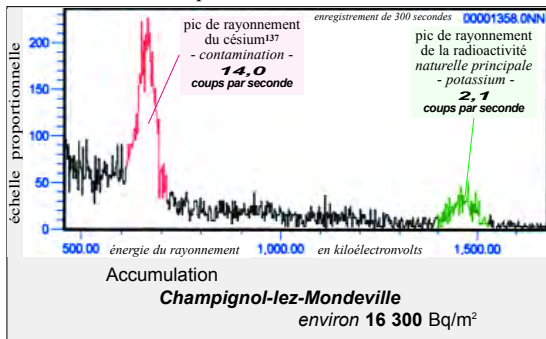
Dans cette région, une quinzaine de secteurs ont fait l'objet de mesures. Les valeurs de la contamination uniformément répartie rencontrées vont de **2 500 Bq/m²** au sud-ouest de **Troyes**, à **6 300 Bq/m²** à l'ouest de **Chaumont**.

• L'enregistrement effectué à **Chaurouge** montre la valeur d'environ **4 400 Bq/m²** :

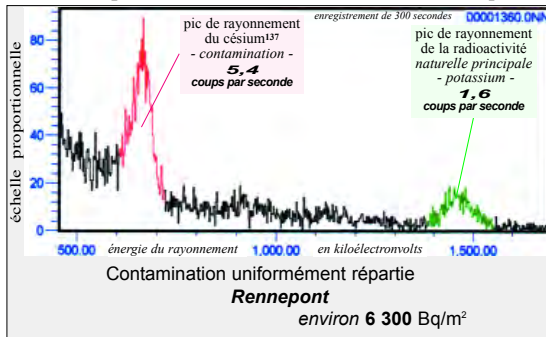


• À **Champignol-lez-Mondeville**, à mi-distance entre **Troyes** et **Langres**, la valeur de contamination uniformément répartie sur ce secteur est mesurée à environ **2 700 Bq/m²**. Mais, aux pieds des hêtres,

par effet local d'accumulation, on a mesuré, ici, environ **16 300 Bq/m²** :



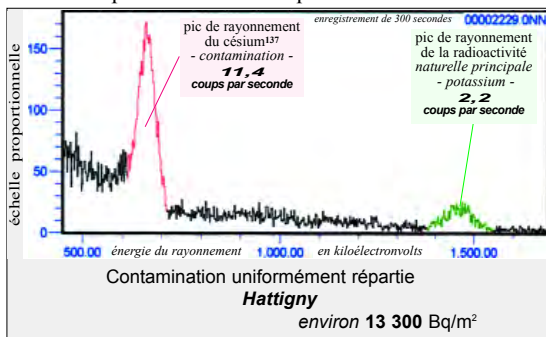
• L'enregistrement effectué à **Rennepont**, à l'ouest de **Chaumont**, illustre la valeur de contamination uniformément répartie sur le secteur d'environ **6 300 Bq/m²** :



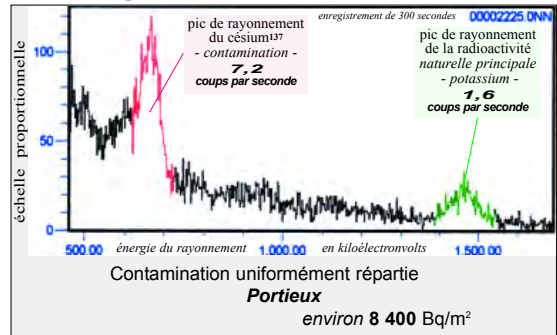
◆ LE PIÉMONT À L'OUEST DES VOSGES

• Au sud de **Sarrebourg**, les enregistrements effectués sur les secteurs de **Hattigny** et de **Cirey-sur-Vezouze**, donnent des valeurs de contamination uniformément répartie respectivement d'environ **13 300** et **8 000 Bq/m²**. Ces valeurs ne sont pas isolées ; cartographiquement (voir carte), elles prolongent vers le nord-ouest les niveaux mesurés sur les **Vosges** proprement dites dans la région du périmètre **Saint-Dié, Col-du-Bonhomme, Sénonex** (voir plus loin : « les Vosges »).

• Voici l'enregistrement effectué à **Hattigny** dans une sapinière et montrant la valeur de contamination uniformément répartie de **13 300 Bq/m²** :

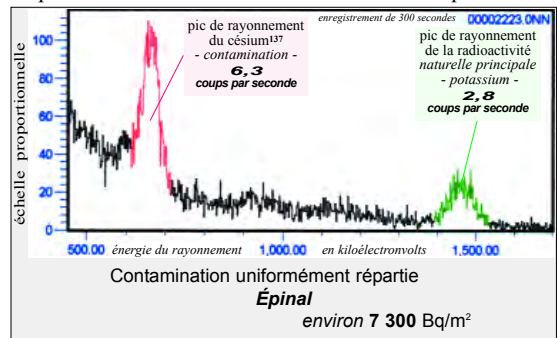


• À **Portieux**, juste au sud de **Charmes** dans la vallée de la **Moselle**, la mesure, effectuée dans un bois de feuillus mélangés de pins de ce secteur, donne la valeur de **8 400 Bq/m²** pour la contamination uniformément répartie :



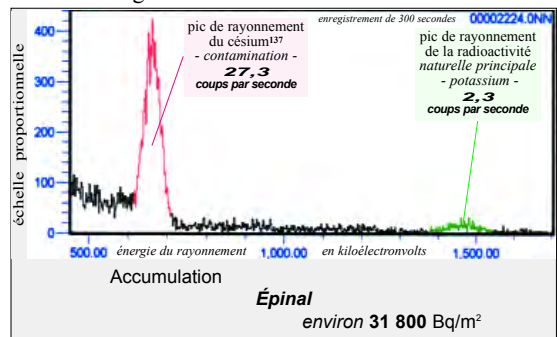
Mais, toujours sur ce même secteur, les coulures ont accumulé la contamination localement aux pieds des hêtres où l'on a mesuré, ici, la valeur d'accumulation de **21 400 Bq/m²**, c'est-à-dire une accumulation de 2,5 fois.

• À **Épinal**, juste au sud de la cité, cette fois dans une hêtraie, la valeur de la contamination uniformément répartie de ce secteur est mesurée à **7 300 Bq/m²** :



Là aussi, les coulures le long des hêtres ont provoqué des accumulations locales de césium¹³⁷ à leurs pieds où l'on a mesuré localement, ici, environ **31 800 Bq/m²**.

Voici l'enregistrement de cette mesure :



• À **Plombières-les-Bains**, la valeur de contamination uniformément répartie est mesurée à **5 000 Bq/m²** tandis que la valeur d'accumulation aux pieds des hêtres est mesurée à **36 400 Bq/m²**.

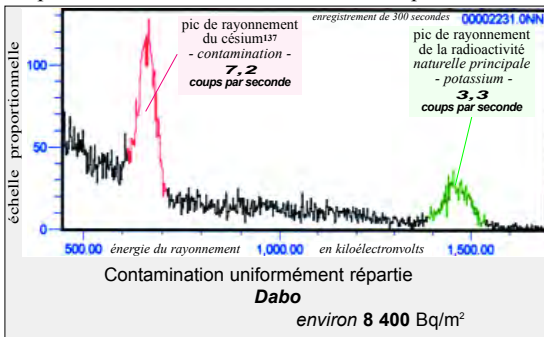
• Plus au sud, la contamination uniformément répartie est rencontrée à la valeur de **2 700 Bq/m²** à **Luxeuil-les-Bains** et à la valeur de **4 100 Bq/m²** à **Villersexel**. Sur ces deux secteurs, les accumulations locales de contamination aux pieds des hêtres sont mesurées respectivement à **19 000** et **24 700 Bq/m²**.

Dans cette région du **piémont ouest-vosgien**, les valeurs de contamination uniformément répartie rencontrées sur les différents secteurs, confortées par les valeurs d'accumulations locales aux pieds des hêtres, mettent en évidence la contribution pluviale à la contamination et situent régionalement le niveau et les variations de cette contamination.

◆ LE MASSIF VOSGIEN (DU NORD VERS LE SUD)

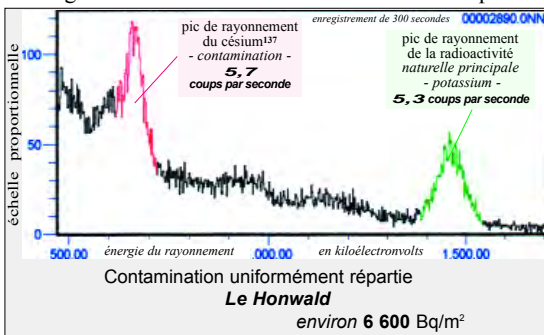
• Au nord du **Massif vosgien**, les secteurs de **Rethal** (en contrebas de **Dabo**), de **Dabo**, du **Col de Valsberg**, présentent des niveaux voisins de contamination uniformément répartie compris entre **environ 8 400** et **10 500 Bq/m²**.

• L'enregistrement effectué dans une sapinière de **Dabo** illustre le niveau de contamination uniformément répartie par le césium¹³⁷ à la valeur de **8 400 Bq/m²**.



• À **Balbronn** on a mesuré **6000 Bq/m²** et au **Mont-Sainte-Odile** **5 000 Bq/m²**; sur ce dernier secteur, localement et par accumulation aux pieds des hêtres due au coulage le long de ces arbres, on a mesuré **12 200 Bq/m²**.

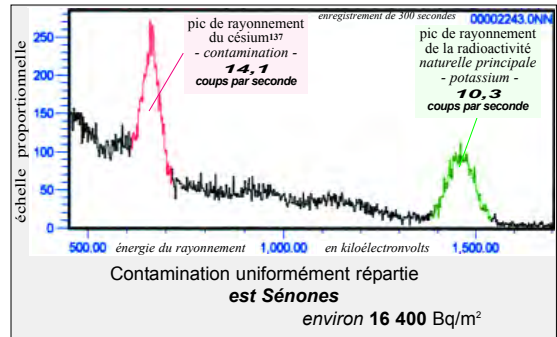
• Autour du **Honwald**, plusieurs secteurs de mesure donnent des valeurs comprises entre environ **6 300** et **9 800 Bq/m²**. L'enregistrement ci-dessous est réalisé dans une sapinière



au sud-ouest du **Honwald** et correspond à la valeur de contamination uniformément répartie de **6 600 Bq/m²**.

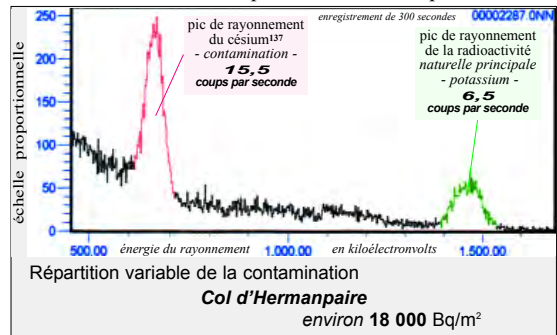
• Au **Col de Steige**, la valeur mesurée est de **6 600 Bq/m²**, tandis qu'au **Col du Hantz** deux secteurs de mesure ont donné les valeurs de **11 800** et **12 100 Bq/m²**.

• À **Senones**, **8 900 Bq/m²** sont mesurés en bordure est du village; mais 3 km au sud-est, dans une sapinière bordant la route en direction de **Ban-de-Sapt**, la mesure donne la valeur de **16 400 Bq/m²**; voici l'enregistrement de cette mesure :



• Au **Col d'Hermanpaire**, de nombreuses mesures ont permis de préciser des modalités de répartition de la contamination; signalons qu'il ne s'agit pas de particularités liées spécialement à cet endroit, tant les phénomènes dont il va être question se retrouvent en bien d'autres situations, en **France** comme en **Europe** [p. 74].

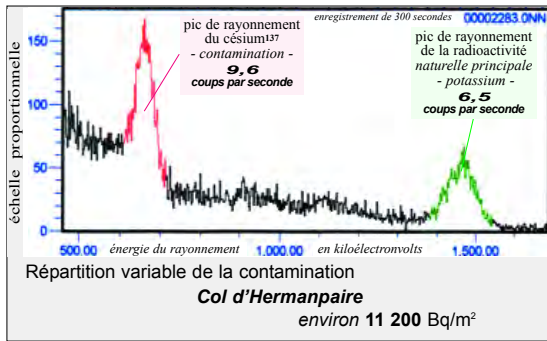
Le **Col d'Hermanpaire** est un site dont beaucoup d'endroits sont humides en raison de la position en contrebas de reliefs imposants comme le **Spitzemberg**. Il en résulte des circulations d'eau le long de ces versants et de ces piémonts tourmentés; celles-ci, avec le temps, sont venues perturber l'uniformité de la répartition de la contamination. Si bien qu'à un endroit on peut, comme



ici, mesurer la valeur de **18 000 Bq/m²**:

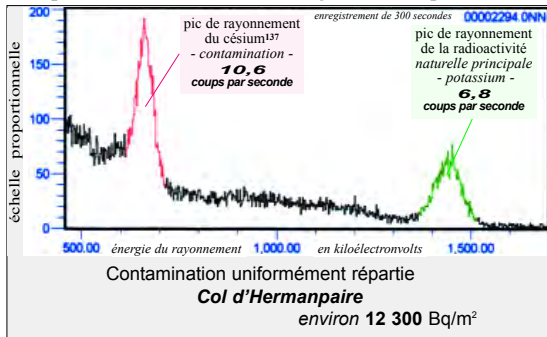
Et seulement une dizaine de mètres à côté on peut mesurer la valeur de **11 200 Bq/m²** (ci-après).

Les deux mesures ci-jointes montrent que la contamination est bien présente, mais la dispersion des valeurs mesurées interdit de les considérer comme représentatives



de la contamination uniformément répartie du secteur.

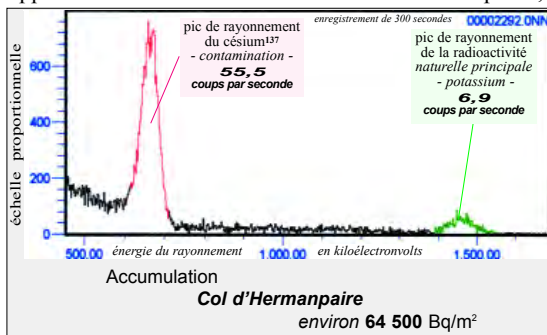
Il suffit de se déplacer de 350 m vers le sud du **Col d'Hermanpaire**, en dehors des endroits perturbés par l'humidité du versant, pour trouver la contamination uniformément répartie et la mesurer dans des conditions acceptables, comme dans l'enregistrement qui suit, à la



valeur d'environ 12 300 Bq/m² :

Après avoir testé l'uniformité de la contamination, cet enregistrement - comme la plupart de ceux qui, ailleurs, sont effectués pour mesurer la contamination uniformément répartie - est réalisé en « balayant » une surface de plusieurs centaines de mètres carrés de terrain. En même temps qu'était effectuée la précédente mesure de terrain, des *chanterelles en tube* ont été cueillies sur ce site. Analysées par le laboratoire de la CRIIRAD, elles ont révélé un niveau de contamination de 430 Bq de césium¹³⁷ par kilogramme de champignons frais. Sur le site du **Col d'Hermanpaire**, d'autres mesures ont été réalisées dans des secteurs proches.

Toujours au **Col d'Hermanpaire**, en dehors de la stricte appréciation de la contamination uniformément répartie,



les coulures le long des hêtres ont provoqué des accumulations locales de contamination aux pieds de ces arbres dont la valeur est mesurée, ici, à environ 64 500 Bq/m².

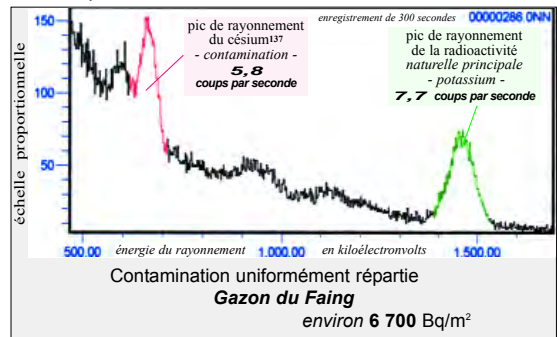
• Le **Col d'Hermanpaire** n'a rien de singulier dans l'ensemble vosgien et, 2 km cette fois au nord de ce col, on a mesuré la contamination uniformément répartie à la valeur d'environ 15 800 Bq/m².

• À **Nayemont-les-Fosses**, juste à l'est de **Saint-Dié**, la valeur mesurée de la contamination est de 14 700 Bq/m². Sous le **Col de Mandray**, juste au nord de **Fraize**, on trouvé la valeur d'environ 9 300 Bq/m² et au **Col du Bonhomme** 7 700 Bq/m².

• Au Col des **Bagenelles**, un ensemble de mesures conduit à situer la valeur de contamination à environ 14 800 Bq/m².

En conclusion, dans cette partie nord des *Vosges*, un axe principal de contamination se dessine clairement depuis le **Col des Bagenelles** jusqu'à **Hattigny** en passant par le **Col d'Hermanpaire** et l'est de **Senones** (voir carte).

• Au sud du **Col du Bonhomme**, le secteur du **Gazon du Faing** mérite également d'être observé de près. Dans les grandes pelouses et landines à callune avec des bosquets de conifères, de manière tout à fait conventionnelle, sur des sols (*et sous-sols*) à radioactivité naturelle forte, on a mesuré le niveau de contamination unifor-

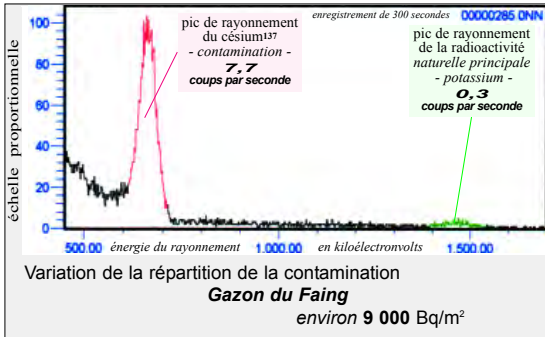


mément répartie de 6 700 Bq/m² :

L'originalité du site du **Gazon du Faing** est due à la présence d'une grande tourbière très typée où le couvert végétal très bas est essentiellement composé de coussins moussus de *sphaignes* ; ce sont de véritables « éponges » gorgées d'eau à leur base. Ces coussins de quelques mètres de diamètre et de presque un mètre de haut, piquetés de *canneberges** et de *callunes*, vivent sur un matelas d'humus fabriqué par la lente décomposition de leur base ; ce matelas gorgé d'eau isole la partie vivante en surface, dépourvue de racines, du substratum minéral sous-jacent. Ces milieux se nourrissent chichement « de l'air du temps », c'est-à-dire des rares sels minéraux apportés par l'eau et l'air ; la condition de leur survie, c'est d'attraper tout ce qui passe à leur portée et

* **Canneberge**, plante basse des tourbières donnant une grosse baie rouge comestible.

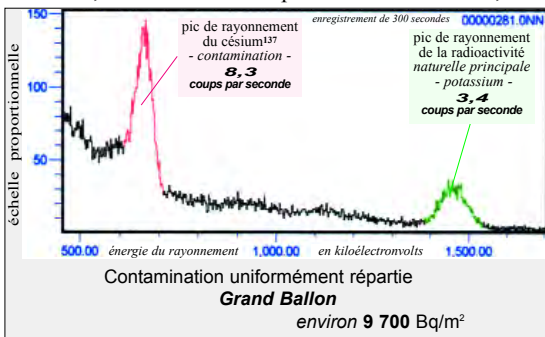
de ne rien laisser perdre. Ces coussins de la tourbière attirent toute substance vers eux tout en restant, comme leur environnement, très pauvres. La contamination est systématiquement accaparée par le centre de ces coussins où l'on a mesuré **9 000 Bq/m²**. En accord avec la très grande pauvreté minérale de ce milieu, la radioacti-



tivité naturelle s'y révèle extrêmement faible :

• Dans la partie sud des **Vosges**, les différents secteurs de mesures ont donné des valeurs de contamination voisines ; la plupart sont mesurées sur les grandes pelouses* pâturées offertes par les vastes reliefs étalés : au **Hohneck 7 700 Bq/m²**, au **Rainkopf (sud du Hohneck) 10 900 Bq/m²**, au **Grand Ballon 9 700 Bq/m²**, au **Ballon d'Alsace 8 100 Bq/m²**.

L'enregistrement effectué dans les pelouses du **Grand Ballon** illustre cette situation ; la contamination par le césium¹³⁷, uniformément répartie sur ce secteur, est



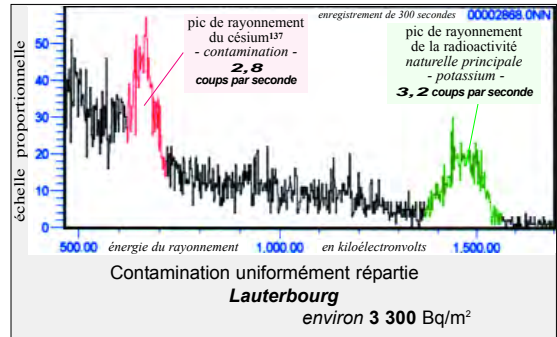
mesurée à la valeur d'environ **9 700 Bq/m²** :

◆ L'ALSACE

Les mesures des niveaux de contaminations actuels - les mesures dont il est fait état ici ont été réalisées en décembre 2000 - permettent de réactualiser des données déjà acquises et, accessoirement, de comparer les résultats obtenus par deux méthodes différentes.

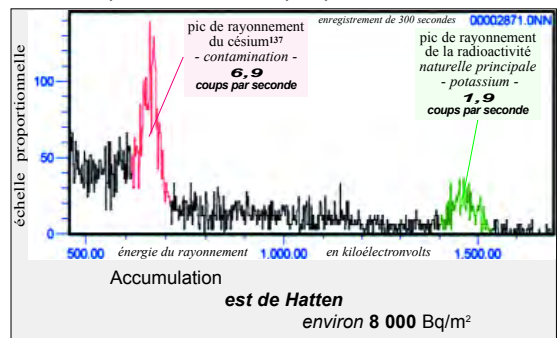
• Tout à fait au nord de l'Alsace, à **Lauterbourg**, à proximité du **Rhin** et dans la forêt de pins mélangés de feuillus, du côté allemand de la frontière, on a mesuré la valeur de contamination par le césium¹³⁷, uniformément

* Pelouse, milieu sauvage où pousse l'herbe rase.



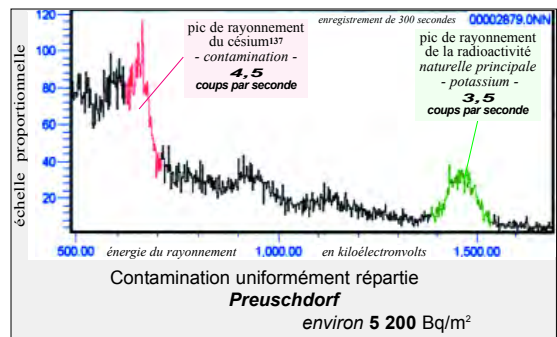
répartie sur le secteur, de **3 300 Bq/m²** :

• À l'est de **Hatten**, dans la bordure nord de la **Forêt de Haguenau**, la contamination uniformément répartie est mesurée à la valeur de **3 700 Bq/m²**. Mais, sous l'effet de la coulure le long des hêtres, la contamination a été accumulée aux pieds de ces arbres. C'est ainsi que l'on a mesuré, donc localement, ici, la valeur d'accumula-



tion d'environ **8 000 Bq/m²** :

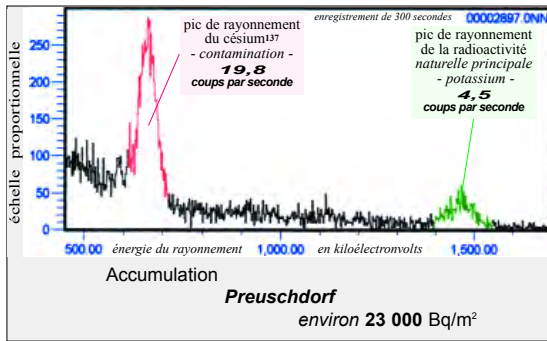
• À **Preuschorf**, plusieurs mesures sur différents secteurs ont donné des valeurs proches ; deux mesures distantes, réalisées en forêt, donnent la valeur



identique de **5 200 Bq/m²** :

Sur ce secteur de **Preuschorf**, aux pieds des hêtres, en raison du phénomène d'accumulation rencontré précédemment, on a mesuré localement environ **23 000 Bq/m²** (ci-après) :

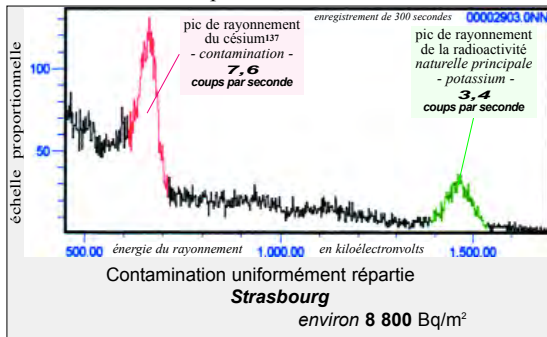
• À **Saverne**, les mesures effectuées tant en ville au **Parc Rohan**, qu'en forêt à l'est de la cité, situent la



contamination entre 2 400 et 3 000 Bq/m².

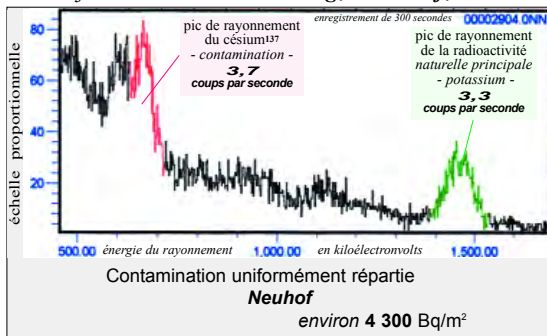
Des valeurs semblables se rencontrent jusqu'à la partie nord de la ville de **Strasbourg** : **Jetterswiller** 2 200 Bq/m², **Romanswiller** 2 600 Bq/m², **Mundolsheim** 2 200 Bq/m².

• À **Strasbourg**, près du barrage du **Canal de la Marne au Rhin**, au nord-ouest du **Palais de l'Europe**, les enregistrements effectués sur la pelouse de bordure du canal donnent



les valeurs de contamination de 8 300 et 8 800 Bq/m² :

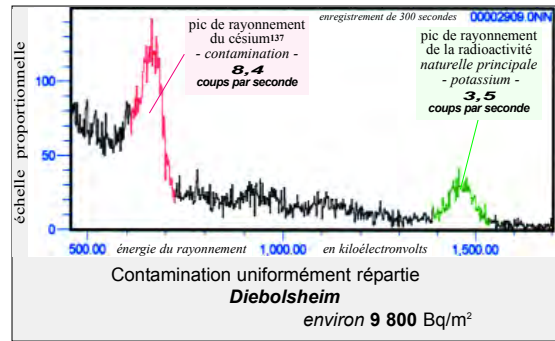
• Mais juste au sud de **Strasbourg**, à **Neuhof**, la valeur



mesurée est d'environ 4 300 Bq/m² :

On peut constater que sur des distances inférieures à la dimension de l'agglomération strasbourgeoise, la contamination varie du simple au quadruple.

• À **Diebolsheim**, en situation de plaine très basse, une série de mesures situent la contamination actuelle à la valeur d'environ 10 000 Bq/m². L'enregistrement qui suit est effectué sur une levée de digue ; il présente la



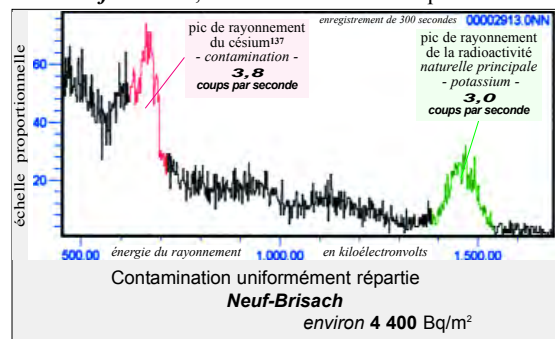
valeur de 9 800 Bq/m² :

*On sait d'expérience que les zones humides ont fortement tendance à modifier la répartition de la contamination. Mais dans le cas du secteur de **Diebolsheim**, malgré la situation de plaine vraiment basse, les valeurs de contaminations sont sensiblement les mêmes sur les hauts des levées de digues, protégés de l'humidité stagnante, et dans les champs très plats situés en contrebas des digues protectrices.*

Ce fait révèle que cette partie de plaine repose sur des graviers filtrants lui épargnant les stagnations d'eau ; dans le cas contraire de plaine humide, la contamination ne serait pas conservée [p. 74].

• Seulement 5 km vers le sud-ouest, à **Sundhouse**, la contamination prend la valeur d'environ 2 000 Bq/m².

• À **Neuf-Brisach**, on a mesuré 4 400 Bq/m² dans les



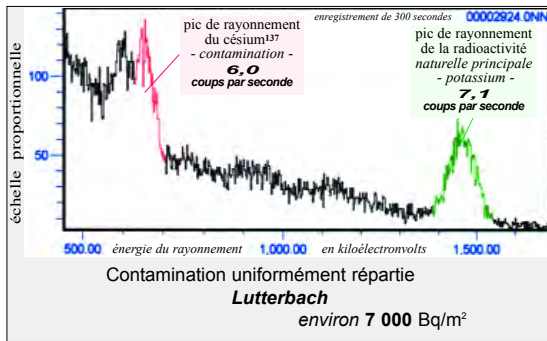
pelouses des fortifications :

• À **Fessenheim**, la variation de la valeur de la contamination est sensible entre l'ouest du village, où l'on a mesuré environ 2 200 Bq/m² au pied du **Château d'eau**, et l'est du bourg donnant la valeur de 5 600 Bq/m² dans le bois devant la **Centrale nucléaire**.

À l'ouest de **Fessenheim**, on a mesuré 2 000 Bq/m² à **Oberentzen** comme à **Meyenheim**.

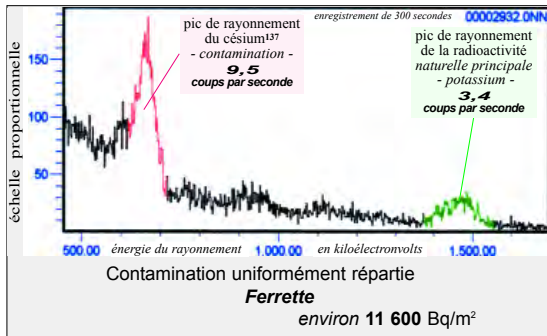
• À l'est de **Mulhouse**, à **Lutterbach**, exactement près de la Maison forestière située au nord de la ville, la mesure donne la valeur de contamination actuelle d'environ 7 000 Bq/m² (ci-après) :

• À l'est de **Bâle**, **Durmenach** présente une contamina-



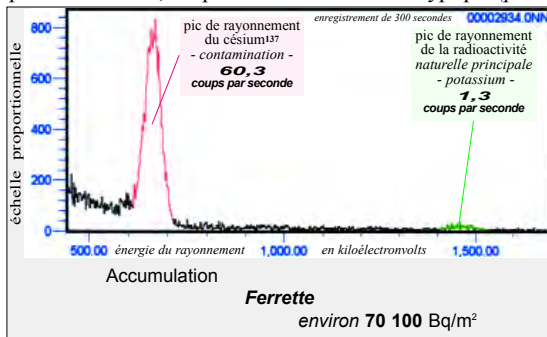
tion d'environ 7400 Bq/m².

• Trois kilomètres plus au sud, à **Ferrette**, plusieurs mesures de valeurs proches fournissent une moyenne d'environ 10 200 Bq/m². L'enregistrement qui suit illustre la valeur de contamination par le césium¹³⁷, unifor-



mément répartie sur le secteur, de 11 600 Bq/m² :

De plus, sur ce secteur, aux pieds des hêtres, on remarque aisément une accumulation marquée de contamination, de taille métrique, systématique aux pieds de cette espèce d'arbres [p. 76]. Cette accumulation résulte de la coulure de pluie contaminante le long des troncs. Localement, aux pieds des hêtres, on peut mesurer la valeur typique (plu-



sieurs mesures de cet ordre) de 70 100 Bq/m² :

Ce parcours alsacien de mesures de contamination radioactive au niveau du sol aurait certainement dû être plus complet en raison de la variation rapide de la contamination d'un endroit à l'autre.

Néanmoins, comme il montre une situation actuelle (mesures réalisées fin 2 000), qui était bien repérée antérieurement, on peut apprécier l'évolution de la contami-

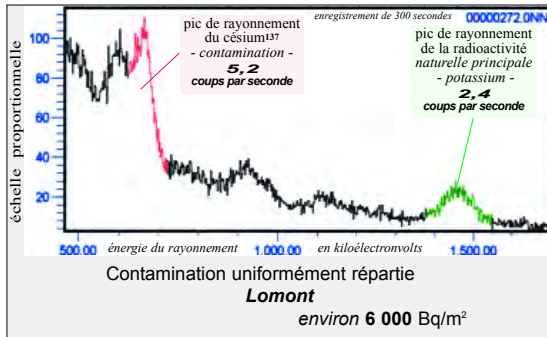
nation dont il ne reste, maintenant, que la partie durable. On aura remarqué qu'à travers l'Alsace, constamment, les valeurs de la contamination sont rapidement variables lorsque l'on se déplace sur des distances parfois réduites ; ainsi, un déplacement kilométrique peut entraîner une variation notable du niveau de contamination. Ces phénomènes sont connus ailleurs, en France, comme ailleurs en Europe.



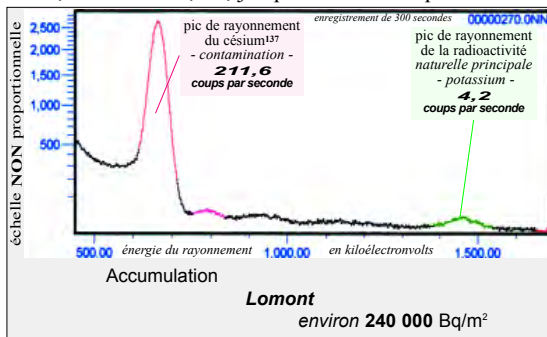
◆ LE JURA

Les mesures sont effectuées soit dans des pelouses, soit dans des sols forestiers ; parfois les mesures portent comparativement sur ces deux types de milieux sans faire apparaître de différence notable, la plupart du temps.

• À côté du Mémorial du **Lomont**, le sol forestier présente une valeur de contamination par le césium¹³⁷, uniformément répartie sur le secteur de mesure, d'environ **6 000 Bq/m²** :



Mais aux pieds des hêtres, et spécialement aux pieds de cette espèce d'arbres [p. 76], les coulures le long des troncs provoquées par la pluie contaminante ont accumulé localement la contamination où celle-ci est restée fixée dans le sol. Aux pieds de ces arbres, donc localement, on a mesuré, ici, jusqu'à **240 000 Bq/m²** :

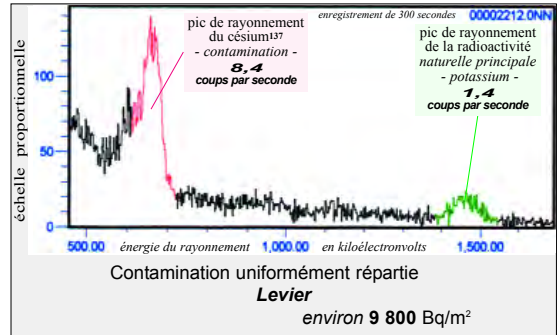


Le phénomène de coulure le long des troncs, et l'accumulation de la contamination localement aux pieds des hêtres, est un phénomène très général rencontré pratiquement partout, en **France** comme en **Europe** : tous les hêtres **d'Europe** ont une accumulation de contamination à leurs pieds mais d'ampleur variable selon l'intensité - *et les modalités* - de la contamination entraînée par la pluie. La particularité du **Lomont**, c'est de présenter un facteur d'accumulation élevé puisque l'on a mesuré aux pieds des hêtres une valeur de 40 fois celle de la contamination uniformément répartie sur le secteur ; habituellement, le facteur d'accumulation est de l'ordre de 5 fois.

• Des valeurs voisines de contamination uniformément répartie ont été mesurées sur la partie nord du **Jura** : **Baume-les-Dames 4 800 Bq/m²**, **Pont-les-Moulins**

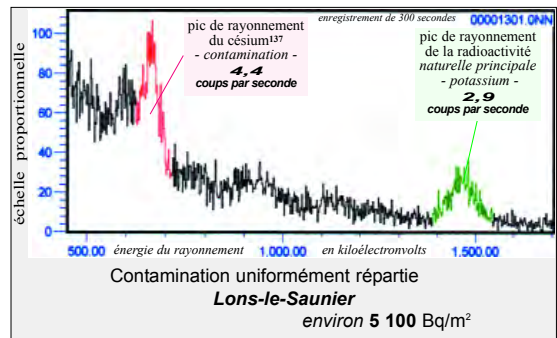
4 000 Bq/m², **Avoudrey 6 500 Bq/m²**, **Ornans 5 100 Bq/m²**, la **Vieille-Loye 5 800 Bq/m²**.

• Le secteur de **Levier**, à l'ouest de **Pontarlier** présente la valeur de contamination uniformément répartie d'environ **9 800 Bq/m²** :



Maintenant, traversons, d'ouest en est, la partie centrale du **Jura**.

• À **Lons-le-Saunier**, juste à l'est de la ville on a mesuré **5 800 Bq/m²** et **5 100 Bq/m²** au sud ; voici l'enregistrement de cette dernière mesure :

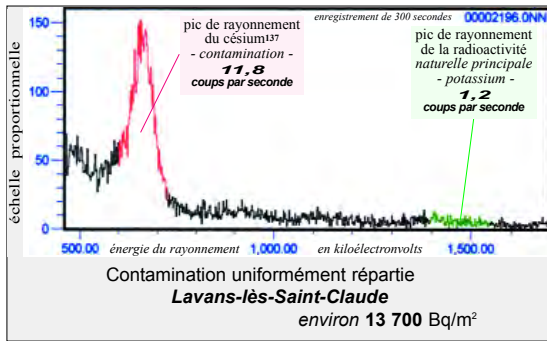


• Plus au nord de 20 km, à **Sellières**, la mesure a donné une valeur voisine de la précédente de **4 600 Bq/m²**. Les valeurs autour de **5 000 Bq/m²** situent le niveau de contamination actuelle de cette partie du piémont jurassien dans les environs de **Lons-le-Saunier**.

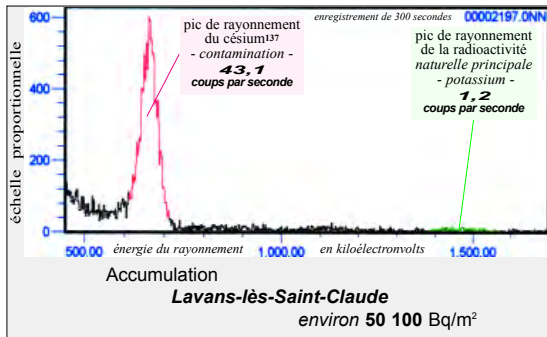
• Plein est et à 10 km, à **Châtillon**, le secteur de mesure donne la valeur d'environ **9 500 Bq/m²**.

Ensuite, depuis **Lavans-lès-Saint-Claude**, juste au sud-ouest de **Saint-Claude**, jusqu'à **Champagnole**, en passant par **Leschères**, **Ménétrux-en-Joux** et **Chevrotaine** (voir carte), les secteurs de mesure donnent des valeurs de contamination uniformément répartie comprises entre **13 700** et **15 400 Bq/m²**.

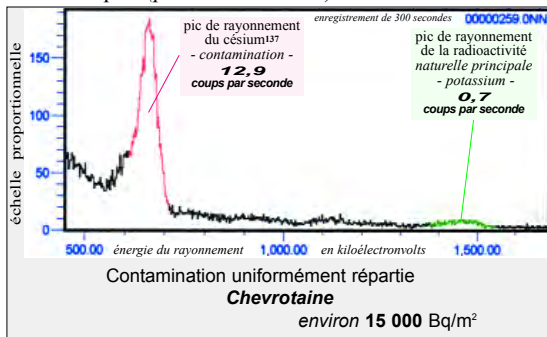
• À **Lavans-lès-Saint-Claude**, l'enregistrement de la valeur de contamination uniformément répartie, dans une pelouse, donne la valeur de **13 700 Bq/m²** (*ci-après*). Sur ce secteur, en contrebas du plateau portant la pelouse, des dalles calcaires inclinées sont en partie dénudées.



Au pied de cette partie dénudée, quand, à nouveau, le sol et la végétation recouvrent les dalles, on a mesuré, localement, la valeur de **50 100 Bq/m²**. Ce phénomène d'accumulation de contamination est produit par l'écoulement de la pluie contaminante sur la dalle inclinée, la contamination venant se fixer au pied de cet écoulement. Ce phénomène d'accumulation de contamination « *par délavage de dalles* » est systématique et on le rencontre dès que le terrain offre les conditions favorables, comme ici :

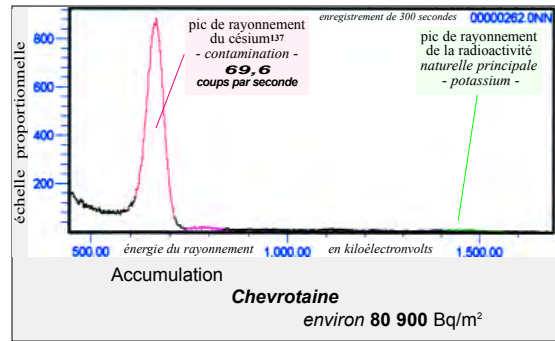


• À **Chevrotaine**, une vaste pelouse permet de mesurer la valeur de contamination uniformément répartie de **15 000 Bq/m²** (plusieurs mesures) :



Dans l'environnement de ce secteur affleure une dalle calcaire corrodée par l'érosion ; ce relief karstique*, très classique dans les pays calcaires, présente de nombreuses rainures, rigoles et scialets. L'ensemble est très tourmenté, les parties dénudées alimentant en humus moussu les creux les plus divers. Ces creux remplis d'humus, de mousse et parfois de petites pelouses ou de fougères, ont tous fortement accumulé la contamination où, comme ici, on a pu mesurer localement la valeur de **80 900 Bq/m²** :

* **karst**, formes tourmentées du relief dues à la dissolution du calcaire sous-jacent.

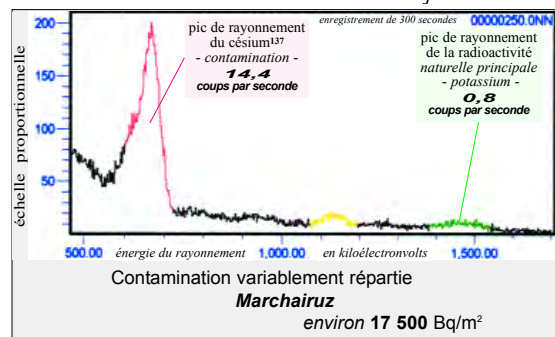


Ces phénomènes de redistribution de la contamination par les environnements karstiques sont systématiques et très fréquents ; nous les avons rencontrés partout : dans les **Pyrénées (Hauts de Gavarnie)**, dans les grands karsts préalpins (comme le **Vercors**), ou alpins (**Dolomites, Hauts de Garmisch-Partenkirchen**). Et ceci depuis une altitude modeste, comme ici vers **700 m**, jusqu'à plus de **2 500 m**. En outre, la nature fortement fixatrice de ces environnements karstiques a pu conduire à l'accumulation de corps radioactifs tels que l'américium et les plutoniums [p. 79].

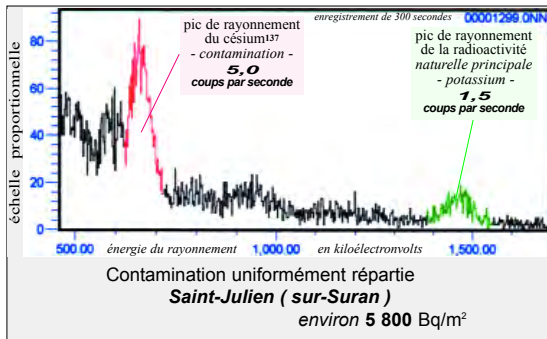
• Les secteurs situés plus à l'est présentent les valeurs suivantes : **5 600 Bq/m²** à **Saint-Laurent-en-Grandvaux**, **4 700 Bq/m²** à **Morez**, **6 000 Bq/m²** juste au nord du **Col de la Faucille**.

• Encore plus au nord-est, en **Suisse** mais à peu de distance de la frontière, sur le plateau du **Marchairuz** à l'est du **Brassus**, plusieurs mesures conduisent à attribuer à ce secteur la valeur de contamination uniformément répartie de **15 100 Bq/m²**.

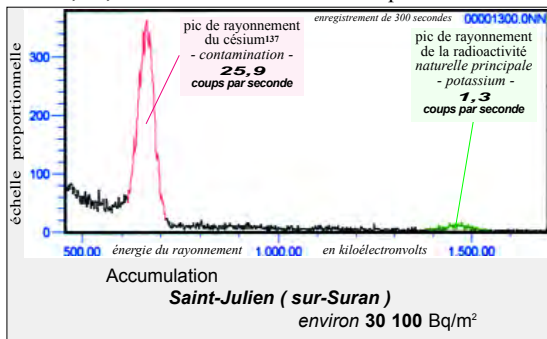
Sur ce secteur du **Marchairuz**, voici l'enregistrement d'une mesure à **17 500 Bq/m²** [Les autres mesures concernant le **Jura suisse** seront présentées avec les mesures couvrant l'ensemble de la **Suisse**] :



• Dans le sud du **Jura**, trois secteurs de mesure présentent des valeurs proches de contamination : **Oyonax 5 200 Bq/m²**, **Saint-Julien (sur-Suran - bas -) 5 500 Bq/m²**, **Saint-Julien (sur-Suran- haut -) 5 800 Bq/m²**. Voici l'enregistrement de cette dernière mesure de contamination uniformément répartie montrant **5 800 Bq/m²** :

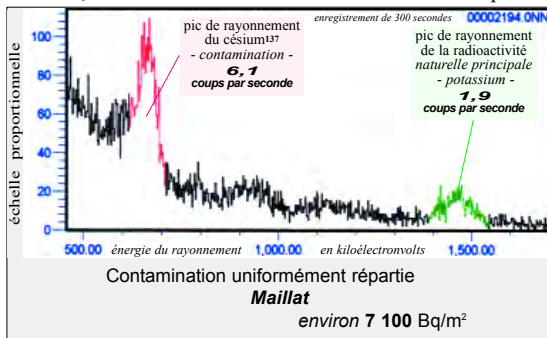


De plus, sur ce secteur, les accumulations locales aux pieds des hêtres sont caractéristiques, avec un facteur d'accumulation de 5 fois. Aux pieds de ces arbres on a mesuré, localement, ici, la valeur d'environ 30 100 Bq/m² :



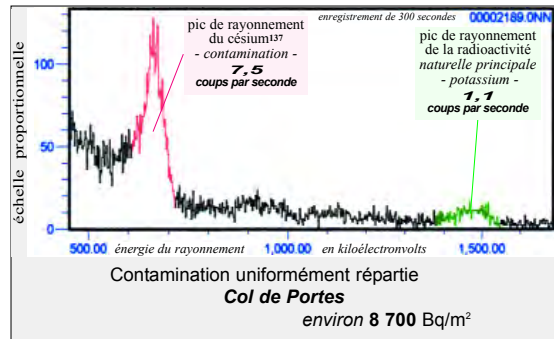
◆ LE BUGEY

• Dans le **Massif du Bugey**, les différents secteurs de mesures ont donné des valeurs de contamination uniformément répartie qui varient peu et qui se situent entre 6 400 et 9 200 Bq/m². Au nord de ce massif, à **Maillat**, on a mesuré la valeur d'environ 7 100 Bq/m² :

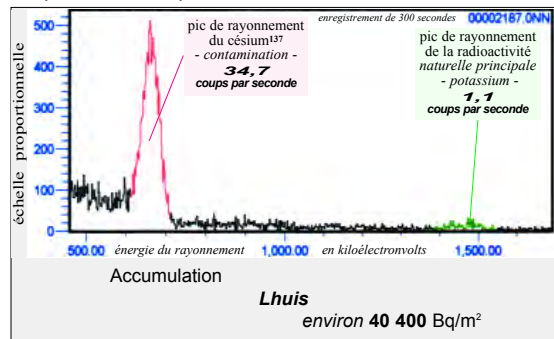


• Au **Col du Cendrier**, on a relevé 6 400 Bq/m². À **Cleyzieu**, la contamination uniformément répartie sur le secteur est mesurée à la valeur de 7 200 Bq/m² ; mais sur ce secteur, les coulures le long des hêtres ont produit des accumulations locales de contamination qui ont été mesurées, ici, à la valeur d'environ 28 100 Bq/m².

• Au **Col de Portes**, en forêt de sapins mélangés de feuillus, on a mesuré la valeur de contamination uniformément répartie d'environ 8 700 Bq/m² :



• À **Lhuis**, dans une pelouse, la mesure de la contamination uniformément répartie a donné la valeur de 9 200 Bq/m². De plus, sur ce secteur, les coulures le long des hêtres ont provoqué des accumulations locales de contamination. Aux pieds de ces arbres on a pu mesurer, ici, localement, la valeur de contamination de



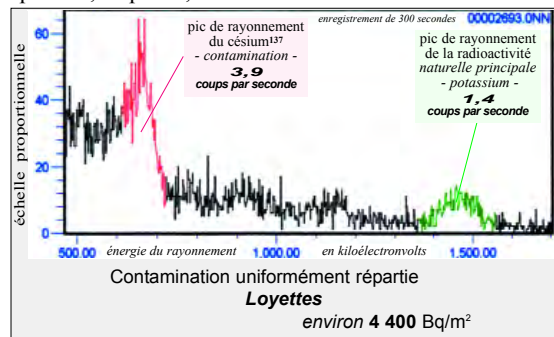
40 400 Bq/m² :

• À **Chazey-Bons**, la valeur mesurée pour la contamination uniformément répartie sur le secteur est d'environ 8 800 Bq/m².

• Dans le piémont et les plaines situées à l'ouest du Bugey, au nord-ouest d'**Ambérieu**, **Châtenay** a donné la valeur de contamination uniformément répartie d'environ 7 200 Bq/m², semblable aux valeurs rencontrées sur le massif.

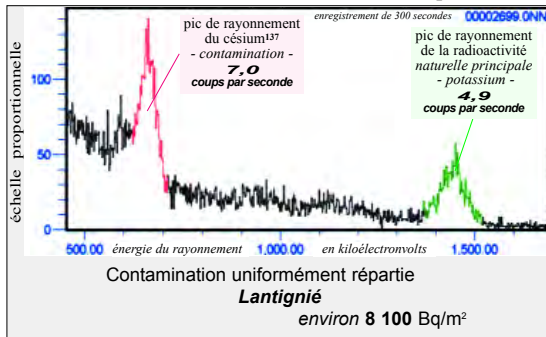
• Plus au sud, **Ambérieu** montre la valeur de 3 800 Bq/m² dans un sol forestier sur cailloutis, et 4 200 Bq/m² dans un sol forestier argileux.

• À **Crémieu** on a mesuré 4 500 Bq/m² et 4 400 Bq/m² à **Loyettes** dont voici l'enregistrement de la mesure dans une pelouse, en plaine, au confluent du **Rhône** et de l'**Ain** :



◆ LE BEAUJOLAIS

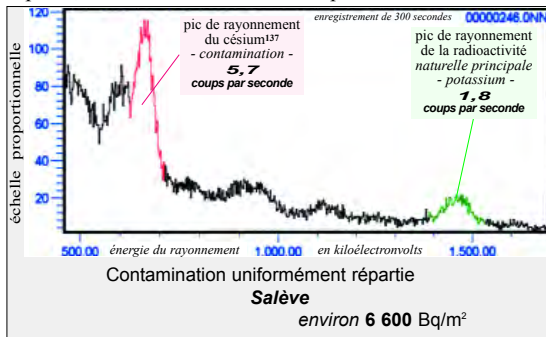
• À **Lantignié**, juste à l'est de **Beaujeu**, sur le **Plateau des Grandes Terres**, plusieurs mesures conduisent à une valeur d'environ **8 000 Bq/m²** pour la contamination uniformément répartie. Voici l'enregistrement de l'une de ces mesures à la valeur de **8 100 Bq/m²** :



• La valeur identique de **8 000 Bq/m²** a été rencontrée plus à l'est, à **Chauffailles**.

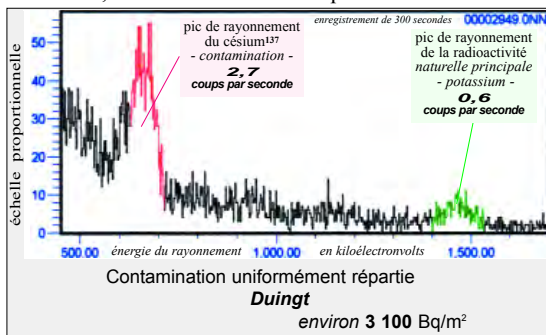
◆ LES SAVOIES

• Au sud de **Genève**, sur le vaste plateau du **Salève**, la mesure a été réalisée au milieu des pâturages enclos. L'enregistrement suivant donne, pour la valeur de contamination uniformément répartie, la valeur d'environ **6 600 Bq/m²** :

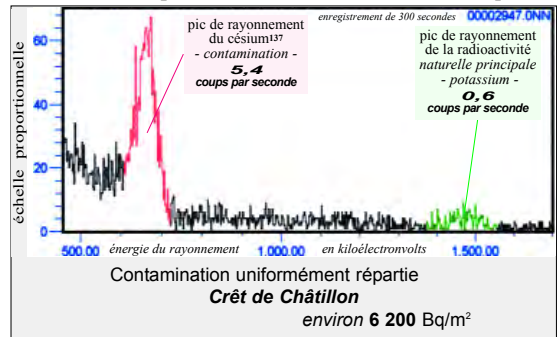


Près d'**Annecy**, plusieurs mesures permettent de préciser l'évolution du niveau de contamination en fonction de l'altitude.

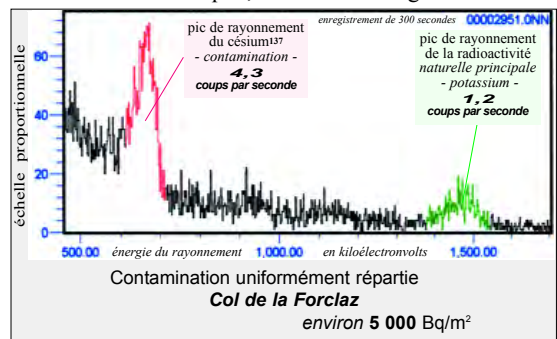
• Au bord du **Lac**, à **Duingt**, sur les pelouses devant **la Grotte**, on a mesuré **3 100 Bq/m²** :



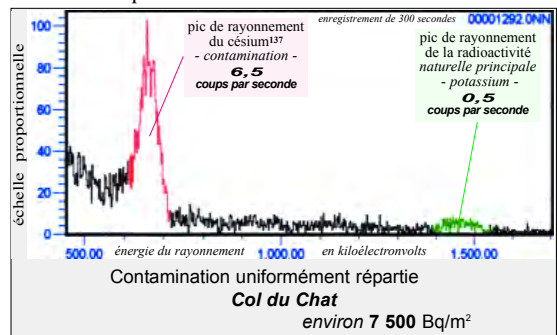
• Au **Crêt de Châtillon**, au sud d'**Annecy**, à **1 600 m** d'altitude, plusieurs mesures donnent des valeurs de contamination uniformément réparties comprises entre **6 200** et **8 300 Bq/m²**. Voici l'enregistrement effectué sur le sol forestier des sapins montrant la valeur de **6 200 Bq/m²** :



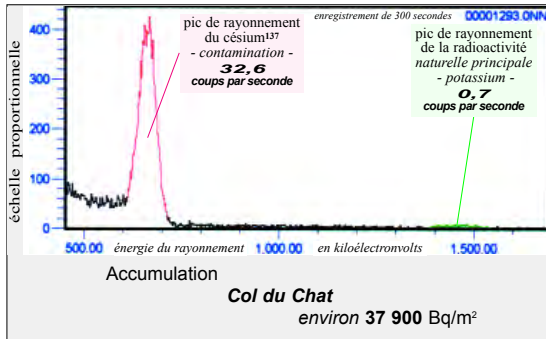
• Les autres valeurs mesurées s'inscrivent précisément dans cette évolution des niveaux de contamination avec l'altitude : **Leschaux** **5 100 Bq/m²**, hameau de **Mont-Bogon**, commune de **Faverge** **3 300 Bq/m²**, **Forêt du Veyrier**, à mi-pente **4 000 Bq/m²**, **Col de la Forclaz**, au sud de **Talloires** **5 000 Bq/m²**, dont voici l'enregistrement :



• Au nord-ouest de **Chambéry**, le secteur du **Col du Chat** montre, pour la contamination en césium¹³⁷ du sol forestier, uniformément répartie sur le secteur, la valeur de **7 500 Bq/m²** :

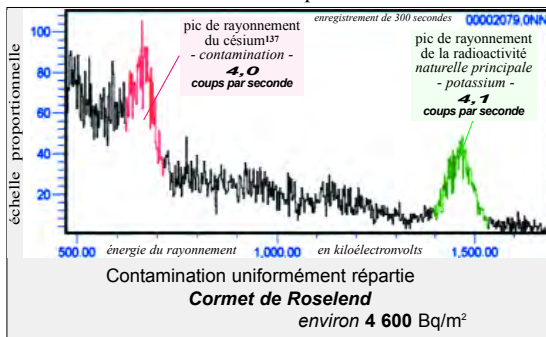


Sur ce même secteur, le sol aux pieds des hêtres présente, localement, une contamination plus élevée qui est due à la coulure contaminante le long de ces arbres. Dans cette situation, localement, on a mesuré, ici, environ **37 900 Bq/m²** :



• À peu de distance au nord de **Montmélian**, à **Cruet** et un peu plus haut à la **Thuile**, les mesures sur ces deux secteurs ont donné respectivement 4 400 et 4 100 Bq/m² pour la contamination uniformément répartie.

• Dans le **Beaufortin**, trois secteurs de mesure sur les grandes pelouses du **Plateau de Roselend** donnent des valeurs voisines de contamination uniformément répartie : au **Col du Meraillet** 5 700 Bq/m², à l'ouest du **Cornet de Roselend** 4 600 Bq/m², à l'est du **Cornet de Roselend** 4 800 Bq/m² :

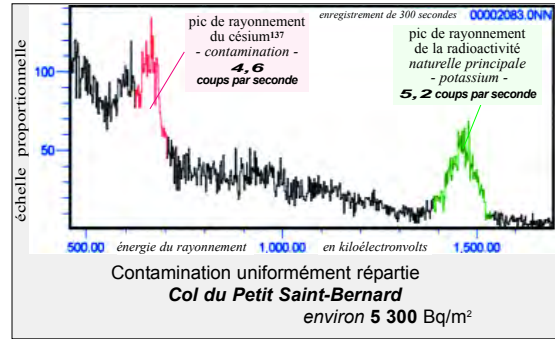


Dans les pentes situées au sud du Plateau de Roselend, précisément dans les combes associées à ces pentes, un échantillon de sol analysé en 1997 par le laboratoire de la CRIIRad avait fourni une valeur de contamination de 2 449 Bq de césium¹³⁷ par kilo de sol. Cette valeur correspond à une accumulation de contamination résultant d'une redistribution de celle-ci sous l'effet de phénomènes montagnards particuliers [p.77].

• À **Bourg-Saint-Maurice**, exactement au hameau du **Châtelard**, la contamination uniformément répartie est mesurée à la valeur de 4 400 Bq/m².

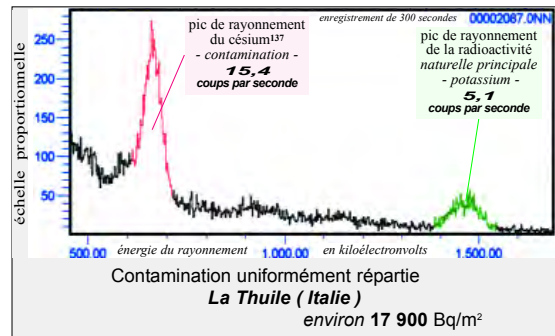
• Dans les pentes inférieures du **Col du Petit Saint-Bernard** on a mesuré 3 600 Bq/m². À 2 180 m d'altitude au sommet de ce col, la valeur mesurée est de 5 300 Bq/m² comme le montre l'enregistrement ci-contre.

On aura remarqué que, dans cette partie de **Savoie**, depuis **Montmélian** (550m) jusqu'à la **crête frontrière**, et quelles que soient les différences d'altitude entre le **Cornet de Roselend** (1 900m), **Bourg-Saint-Maurice**

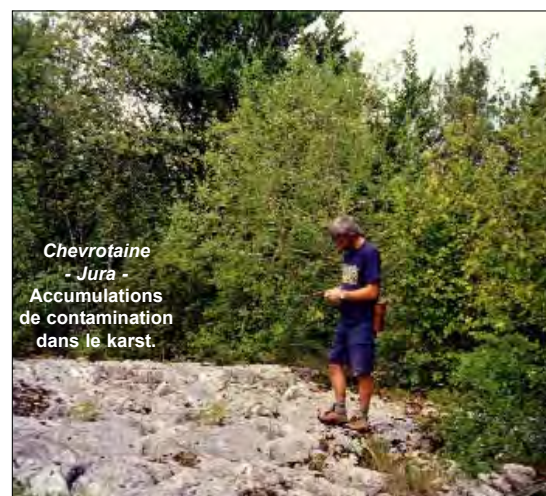


(940m), le bas (1 100m), puis le haut du **Col du Petit Saint-Bernard** (2 180m), côté français exclusivement, le niveau de contamination varie peu.

Par contre, on verra les valeurs de contamination évoluer rapidement du côté italien [voir la description de l'Italie du nord p. 161] comme peut en témoigner de manière préliminaire cet enregistrement effectué au-dessus de la **Thuile**, du côté italien du **Petit Saint-Bernard**, à l'altitude de 1 750m :



• Au nord des **Savoies**, les secteurs de mesures du **Col des Montets** (1 460m) au nord de **Chamonix** et entre **Saint-Gervais** et **Megève** (880m), eux aussi à des altitudes différentes, présentent des valeurs de contamination voisines, respectivement de 6 400 et de 5 100 Bq/m².



le sud-est de la France à l'ouest de la carte détaillée

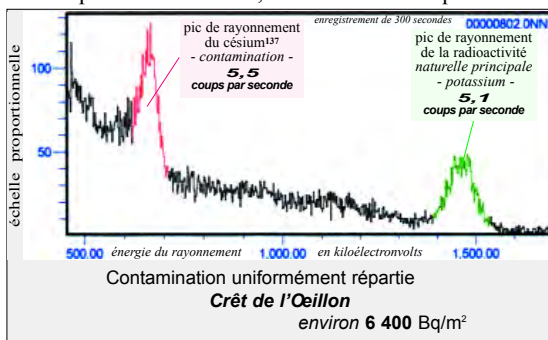


Sur une grande partie du sud-est de la France, les niveaux de contamination ont été relevés en détail ; les secteurs de mesures ont été suffisamment resserrés pour permettre de proposer une cartographie continue. Dans ce but, environ 1 500 mesures ont été effectuées sur le terrain. Sur ce territoire, d'une part, des niveaux de contamination comparables aux forts niveaux ayant pu être relevés ailleurs en Europe occidentale se rencontrent de manière étendue, d'autre part, la structure géographique de la contamination, c'est-à-dire sa variation d'un endroit à l'autre, est apparue assez compliquée ; fréquemment, l'espacement entre les secteurs de mesure a dû être adapté en fonction de ces variations rapides.

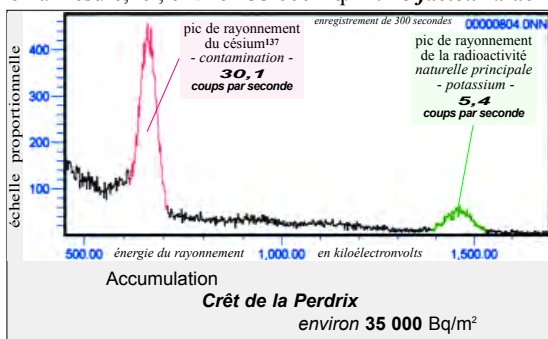
Avant de décrire la partie du sud-est de la France cartographiée en détail, nous devons parcourir la bande de territoire située à l'ouest de celle-ci où les secteurs de mesures sont restés discontinus quoique, parfois, relativement resserrés.

◆ LE VIVARAIS ET LE VELAY

Dans le Massif du Mont Pilat, sur les pelouses qui auréolent le Crêt de l'Oeillon, l'enregistrement suivant mesure une valeur de la contamination par le césium¹³⁷, uniformément répartie sur le secteur, d'environ 6 400 Bq/m² :



Plus à l'ouest, dans des conditions semblables sur le plateau du Crêt de la Perdrix, on a mesuré la valeur proche de 5 500 Bq/m². Mais, sur ce secteur, la présence de hêtres permet de constater et de mesurer les accumulations locales de contamination situées aux pieds de ces arbres ; ce phénomène résulte du coulage de la contamination le long du tronc de cette espèce forestière. Dans ces conditions particulières, donc localement, aux pieds des hêtres, on a mesuré, ici, environ 35 000 Bq/m². Le facteur d'ac-



cumulation, de 6 fois la contamination uniformément répartie, est habituel pour ce phénomène.

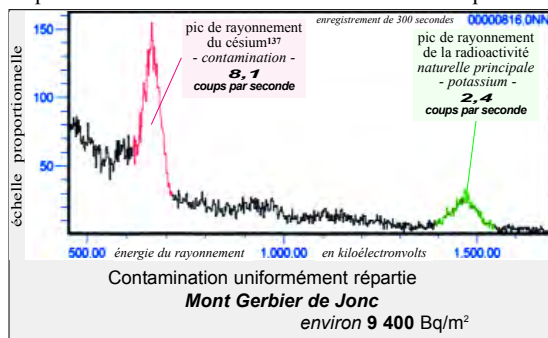
Au Col de la République, la contamination uniformément répartie a été mesurée à 5 600 Bq/m² dans un sol forestier, à 4 800 Bq/m² dans une pelouse au Col du Fayet (au nord d'Annonay), à 5 500 Bq/m² dans un sol forestier à Riotord.

Dans les environs du Puy-en-Velay, les valeurs mesurées sont les suivantes : Yssingeaux 2 600 Bq/m², le Puy-en-Velay 4 400 Bq/m², Loudes 5 700 Bq/m², Mont Meygal 3 600 Bq/m².

Les valeurs de la contamination évoluent rapidement en suivant la Chaîne des Sucs vers le sud :

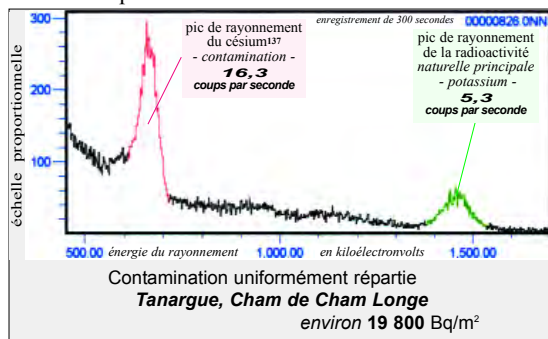
On a mesuré 8 600 Bq/m² au sud du Mont Mézenc, dans les pelouses du Col de Boutières.

Au pied du Mont Gerbier de Jonc, les pelouses donnent la valeur de 11 600 Bq/m², tandis qu'un peu plus au sud, sur le plateau des Coux, la valeur de contamination uniformément répartie est mesurée à la valeur d'environ 9 400 Bq/m² :



Toujours vers le sud, on trouve 14 400 Bq/m² à Lanarce et 13 000 Bq/m² au Col de la Chavade.

Ce sont les grands plateaux de pelouses et de landes rases à myrtilles du Cham de Cham Longe qui montrent la valeur de 19 800 Bq/m² pour la contamination uniformément répartie :



Également sur ce vaste Plateau du Tanargue, on a mesuré la valeur voisine, d'environ 18 700 Bq/m² au Col de la Croix de Bauzon.

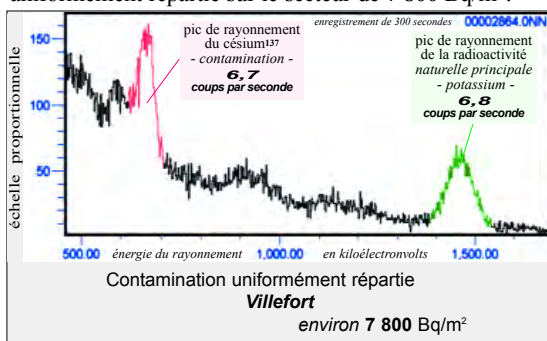
• Encore plus au sud, à **Peyre**, au sud-est de **Montselgues** et de **Thines**, on a mesuré **14 500 Bq/m²**, et au nord **des Vans** **7 600 Bq/m²**.

◆ LA MARGERIDE

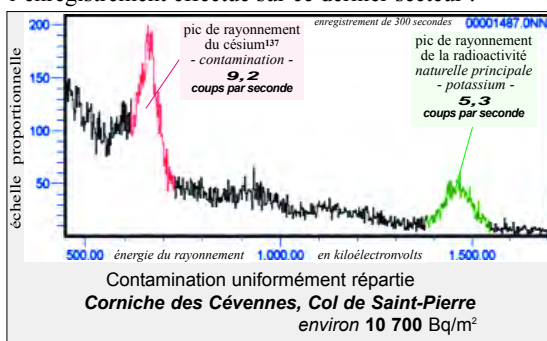
• On a mesuré **4 300 Bq/m²** à **Langeac**, **6 800 Bq/m²** à **Grandrieu** et **4 200 Bq/m²** à **la Baraque de l'Air** au sud-ouest de **Langeac**.

◆ LES CÉVENNES

• Juste au sud-est de **Villefort**, la vaste forêt de pins somptueux permet de réaliser, sur le sol forestier, l'enregistrement suivant qui montre une valeur de contamination uniformément répartie sur le secteur de **7 800 Bq/m²** :



• Depuis **Florac** au nord, le long de la **Corniche des Cévennes**, on a mesuré : à **Florac** **4 600 Bq/m²**, à **Saint-Laurent-de-Trèves** **7 300 Bq/m²** et **10 700 Bq/m²** au **Col de Saint-Pierre** situé au milieu de la **Corniche**. Voici l'enregistrement effectué sur ce dernier secteur :

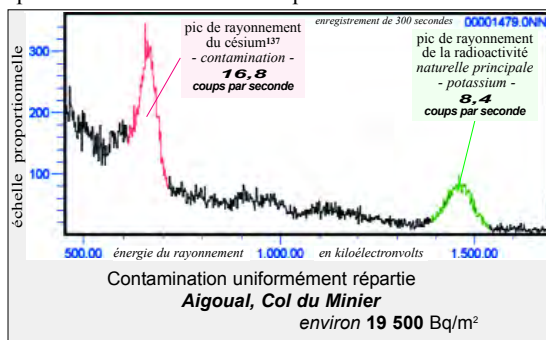


◆ LE MASSIF DE L'AIGOUAL

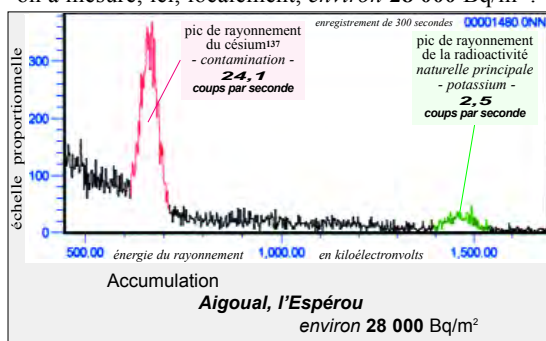
• En limite sud du **Causse Méjean**, le secteur du **Col du Perjuret** montre la valeur de contamination uniformément répartie de **5 300 Bq/m²**. Rappelons que 30 km plein nord [p. 90], sur la bordure du **Causse de Sauveterre**, à **Balsièges**, on avait mesuré **4 500 Bq/m²** en bas du Causse et **4600 Bq/m²** en haut, deux valeurs identiques qui ne faisaient pas apparaître de différence en fonction de l'altitude. En outre, ces deux mesures

sont de valeur voisine de celle que l'on vient de rencontrer au **Col du Perjuret**.

• Au **Mont Aigoual**, sur les amples pelouses à callune du plateau sommital, la contamination uniformément répartie est mesurée à la valeur de **6 000 Bq/m²**. Sur le versant sud de l'**Aigoual**, au **Col du Minier**, la contamination uniformément répartie sur ce secteur prend la valeur de **19 500 Bq/m²** :



De plus, à proximité, en direction de **l'Espérou**, les pieds des hêtres présentent des accumulations de contamination en taches étendues pouvant être métriques. Ce phénomène est dû au coulage de la pluie contaminante le long des troncs. Au pieds des hêtres, on a mesuré, ici, localement, **environ 28 000 Bq/m²** :

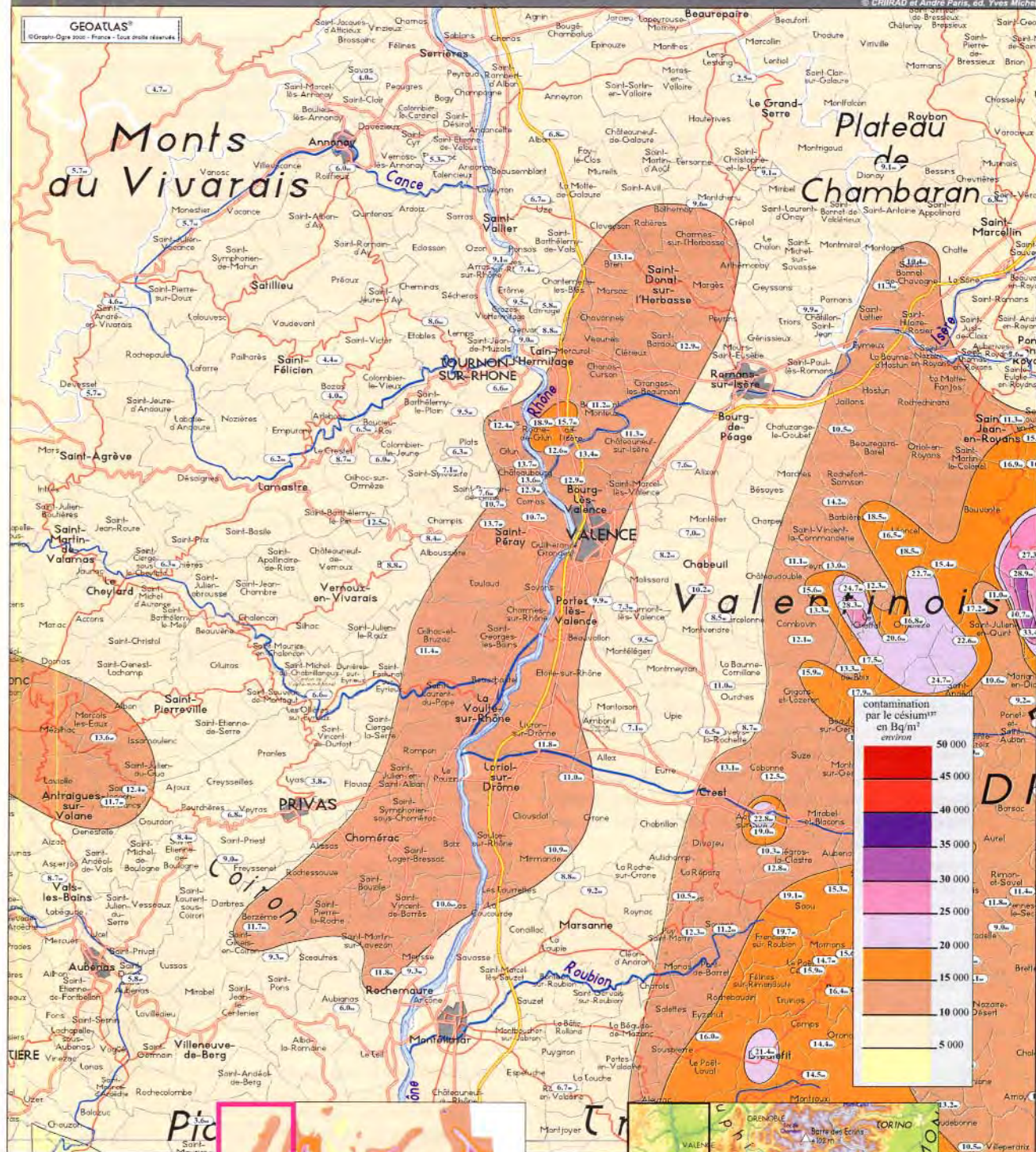


• Au nord du **Vigan**, au **Col de la Cravate**, la valeur de la contamination uniformément répartie est mesurée à **8 400 Bq/m²**.

• En bordure littorale, dans des pelouses à Thym, on a mesuré environ **1 700 Bq/m²** à l'est de **Montpellier** et **3 700 Bq/m²** à l'ouest de cette ville.



Le Mont Gerbier de Jonc.



♦ LA STRUCTURE CARTOGRAPHIQUE D'ENSEMBLE DE LA SECTION 1

La traînée centrale des valeurs comprises entre 10 000 et 15 000 Bq/m² qui suit une trajectoire *Cruas-Valence-Saint-Donat-sur-l'Herbasse* : cette zone se développe légèrement en oblique sur la *Vallée du Rhône*. La valeur maximale de contamination, proche de 20 000 Bq/m², est située aux alentours de la *Roche-de-Glun*, au nord-ouest de *Valence*.

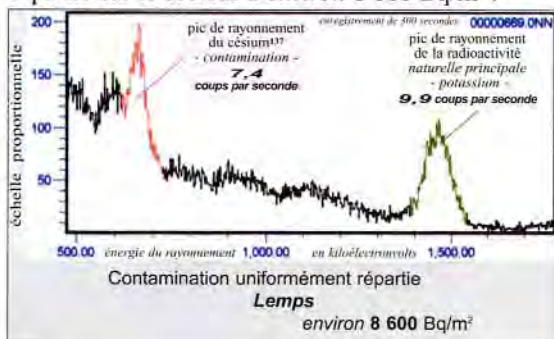
La zone de valeurs supérieures à 10 000 Bq/m² qui s'ouvre à l'ouest du *Col de l'Escrinet* : elle apparaît comme un prolongement des valeurs rencontrées dans la *Chaîne des Sucs* à l'ouest (et en dehors) de la carte détaillée ; les plus fortes valeurs étant centrées sur le *Massif du Tanargue* [p. 111].

La traînée de contamination qui va du *Tricastin* au *Vercors* : il s'agit d'une structure cartographique importante de la contamination du sud-est de la France dont la partie nord sera regardée en détail à la section 2.

Entre ces traînées de plus forte contamination, les valeurs mesurées sont comprises entre environ 5 000 et 10 000 Bq/m².

♦ ANNONAY - SAINT-VALLIER - TOURNON - LAMASTRE

• Au milieu de ce périmètre, l'enregistrement de la mesure effectuée à *Lemps*, dans une pelouse, illustre cette situation qui se retrouve sur une grande étendue dans tout l'est de la France. Cette mesure montre la valeur de contamination uniformément répartie sur le secteur d'environ 8 600 Bq/m² :



• Sur le plateau cultivé à l'ouest de *Saint-Romain-de-Lerps*, on a fait l'observation suivante : une bande de terrain non exploité permet de mesurer une valeur de la contamination de 8 600 Bq/m² ; à 10 m, la prairie fauchée, maigre, donne la valeur de 6 700 Bq/m², soit 78% de la valeur du terrain inculte, tandis qu'à 10 m encore, la culture labourée, donc plus intensivement

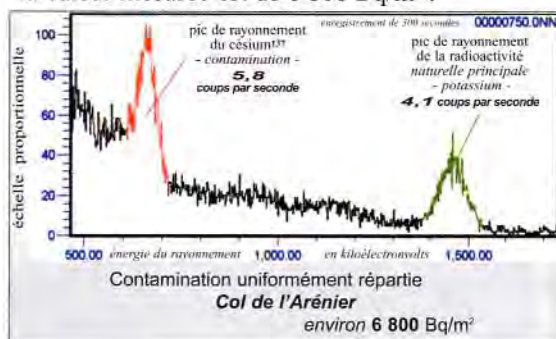
productive, ne permet la détection (depuis la surface du terrain) que de 30% des becquerels par rapport au terrain resté sauvage.

Dans ces situations, on constate toujours que le niveau actuellement mesurable de la contamination est d'autant plus abaissé que les prélèvements agricoles des récoltes sont importants.

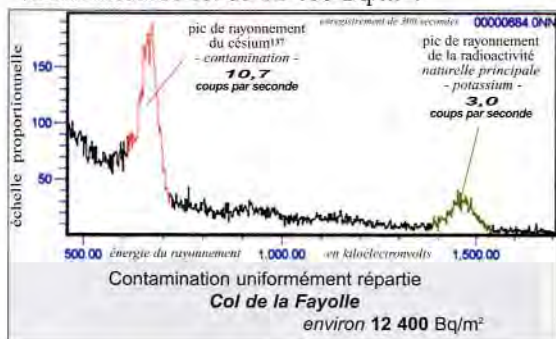
♦ LAMASTRE - PRIVAS - AUBENAS

On se contentera d'illustrer la remontée des valeurs de la contamination uniformément répartie entre l'est et l'ouest du *Col de l'Escrinet*.

• Entre *Privas* et *l'Escrinet*, au *Col de l'Arénier*, la valeur mesurée est de 6 800 Bq/m² :



• À l'ouest de *l'Escrinet*, au *Col de la Fayolle*, la valeur mesurée est de 12 400 Bq/m² :

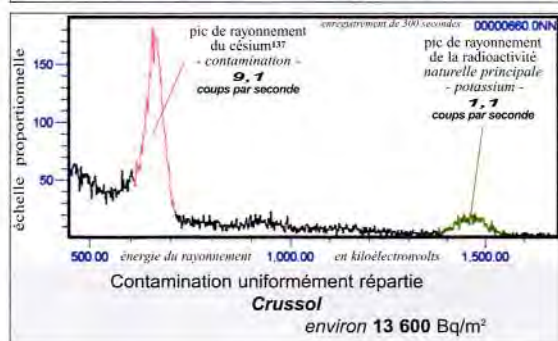
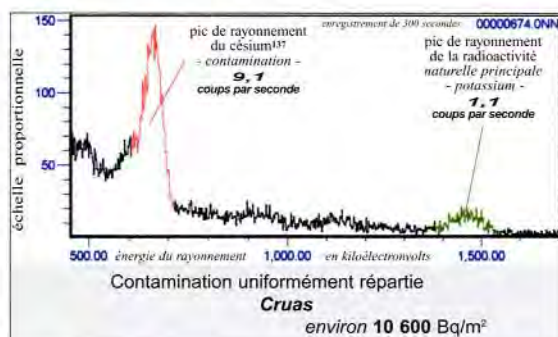


• Au *Col des Quatre Vios*, encore plus à l'ouest et en limite de la carte, on a mesuré la valeur de 13 600 Bq/m².

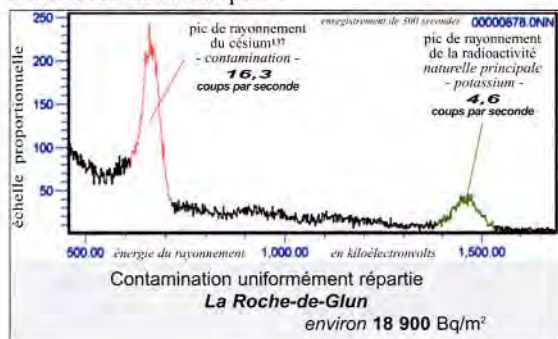
♦ CRUAS - VALENCE - SAINT-DONAT-SUR-L'HERBASSE

• L'enregistrement effectué sur les restanques situées devant le côté sud du *Château de Cruas* montre une contamination uniformément répartie de 10 600 Bq/m² :

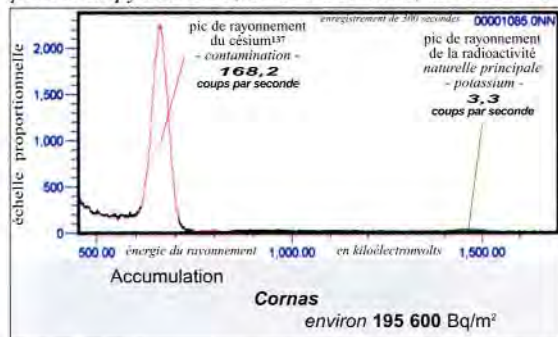
• En face de *Valence*, sur les pelouses étendues du plateau de *Crussol*, on a enregistré une contamination uniformément répartie d'environ 13 600 Bq/m² :



• Entre la **Roche-de-Glun** et **Pont-de-l'Isère**, les pelouses ont permis d'enregistrer, pour la contamination uniformément répartie, jusqu'à la valeur d'environ 18 900 Bq/m² :



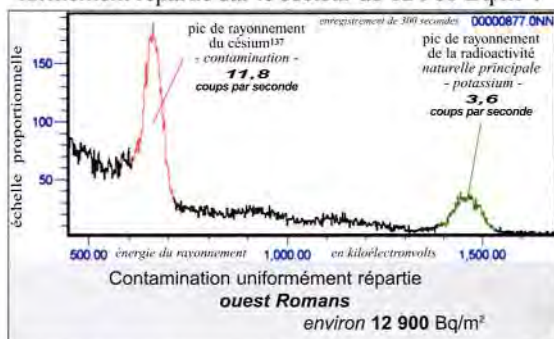
• Contrairement à la **contamination uniformément répartie**, les **accumulations de contamination** sont des manifestations locales mais révélatrices. Par exemple au-dessus de **Cornas**, on a pu mesurer, au pied d'un pylône EDF, donc localement, la valeur de



119 000 Bq/m². Autre forme d'accumulation : à **Cornas**, en face de la Chapelle, au bord de la route, un ancien carreau désaffecté d'une vieille carrière supporte un peu d'humus moussu récolté pour le jardinage. L'enregistrement ci-contre a permis de mesurer, localement puisqu'il s'agit d'une accumulation, le niveau de contamination d'environ 195 600 Bq/m².

Sur la carte, on voit la **trainée centrale de contamination** se poursuivre vers le nord jusqu'aux environs de **Saint-Donat-sur-l'Herbasse**.

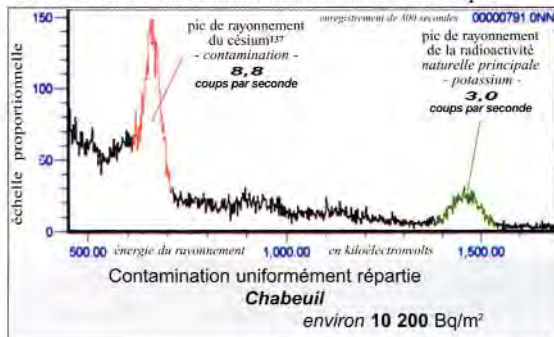
• Juste à l'ouest de **Romans**, au nord de la Chapelle des **Balmes**, une pelouse étendue au-dessus de la route a permis de mesurer la valeur de contamination uniformément répartie sur le secteur de 12 900 Bq/m² :

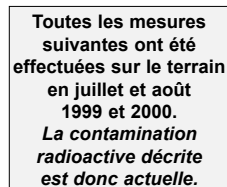


Vers le nord, au-delà de **Saint-Donat-sur-l'Herbasse**, la **trainée centrale de contamination** s'efface. On verra, après avoir parcouru tout le **sud-est de la France**, que cet effacement des **trainées de contamination** vers la limite nord de la carte détaillée est un phénomène général ; cet effacement vers le nord affecte toutes les **trainées de contamination** du **sud-est de la France**.

♦ ROMANS-SUR-ISÈRE - CHABEUIL-MONTÉLIMAR

• Les valeurs de contamination uniformément répartie mesurées à l'est de la **trainée centrale** ont tendance à passer sous la valeur de 10 000 Bq/m² ; mais souvent de peu et, parfois, elles oscillent autour de cette valeur. C'est cela que traduit l'enregistrement effectué dans la plaine de **Chabeuil**, dans une vaste pelouse à thym, avec la valeur de contamination de 10 200 Bq/m² :





◆ L'ALLURE CARTOGRAPHIQUE D'ENSEMBLE DE LA SECTION 2

Cette partie de la carte détaillée du *sud-est de la France* est centrée sur le nord d'une vaste traînée de contamination qui va de *Carpentras* au *Vercors*. Les niveaux de contamination rencontrés peuvent être comparables - tant en ce qui concerne leur valeur qu'en ce qui concerne les surfaces affectées - aux forts niveaux rencontrés ailleurs en *Europe occidentale*.

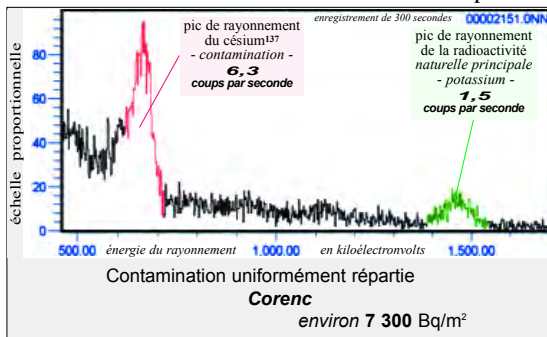
◆ LA POINTE SUD DU MASSIF DE LA CHARTREUSE

Cet ensemble topographique présente des différences d'altitude marquées ; malgré cela, les valeurs de contamination uniformément répartie varient peu et sont comprises entre **6 100 Bq/m²** au *Col de Porte* et **9 100 Bq/m²** au *Fontanil-Cornillon*.

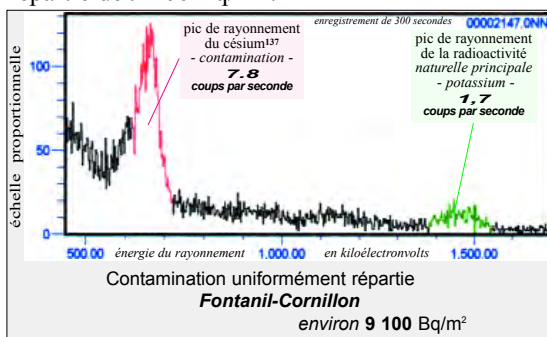
La faible variation du niveau de contamination en fonction de l'altitude peut être illustrée par les situations suivantes :

- Au *Fort-du-Saint-Eynard*, à 1 250 m, on a mesuré la contamination uniformément répartie à la valeur de **7 100 Bq/m²**.

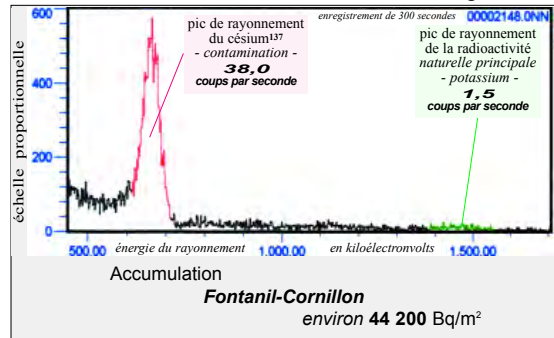
- À *Corenc*, à l'altitude de 660 m, l'enregistrement suivant montre la valeur d'environ **7 300 Bq/m²** :



- Dans un replat pelousé juste au-dessus du *Fontanil-Cornillon*, à l'altitude de 400 m, on a mesuré la valeur de contamination uniformément répartie de **9 100 Bq/m²** :

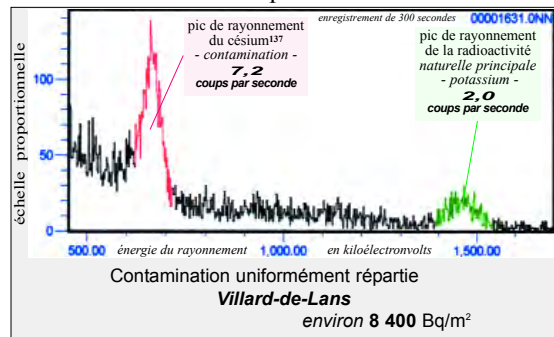


Dans les parages de ce secteur du *Fontanil-Cornillon*, affleurent des dalles calcaires dénudées. La contamination résultant du délavement de ces dalles est venue s'accumuler et se fixer systématiquement dans le sol aux pieds de celles-ci. Ce mode d'accumulation de la contamination, quand le terrain s'y prête, se rencontre à peu près partout. Par accumulation, localement donc, on a mesuré, ici, la valeur d'environ **44 200 Bq/m²** :



◆ LE NORD DU VERCORS

- Les valeurs mesurées dans toute la partie *nord du Vercors* sont semblables à celles rencontrées précédemment dans le *sud de la Chartreuse*. À titre d'exemple, voici l'enregistrement de la mesure effectuée au *Balcon de Villard-de-Lans* à la valeur de **8 400 Bq/m²** :

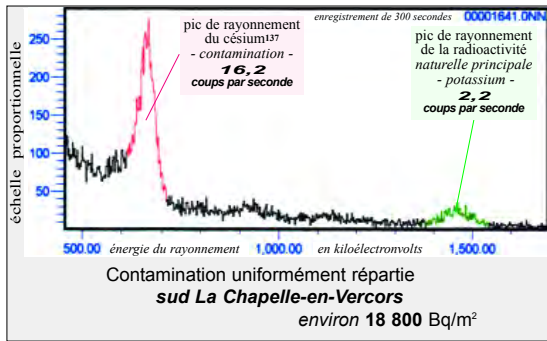


◆ LE SUD DU VERCORS

En direction du *sud du Vercors*, l'évolution du niveau de la contamination est rapide et la bande cartographique des valeurs comprises entre **10 000** et **15 000 Bq/m²** est rapidement traversée dans les parages des *Grands Goulets*.

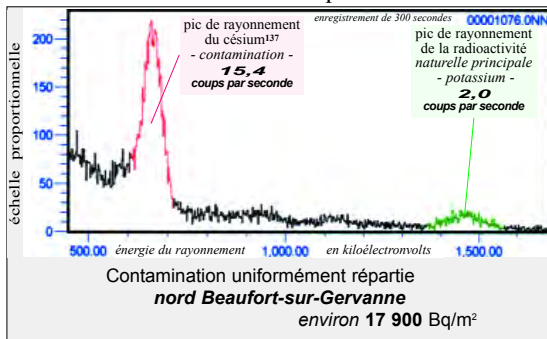
Les valeurs de contamination uniformément répartie, supérieures à **15 000 Bq/m²**, couvrent une partie étendue du sud du *Plateau du Vercors* et de certains piémonts comme en témoignent les enregistrements suivants :

- Entre les *Baraques-en-Vercors* et la *Chapelle-en-Vercors* à la valeur d'environ **18 800 Bq/m²** :



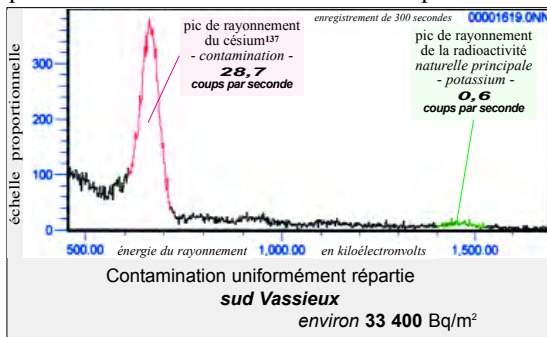
• À **Romeyer** à la valeur d'environ 16 000 Bq/m².

• Entre **Beaufort-sur-Gervanne** et **Plan-de-Baix** à la valeur d'environ 17 900 Bq/m² :



• Sur le plateau, de chaque côté du **Quint**, deux zones s'individualisent avec des valeurs de contamination uniformément répartie comprises entre 20 000 et plus de 30 000 Bq/m² (voir carte).

• Voici, au sud de la commune de **Vassieux**, sur le sol forestier d'une hêtraie, à 1100m d'altitude, l'enregistrement de la valeur d'environ 33 400 Bq/m² pour la contamination uniformément répartie :



COMPARAISON DES NIVEAUX DE CONTAMINATION ENTRE LES SOLS INCULTES ET LES SOLS CULTIVÉS

Sur le terrain d'une ferme au sud de **Vassieux**, dans un périmètre de quelques centaines de mètres, le

laboratoire de la CRIIRAD a effectué des carottages de sol pour comparer la contamination entre les milieux qui sont cultivés et ceux qui ne le sont pas. En parallèle des prélèvements de sol devant être analysés, on a réalisé les mesures suivantes, effectuées directement depuis la surface du sol :

/ Pelouse inculte de référence: **25 450 Bq/m²** (100%). / Prairie pâturée maigre: **17 000 Bq/m²** (67%). / Prairie pâturée moyennement productive: **11 000 Bq/m²** (43%). / Prairie artificielle semée faisant partie de l'assolement labouré: **9 050 Bq/m²** (36%). / Champ labouré semé de céréales: **8 150 Bq/m²** (32%). / Champ de pommes de terre intensément cultivé: **6 300 Bq/m²** (25%).

Mis à part le fait que les labours enfouissent plus profondément la contamination - et donc qu'ils font sous-estimer la mesure de la contamination depuis la surface du sol - la tendance d'ensemble est un prélèvement de la contamination d'autant plus marqué que la culture est productive. De multiples mesures de ce type, ailleurs, conduisent toutes à des résultats semblables.

◆ LES ACCUMULATIONS DE CONTAMINATION

LES ACCUMULATIONS DE CONTAMINATION AUX PIEDS DES HÊTRES

• Les hêtres sont des arbres qui ont une propriété particulière : quand il pleut, ils drainent la pluie qui atteint leur ramure et concentrent la coulure en un point précis de leur pied qui est toujours le même durant une grande période de leur longue vie. Ce phénomène résulte de la posture érigée de la ramure qui ramène les coulures vers le tronc. De plus, les hêtres ont un tronc lisse et probablement circulaire qui ne disperse pas la coulure le long de celui-ci.

Aucune autre espèce forestière ne paraît présenter de telles caractéristiques. Cette aptitude particulière fait qu'aux pieds des hêtres, de manière très générale en **Europe**, on trouve une accumulation de contamination fixée dans le sol.

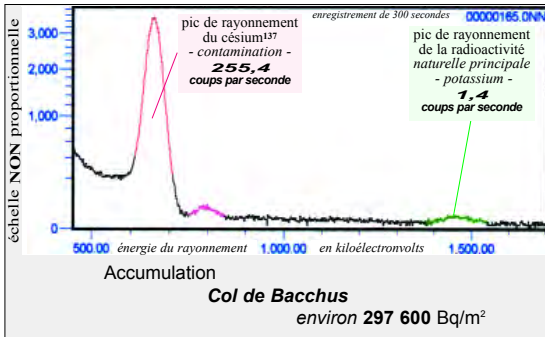
Mais ce phénomène s'estompe à peu près partout vers 1 100 m d'altitude du fait que, à partir de cette altitude ou plus haut, la neige remplace fréquemment la pluie, ce qui provoque peu de coulures le long des hêtres.

Dans le **Vercors**, les accumulations de contamination aux pieds des hêtres sont puissantes et systématiques, en dessous de 1 100 m d'altitude.

Pour l'ensemble de la **France**, c'est dans le **Vercors** que l'on a mesuré les plus fortes accumulations de contamination aux pieds des hêtres.

À titre d'exemple, voici la situation que l'on a rencontré au **Col de Bacchus**, entre **Léoncel** et

Plan-de-Baix ; sur ce secteur, la contamination uniformément répartie, c'est-à-dire la contamination qui est identique et uniforme d'un mètre carré à l'autre du terrain, est d'une valeur située entre 25 000 et 30 000 Bq/m². Parmi les accumulations systématiques aux pieds des hêtres, on a mesuré localement, ici, jusqu'à la valeur d'environ 297 600 Bq/m² :

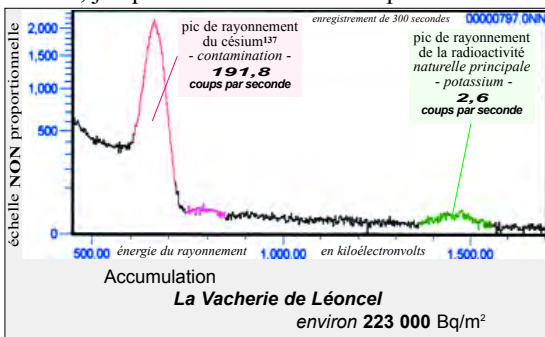


LES ACCUMULATIONS PROVOQUÉES PAR LES FORMES TOURMENTÉES DU TERRAIN

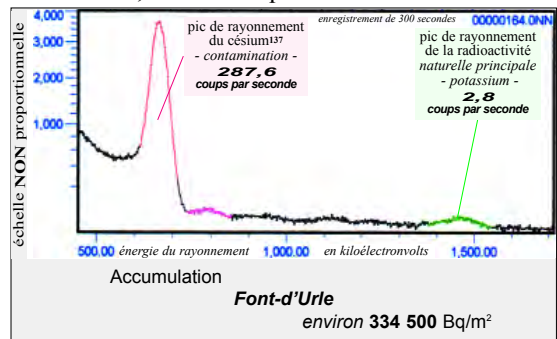
• Le **Vercors** étant un plateau supporté par un fort entablement calcaire, l'érosion a usé de sa faculté de dissoudre le calcaire pour fabriquer l'enchevêtrement des formes tarabiscotées de ce relief karstique. On a décrit en détail les mécanismes divers qui ont provoqué les différents types d'accumulations de contamination [p. 77 - 79] ; voici concrètement quelques exemples rencontrés sur le terrain du Vercors. D'autres seront rencontrés ailleurs.

- Les **combes** de toutes tailles produisent de nombreuses accumulations de contamination ; les plus petites sont souvent les plus efficaces. Les accumulations peuvent y être nombreuses, situées non seulement au fond mais fréquemment aussi sur les bordures et souvent jusqu'à la partie haute des bords.

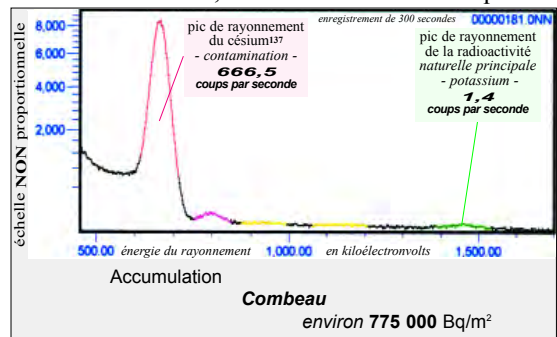
À titre d'exemple, à une centaine de mètres derrière l'église de **la Vacherie de Léoncel**, en plein pâturage, des petits creux de taille métrique le long d'une costière* permettent de mesurer, localement, jusqu'à environ 223 000 Bq/m² :



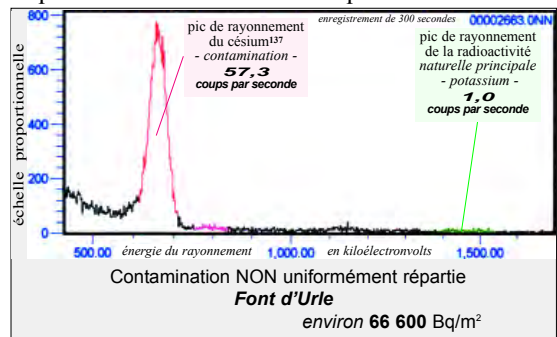
- Les **bordures et fonds de dolines*** et de **scialets*** montrent systématiquement, dans tout le **Vercors**, des accumulations de contamination plus ou moins nombreuses ayant des dimensions et des valeurs diverses. Dans ce type de situation, au bord de la route de **Font-d'Urle**, on a mesuré, localement, 334 500 Bq/m² :



Dans une situation comparable sur le plateau au nord de **Combeau**, on a mesuré 775 000 Bq/m² :



- Contre les rainures innombrables et de toutes tailles du relief karstique, des mottes et des **placages de pelouses**, eux aussi de toutes tailles, se maintiennent accrochés et vivent des nutriments apportés par le délavage des dalles. Ces petits milieux, vivant en situation précaire, sont très typiques du karst et sont très adaptés à capter tout ce qui passe à leur portée ; partout dans le karst, ils présentent des niveaux variables, mais élevés, de contamination. Ici, à **Font-d'Urle**, une petite motte décimétrique de pelouse accrochée dans une rainure karstique montre un niveau de contamination équivalent à environ 66 600 Bq/m² :



Les différents environnements à relief karstique que nous avons pu parcourir, dans les Pyrénées (hauts de Gavarnie), dans les Alpes (Dolomites, hauts de Garmisch-Partenkirchen), dans le Jura, ou comme ici dans les Préalpes, présentent tous des niveaux très « apparents » de contaminations radioactives. Et ceci depuis une altitude modeste comme dans le Jura, jusqu'à plus de 2 500 m. D'une part, ces milieux sont fortement fixateurs en raison de la présence d'humus ; d'autre part, ils ont souvent redistribué la contamination à des valeurs très diverses, ce qui rend celle-ci plus « visible ». Dans tous les cas, une étude approfondie des karsts, sous l'angle de leurs contaminations radioactives, s'avère indispensable à l'échelle européenne.

La grande trainée de contamination qui affecte le Vercors se poursuit vers le sud ; on en verra le détail à la section 5 de la cartographie détaillée du sud-est de la France.

Plateau du Vercors
Milieu *karstique** typique générant de nombreuses accumulations de contamination.



Plateau du Vercors
Accumulations de la contamination dans les dolines*



* *Karstique*, qui produit des formes tourmentées du relief résultant de la dissolution du calcaire sous-jacent. *Doline*, relief karstique en forme d'entonnoir. *Scialet*, percement en surface du réseau souterrain des perforations karstiques. La plupart des scialets sont liés à une doline. *Costière*, bordure dénivelée entre deux terrains de hauteur différente.



Plateau du Vercors
Contamination de la moindre micropelouse incrustée dans une dalle calcaire.



Plateau du Vercors
Contamination uniformément répartie dans les pelouses
- enregistrement du « pic de césium¹³⁷ » -

Plateau du Vercors
Omniprésence du « pic de césium¹³⁷ » dans les pelouses.





◆ L'ALLURE CARTOGRAPHIQUE D'ENSEMBLE DE LA SECTION 3

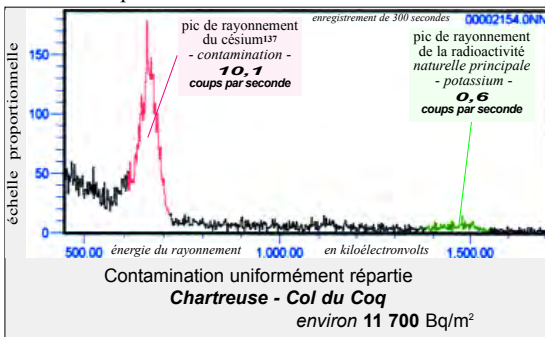
Cette section de la cartographie détaillée du *sud-est de la France* couvre le territoire allant de la partie méridionale du *Massif de Belledonne* et de la *Maurienne* au nord jusqu'au *Gapençais* et à l'*Embrunais* au sud.

L'allure cartographique d'ensemble est commandée par la présence d'une traînée de contamination large et complexe dont les noyaux d'activité les plus marqués se répartissent dans le périmètre compris entre *Digne-les-Bains*, *Sisteron*, *Massif du Dévoluy*, *Massif des Écrins* (voir carte d'ensemble page 81). Les niveaux de contamination par le césium¹³⁷ apportés par cette traînée traversant une grande partie des *Alpes du sud*, peuvent être comparables aux forts niveaux de contamination connus ailleurs en *Europe occidentale*.

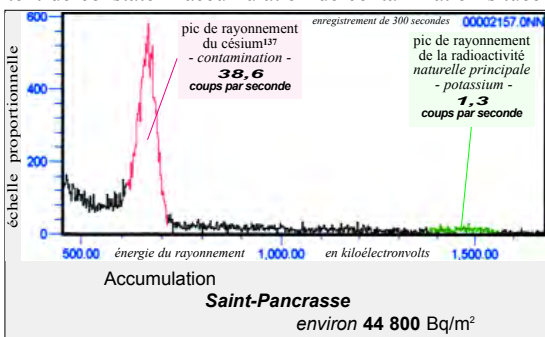
◆ DU SUD DE LA CHARTREUSE AU SUD DE BELLEDONNE

· Au *Col du Coq* dominant le *Plateau des Petites Roches*, mesurée en situation conventionnelle pour cet environnement, c'est-à-dire sur un sol forestier substantiel de sapinière, la contamination uniformément répartie donne une valeur de **9 000 Bq/m²**.

Mais un mince tapis d'humus produit par la décomposition des aiguilles de conifères et posé sur des blocs de calcaire fournit la valeur d'environ **11 700 Bq/m²** ; ceci montre la forte aptitude de l'humus à fixer la contamination :

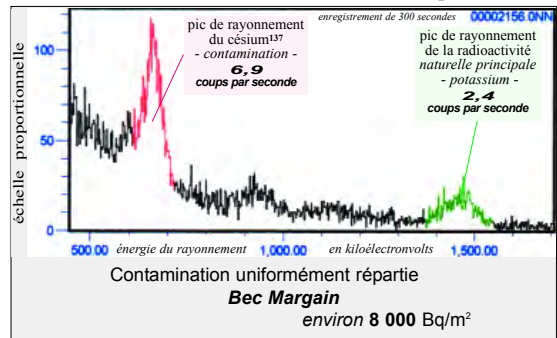


· En contrebas du *Col du Coq*, à côté du hameau de *Baure* sur la commune de *Saint-Pancrasse*, des hêtres permettent de constater l'accumulation de contamination située



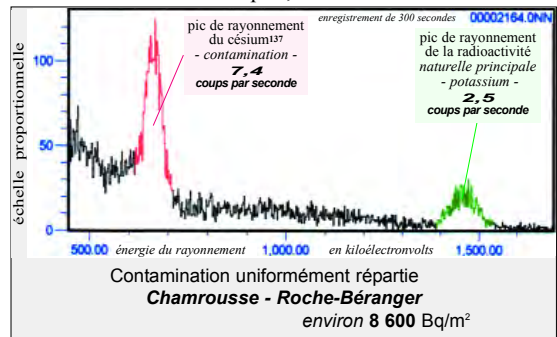
localement aux pieds de ces arbres ; ceci en raison du coulage le long de leur tronc. Localement donc, aux pieds des hêtres, on a mesuré, ici, environ **44 800 Bq/m²** (*ci-contre*).

· Au *Bec Margain*, sur ce balcon de la *Chartreuse* dominant la vallée du *Grésivaudan*, deux mesures donnent les valeurs de contamination uniformément répartie d'environ **8 200** et **8 000 Bq/m²** ; voici l'enregistrement de cette dernière mesure, sur le sol forestier d'une sapinière :

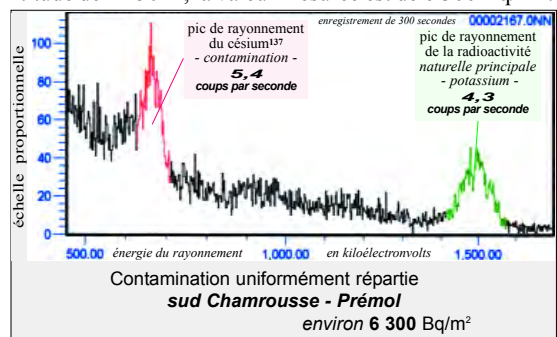


· De l'autre côté de la *Vallée du Grésivaudan*, en situation de piémont ouest du *Massif de Belledonne*, la contamination uniformément répartie est mesurée à la valeur de **5 800 Bq/m²** au *Col des Ayes* et à la valeur proche de **4 700 Bq/m²** aux *Adrets*.

· Les pelouses avec des îlots de bruyère callune de *Chamrousse*, à *Roche-Béranger*, ont fourni des valeurs de contamination uniformément répartie comprises entre environ **9 100** et **8 600 Bq/m²** ; ceci à l'altitude de 1 700 m :



· Côté sud, plus bas, sous le *Luitel*, vers *Prémol*, à l'altitude de 1 250 m, la valeur mesurée est de **6 300 Bq/m²** :

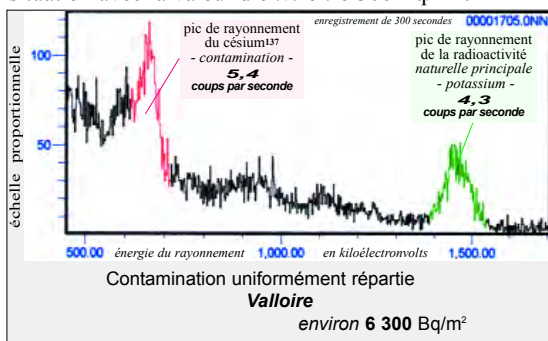


· Cette baisse des valeurs se poursuit en descendant et celles-ci passent sous le niveau cartographique de **5 000 Bq/m²** autour de **Vizille**.

◆ LES ROUSSES, SAINT-JEAN-DE MAURIENNE, LE COL DU GALIBIER, LE COL DU LAUTARET

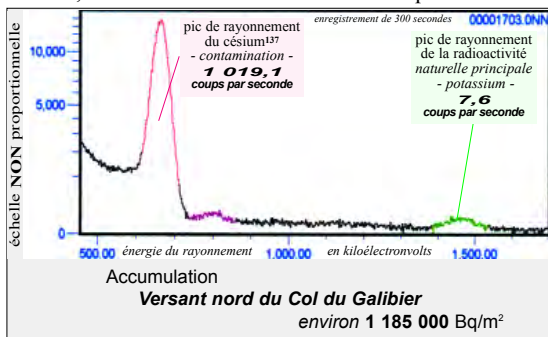
· Entre **Saint-Michel-de-Maurienne** et le **Lac de Grand'Maison**, les valeurs de contamination uniformément répartie mesurées sur sept secteurs sont comprises entre **3 900** et **11 000 Bq/m²**.

· L'enregistrement effectué sur la pelouse de la chapelle de **Valloire** est représentatif de la moyenne de cette situation avec la valeur d'**environ 6 300 Bq/m²** :



· Vers le haut du versant nord du **Col du Galibier**, autour des **Granges**, dans les parages de 2250 m d'altitude, la valeur de contamination uniformément répartie, quand elle peut être appréhendée, est mesurée à la valeur d'**environ 8 800 Bq/m²**. Cette valeur est donc comparable aux valeurs mesurées sur les autres secteurs, plus bas.

Mais en raison de phénomènes montagnards particuliers que l'on a déjà rencontrés [p. 77], à ces altitudes et de manière très générale, la contamination a été fortement redistribuée à la surface et dans le sol. Si bien que la contamination n'est restée uniformément répartie qu'occasionnellement et que, presque partout dans ce genre d'environnement et notamment dans les enchevêtrements des combes, on rencontre d'innombrables accumulations, de forme, de taille et de valeurs les plus diverses. Souvent ces accumulations présentent des « *points chauds* » de très forte valeur. À titre d'exemple, ici, localement, on a mesuré la valeur équivalente à



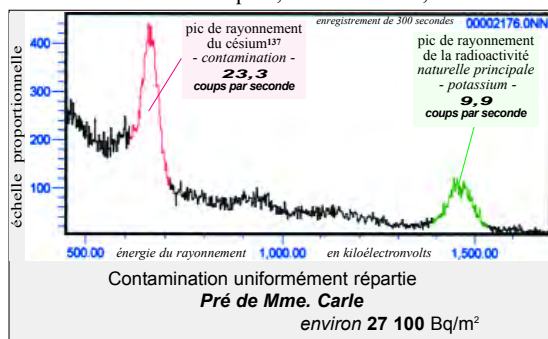
1 185 000 Bq/m².

Des mesures répétées montrent que les fonds des innombrables combes filtrantes de cet environnement présentent une valeur « *moyenne* » de contamination aux environs de **80 000 Bq/m²**. Ces observations et ces mesures montrent la grande efficacité des milieux montagnards pour redistribuer, accumuler et fixer les contaminations radioactives. Ces phénomènes sont généraux et ont été rencontrés partout dans les environnements montagnards à des altitudes comprises entre **1 500** et **2 700 m** [p. 77].

· Autour du **Col du Lautaret** et de la **Vallée de la Romanche**, les niveaux de contamination uniformément répartie restent comparables à ce qui a été décrit jusqu'à maintenant pour toute cette partie nord de la section 3 de la cartographie détaillée. Les dix secteurs de mesures situés autour du **Col du Lautaret** et de la **Vallée de la Romanche** montrent des valeurs de contamination comprises entre **13 300 Bq/m²** au **Monêtier-les-Bains** et **4 900 Bq/m²** à l'**Alpe d'Huez**.

◆ LE NORD-EST DU MASSIF DES ÉCRINS

· Un ensemble de secteurs présente un niveau de contamination voisin de **25 000 Bq/m²**. Cela depuis le **Gioberney** au sud-ouest avec la valeur de **22 400 Bq/m²**, jusqu'au **Pré de Mme Carle** au nord-est où l'on a mesuré jusqu'à **28 600 Bq/m²** dans les grandes pelouses de ce site et dont voici l'enregistrement de la mesure donnant la valeur de contamination par le césium¹³⁷ de **27 100 Bq/m²** ; sur ce secteur, la radioacti-



tivité naturelle est forte :

En raison des phénomènes montagnards habituels à ces altitudes, des accumulations de contaminations ont été observées à l'est du **Glacier Blanc** comme à l'est du **Gioberney**.

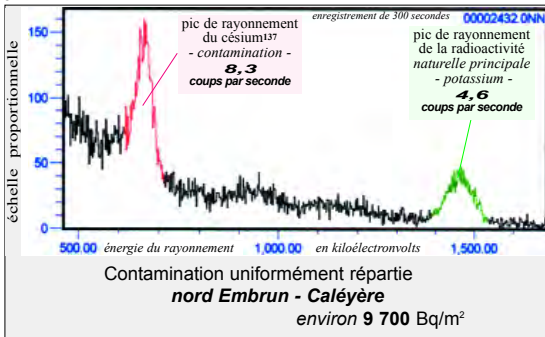
À l'est du **Gioberney**, sur les replats de **Tirière**, parmi les nombreuses accumulations de contamination de ce secteur, un prélèvement de sol a été analysé en 1997 au laboratoire de la CRIIRAD et a donné le résultat de **28 830 Bq** de césium¹³⁷ par kg de sol. Les accumulations de contamination dues aux effets montagnards transformant le sol, localement, en déchet radioactif. Rappelons

que ce fait a été constaté sur l'ensemble de l'**Arc Alpin**.

◆ L'EMBRUNAIS

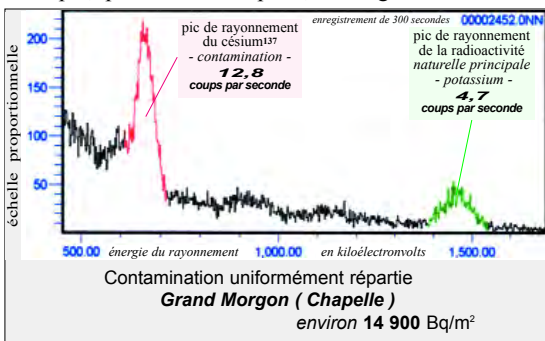
· À proximité de la ville d'**Embrun**, dans le fond de la **Vallée de la Durance**, on a mesuré les valeurs de **4 000** et **4 700 Bq/m²**. Rapidement, avec l'élévation à flanc de la vallée, la valeur de la contamination se rapproche de **10 000 Bq/m²**.

L'enregistrement de la mesure effectuée à **Caléryère**, juste au nord d'**Embrun**, illustre cette situation avec la



valeur de **9 700 Bq/m²** :

· Sur le plateau du **Grand Morgon**, les grandes pelouses* présentent, partout, une valeur de contamination uniformément répartie d'environ **15 000 Bq/m²**. Par exemple, près de la Chapelle, l'enregistrement de la

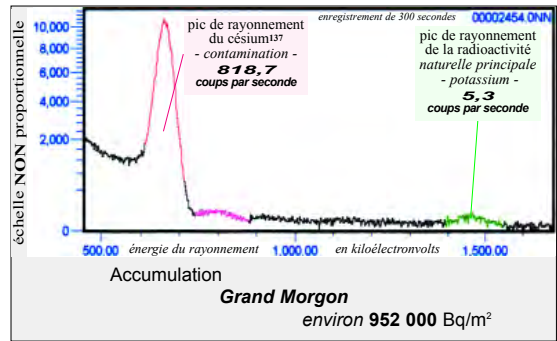


mesure qui suit montre la valeur de **14 900 Bq/m²** :

En de très nombreux endroits, mais particulièrement dans la partie méridionale du plateau où les combes sont nombreuses, la contamination a été redistribuée sous l'effet des phénomènes montagnards [p. 77]. Il en est résulté de nombreuses accumulations de contamination. Dans ces parages, un cartottage de sol, implanté sur l'une de ces accumulations, analysé en 1997 par le laboratoire de la CRIIRAD, avait montré une contamination de **64 067 Bq** de césium¹³⁷, **952 Bq** de césium¹³⁴, **20 Bq** d'américium²⁴¹, par kg de sol ; ce dernier isotope est révélateur de la présence de plutonium.

Sur l'une des innombrables accumulations de contamination de cette partie sud du plateau du **Grand Morgon**, voici, depuis la surface du sol, l'enregistrement d'une mesure correspondant à la valeur locale de contamina-

* **Pelouse**, milieu sauvage où pousse l'herbe rase.

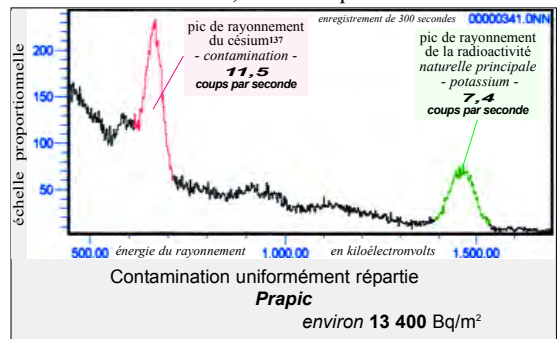


tion de **952 000 Bq/m²** :

◆ LE CHAMPSAUR

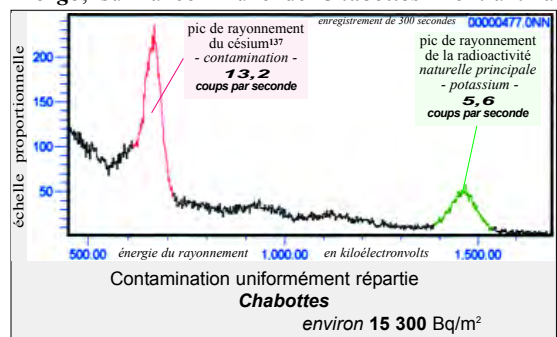
*Cette région est située sur l'axe majeur de contamination qui parcourt les Alpes du sud avec une intensité soutenue depuis Sisteron et le nord de Digne. De ce fait, partout, les valeurs de contamination uniformément répartie sont supérieures à **10 000 Bq/m²** (voir carte).*

· Les valeurs comprises entre **10 000** et **15 000 Bq/m²** peuvent être illustrées par l'enregistrement de l'une des mesures effectuées au hameau de **Prapic**, sur la commune d'**Orcières**, dans les pelouses entourant le



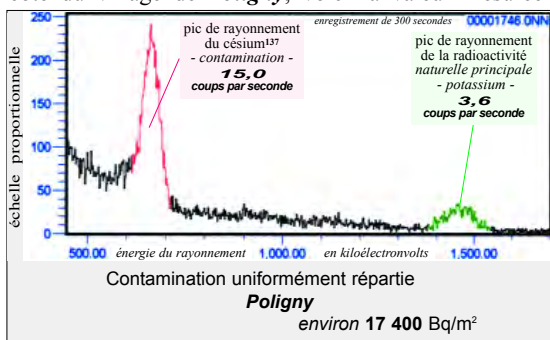
parking, à **13 400 Bq/m²** :

· Les valeurs de contamination uniformément répartie comprises entre **15 000** et **20 000 Bq/m²** recouvrent entièrement le **Bas-Champsaur**. En fond de vallée, sur les pelouses situées sur la terrasse alluviale bordant le **Drac**, voici l'enregistrement réalisé à la **Forge**, sur la commune de **Chabottes** montrant la



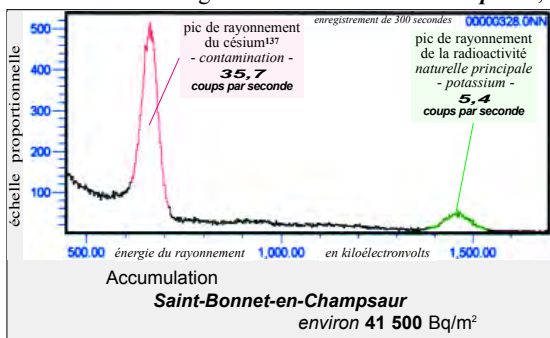
valeur de **15 300 Bq/m²** :

· En situation de flanc de vallée, sur un sol forestier à côté du village de **Poligny**, voici la valeur mesurée



d'environ **17 400 Bq/m²** :

· Tous les hêtres du **Champsaur**, comme la plupart des hêtres d'**Europe** [p. 76], ont une accumulation locale de contamination à leur pied ; ceci en raison de la coulure contaminante le long de leur tronc lisse. Dans cette situation, localement donc, aux pieds de ces arbres, à la sortie nord du bourg de **Saint-Bonnet-en-Champsaur**,



on a mesuré la valeur de **41 500 Bq/m²** :

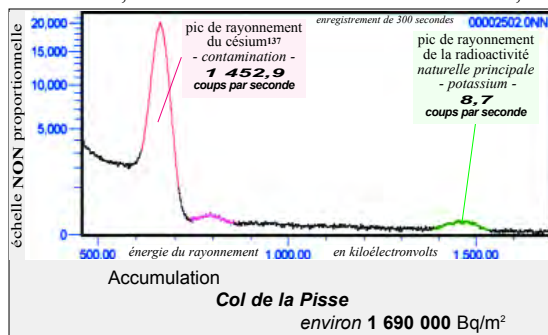
· Dans le **Champsaur**, les valeurs supérieures à **20 000 Bq/m²** de contamination uniformément répartie se rencontrent entre **Saint-Michel-de-Chaillol** et la vallée de **Molines-en-Champsaur**. À **Saint-Michel-de-Chaillol**, les valeurs dépassent **25 000 Bq/m²** à partir du niveau de la **Lozière** à l'altitude de 1 700 m.

· Plus haut, la contamination ne reste pas uniformément répartie mais est redistribuée dans le sol sous l'effet de phénomènes montagnards. Cette redistribution finit par provoquer des accumulations de contamination qui peuvent être très actives. C'est le cas au **Col de la Pisse** où les accumulations étendues, nombreuses et de forte valeur, ont été étudiées (en fait, les accumulations d'altitude se rencontrent dans tout l'**Arc Alpin** autour de ces altitudes). Au sud de ce col on a mesuré des valeurs locales de contamination accumulée jusqu'à l'équivalent de **1 350 000 Bq/m²**. Un échantillon de sol prélevé à cet endroit, analysé en 1997 par le laboratoire de la CRIIRAD a montré la présence de **44 118 Bq** de césium¹³⁷ par kg de sol. À ces endroits d'accumulation



de la contamination, le sol est un déchet radioactif.

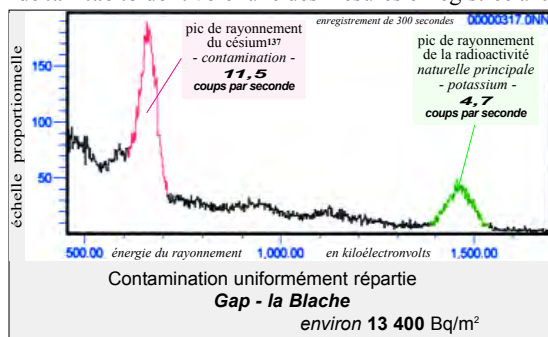
Du côté nord du **Col de la Pisse**, les accumulations de contamination sont innombrables et un autre échantillon analysé en 1997 a donné un résultat proche de ce que l'on vient de voir dans le flanc sud. Dans le flanc nord du Col, localement, sur ces accumulations de contamination, on



a pu mesurer jusqu'à environ **1 690 000 Bq/m²** :

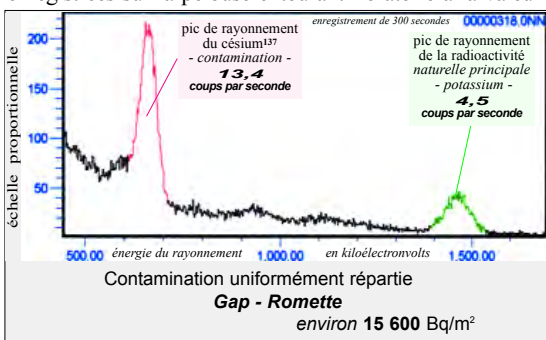
◆ LE GAPENÇAIS

· À la périphérie de la cité gapençaise, les valeurs varient peu autour de **15 000 Bq/m²** depuis le quartier de la **Blache** dont voici une des mesures enregistrée à la



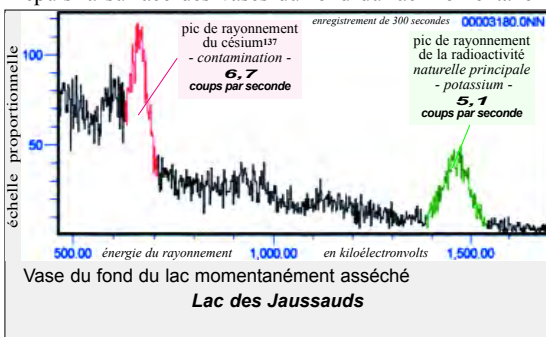
valeur de **13 400 Bq/m²** :

Jusqu'au quartier de **Romette** dont voici une des mesures enregistrées sur la pelouse entourant l'oratoire à la valeur



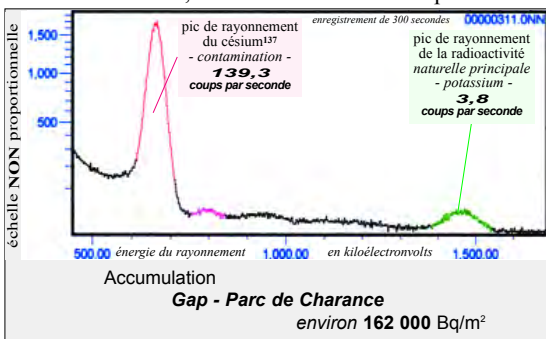
de contamination uniformément répartie de **15 600 Bq/m²** :

Au bord du lac des Jaussauds, sur le sol forestier du côté nord, les mesures donnent un résultat identique avec des valeurs s'échelonnant entre **13 800 Bq/m²** et **16 500 Bq/m²**. Depuis la surface des vases du fond du lac momentanément-



ment asséché, la présence du **césium¹³⁷** est détectable :

Le quartier de **Charance** montre une valeur de contamination uniformément répartie tout à fait comparable aux précédentes ; les résultats sont identiques sur les pelouses et sur les sols forestiers. Mais aux pieds des hêtres, on rencontre des accumulations marquées de contamination ; ceci en raison des coulures contaminantes descendues le long des troncs de ces arbres ; aux pieds de ceux-ci, dans le **Parc de Charance**, localement en raison du phénomène



d'accumulation, on a mesuré, ici, environ **162 000 Bq/m²** :

Comme le montre la carte, depuis **Gap**, les valeurs de

contamination évoluent peu en direction du sud-est jusqu'à **Jarjayes**. Il n'en va pas de même en direction de l'ouest, que ce soit vers **Pelleautier**, vers **la Roche-des-Arnauds** ou encore plus vers le **Dévoluy** ; dans ces directions la contamination uniformément répartie atteint, voire dépasse très largement les **20 000 Bq/m²**.

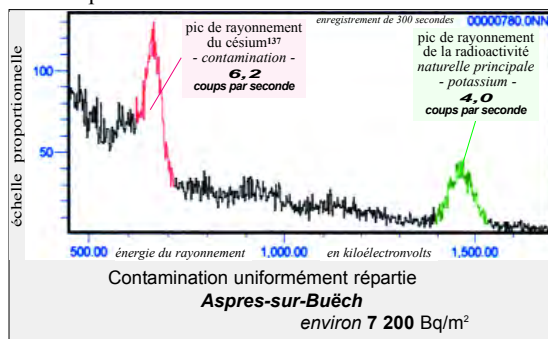
◆ LE DÉVOLUY

Les niveaux de contamination actuelle par le césium¹³⁷ que l'on rencontre dans le **Champsaur**, le **Gapençais** et le **Dévoluy** sont comparables aux forts niveaux de contamination connus ailleurs en **Europe occidentale**. Ceci est particulièrement vrai pour le **Dévoluy**.

L'allure cartographique de la contamination dans le **Dévoluy** présente une particularité. Les nuages porteurs de contamination venant du sud, on constate que l'axe de circulation facile constitué par la dépression du **Col du Festre** est aussi un axe de relativement moindre contamination. Par contre, les bassins entourés de hautes murailles topographiques, comme celui de **l'Enclus - Saint-Etienne-en-Dévoluy** du côté est, ou comme la vallée de la **Jarjatte** du côté ouest, supportent les maximums accusés de contamination. Évidemment, la stagnation des masses nuageuses contaminées dans ces lieux où, de plus, les hautes parois rocheuses activent les condensations, n'ont rien arrangé. Ces phénomènes ne sont pas complètement fortuits car on rencontre une disposition cartographique très similaire de la contamination dans le sud du **Massif du Vercors**.

Ce qui précède permet de comprendre comment les valeurs de contamination peuvent varier rapidement sur de courtes distances. Du fait qu'en matière de radioactivité les chiffres ne sont pas forcément très parlants pour tout le monde, nous illustrons ce genre de situation par les images de deux enregistrements :

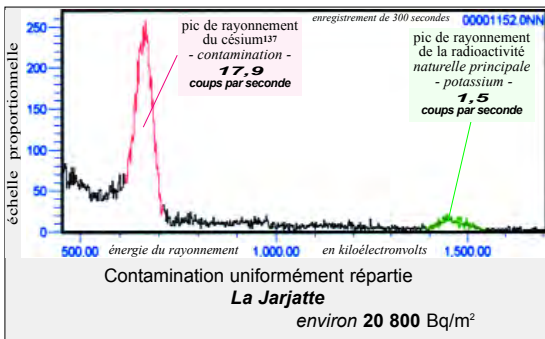
- Le premier montre le niveau de contamination uniformément répartie relevé sur un secteur en fond de vallée très



vaste, près d'**Aspres-sur-Buëch** à la valeur de **7 200 Bq/m²** :

- Le deuxième enregistrement est effectué aussi en fond de vallée, mais dans un endroit qui paraît abrité de toutes parts puisqu'il s'agit de la vallée de **la Jarjatte**, à l'est de **Lus-la-Croix-Haute**. Très clairement, cet enregistrement montre que l'apparente protection du site n'a pas joué comme on aurait pu le croire. Cette image révèle une

valeur de contamination uniformément répartie de **20 800 Bq/m²**; et ce n'est là que le reste durable d'une



contamination initialement autrement conséquente :

Sur le plateau du **Dévoluy** proprement dit, nous nous contenterons de montrer les faits suivants :

- La contamination uniformément répartie est mesurée sur les pelouses du plateau du **Col de Rabou**, vers 1 800 m à la valeur moyenne d'environ **19 000 Bq/m²**. Dans les combes situées à quelques dizaines de mètres, les phénomènes montagnards ont provoqué de nombreuses accumulations de contamination où l'on a pu mesurer, localement, jusqu'à environ **340 000 Bq/m²**. Dans un autre endroit du plateau, une accumulation de contamination analysée au laboratoire de la CRIIRAD en 1997 avait révélé la présence de **88 937 Bq** de césium¹³⁷ par kg de sol, niveau de contamination qui fait du sol un déchet radioactif.

- Vers 1 400 m d'altitude, à l'est du hameau de **L'Enclus**, plusieurs mesures dans des pelouses sèches donnent des valeurs de contamination uniformément répartie comprises entre **32 500** et **34 500 Bq/m²**. Voici, ci-contre, l'un de ces enregistrements donnant la valeur de **32 800 Bq/m²**.

La première constatation est que la valeur la plus élevée de la contamination ne se situe pas vers les plus hautes altitudes dans un endroit très exposé à tous les vents comme le Col de Rabou, mais ici, en

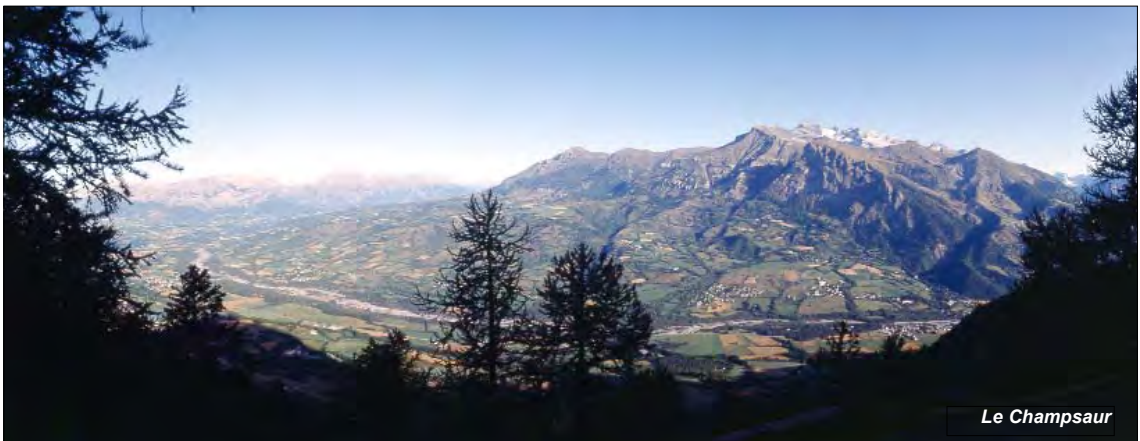
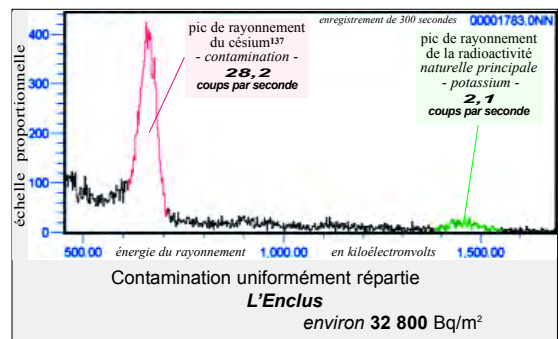
contrebas, dans une dépression topographique paraissant abritée. Une disposition semblable a déjà été remarquée à propos de la Vallée de la Jarjatte.

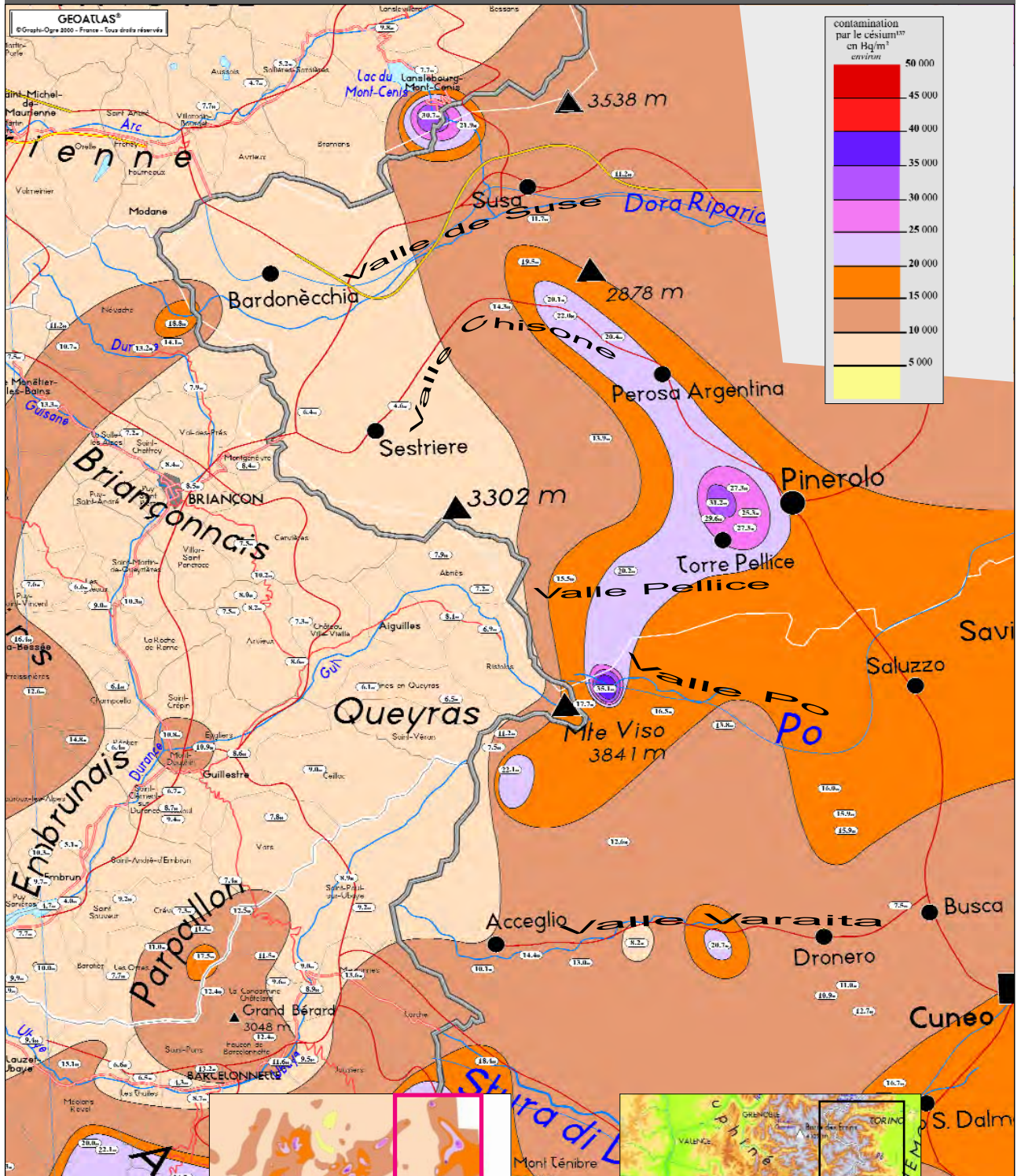
Les autres observations sont de nature agricole et sont surtout fonction de la quantité de production agricole prélevée. Elles sont permises grâce à la présence de lopins cultivés sur lesquels on a pu faire toutes les mesures suivantes dans un périmètre resserré d'une cinquantaine de mètres ; ceci autour des pelouses de référence dont la valeur de contamination vient d'être illustrée .

Aucune variation géographique de contamination ne peut exister sur une si courte distance. Les mesures dans les pelouses maigres servant de référence, à partir de celles-ci, on constate : un déficit de valeur de contamination de **35 %** dans la prairie de qualité moyenne et pâturée, un déficit de **60 %** dans la prairie grasse fauchée, un déficit de **70 %** dans le champ labouré de fertilité moyenne et semé d'avoine, un déficit de **85 %** dans le champ labouré de bonne fertilité et planté de pommes de terre.

Il apparaît clairement que le prélèvement de la contamination est proportionnel à l'importance des prélèvements agricoles. Dans le **Vercors**, des mesures semblables avaient donné des résultats d'allure comparable.

Les mesures et observations effectuées en Dévoluy nous obligent à remarquer que les endroits qui paraissent protégés a priori de bien des influences, peuvent s'avérer très exposés aux méfaits d'une contamination radioactive, fut-elle d'origine étrangère et lointaine.





Toutes les mesures suivantes ont été effectuées sur le terrain en juillet et août 1999 et 2000. La contamination radioactive décrite est donc actuelle.



Cette section 4 de la cartographie détaillée de la contamination radioactive actuelle est centrée sur la partie de crête frontière des Alpes qui va du Mont-Cenis au nord, jusqu'au sud du Mont Viso.

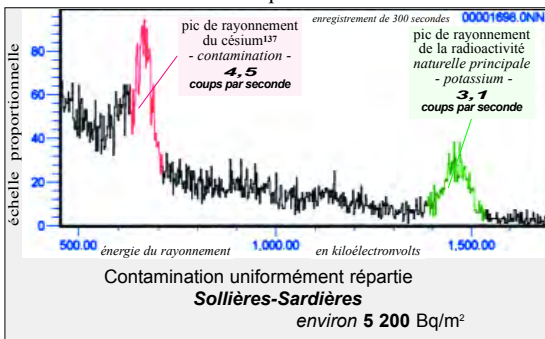
◆ L'ALLURE D'ENSEMBLE DE LA CARTE

Quoique le phénomène soit compliqué dans le détail, il apparaît que cette partie de l'axe central de la chaîne montagneuse des Alpes délimite deux domaines différents. Dans cette partie de la *Chaîne alpine*, les arrivées de contamination par le côté italien ne sont pas en continuité avec ce qui a été relevé du côté français et « l'effet de barrière » est à constater. Mais ce rôle n'est que secondaire et local ; en effet, la carte détaillée de l'ensemble du *sud-est de la France* montre amplement que les venues de contamination depuis le sud du pays et la *Méditerranée* n'ont, elles, guère rencontré d'obstacle pour pénétrer et circuler sur la *France*.

◆ LA HAUTE-MAURIENNE

À *Modane* comme au sommet du *Col du Mont-Cenis*, et malgré une différence d'altitude notable, la contamination uniformément répartie est mesurée à la valeur identique de 7 700 Bq/m². Entre ces deux extrémités de la *Haute-Maurienne*, les valeurs restent comprises entre 9 800 et 4 700 Bq/m².

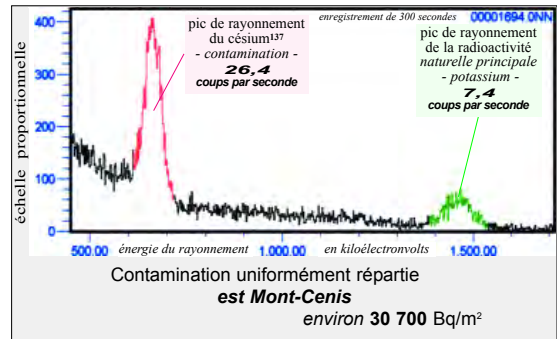
· L'enregistrement effectué sur le sol forestier d'une pinède à *Sollières-Sardières* illustre une valeur de contamination de 5 200 Bq/m² :



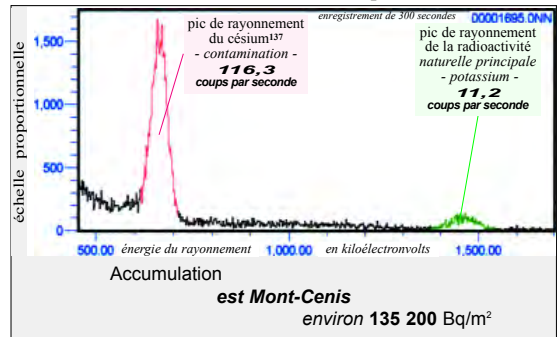
◆ LE MONT-CENIS

On vient, ci-dessus, de signaler la valeur mesurée de 7 700 Bq/m² au sommet du *Col du Mont-Cenis* dans les grandes pelouses qui surplombent le lac.

· La contamination uniformément répartie sur le secteur évolue brutalement vers l'est en descendant sur le grand replat en contrebas du col. Là, toujours dans les pelouses, on a mesuré la valeur d'environ 30 700 Bq/m² :



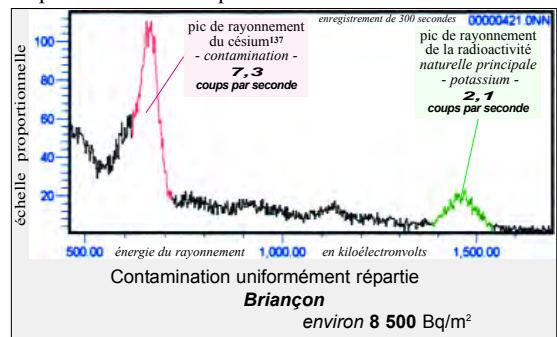
Dans ces parages, la moindre surface de roche nue génère une accumulation locale de contamination ; celle-ci ne trouvant pas à se fixer à cause de la roche nue, elle est allée se fixer au bas de l'écoulement et, dans de telles circonstances, localement par effet d'accumulation, on a mesuré 135 200 Bq/m² :



Une répartition dissymétrique de la contamination sur les deux versants de la *Crête alpine*, les niveaux étant plus élevés du côté est que du côté ouest, a été rencontrée de manière semblable plus au nord, au *Col du Petit Saint-Bernard* [p. 109].

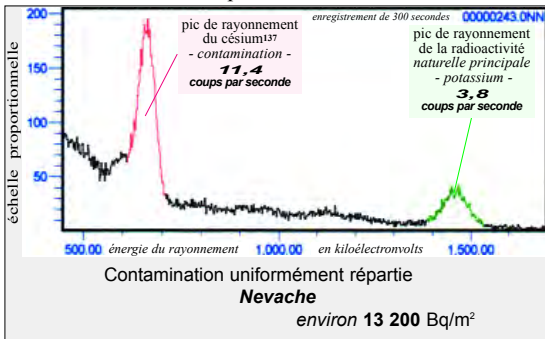
◆ LE BRIANÇONNAIS

· La caractéristique dominante du *Briançonnais*, c'est de présenter une valeur de la contamination uniformément répartie qui varie assez peu d'un secteur à l'autre ; cette valeur se situe autour de 8 000 Bq/m². Ce fait de base peut être illustré par l'enregistrement effectué sur les pelouses de la *Citadelle de Briançon* montrant la valeur de contamination uniformément répartie de 8 500 Bq/m² :

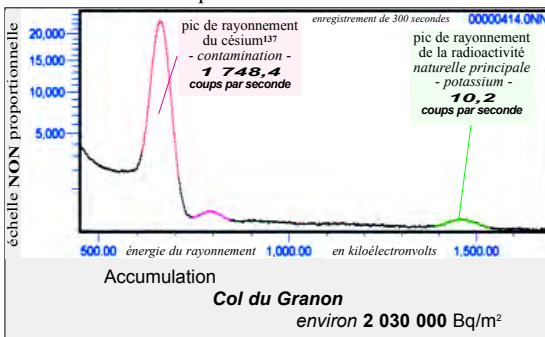


· Dans la **Basse Clarée**, on a mesuré **7 900 Bq/m²**. Les valeurs évoluent moins en direction de la **Haute Clarée**, où l'on a mesuré **11 200** et **10 700 Bq/m²** dans les pelouses, respectivement au-dessus et à côté de **Fontcouverte**, qu'en direction du **Col de l'Echelle** où les grandes pelouses du replat de ce col ont fourni la valeur de **18 800 Bq/m²**.

· Répétitivement, les pelouses à **Nevache** ont donné les valeurs de contamination uniformément répartie de **13 200** et de **13 300 Bq/m²** :



· Au **Col du Granon** la valeur de la contamination uniformément répartie n'a pu être valablement mesurée qu'en dessous de 1800 m d'altitude où elle est de **7 200 Bq/m²**. En effet, au-dessus de cette altitude, la contamination est fortement redistribuée ; cela à cause de l'action de phénomènes montagnards habituels à ces altitudes [p. 77], mais qui sont très actifs ici. Sous cette action, la contamination prend la forme d'une succession d'accumulations dont, localement, la valeur peut être très élevée. Par exemple, à l'altitude du **Col du Granon (2380 m)** et juste à l'ouest de celui-ci, on a mesuré, localement sur une forte accumulation de contamination, la valeur d'environ **2 030 000 Bq/m²** :

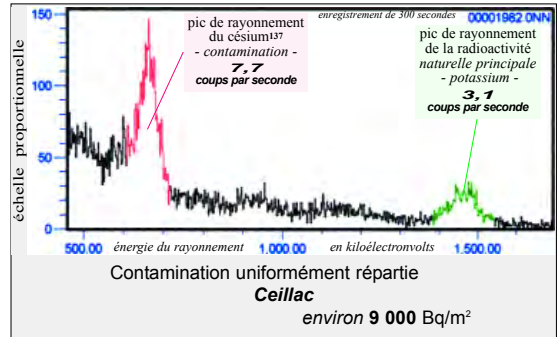


◆ LE QUEYRAS

Comme pour le **Briançonnais**, la caractéristique majeure du **Queyras** est de présenter une contamination relativement uniforme d'un secteur de mesure à l'autre ; Et ceci, quelle que soit l'altitude. Cette valeur

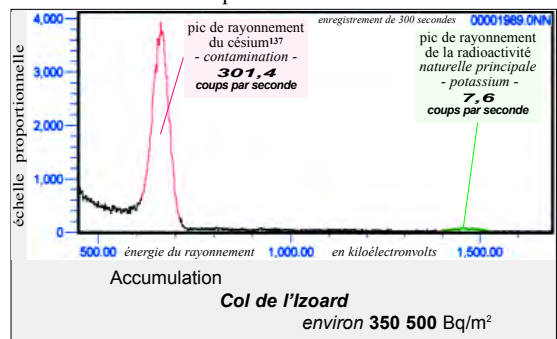
de contamination uniformément répartie sur chaque secteur de mesure est, comme pour le **Briançonnais**, proche de **8 000 Bq/m²**.

· L'enregistrement effectué sur le grand replat de **Ceillac**, à la valeur de **9 000 Bq/m²**, est représentatif de cette situation :



· Sur le flanc nord du **Col de l'Izoard**, à l'altitude de 2 150 m, la contamination uniformément répartie est mesurée à la valeur d'environ **10 200 Bq/m²** ; elle reste proche de toutes les autres valeurs mesurées dans le **Queyras**.

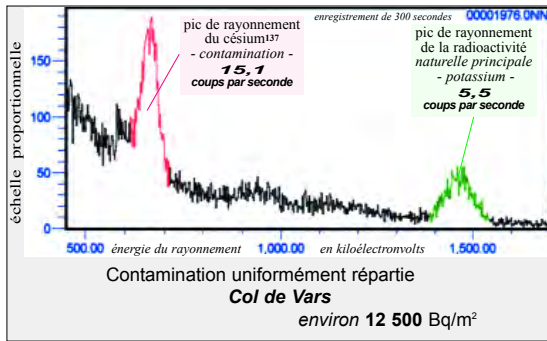
Mais les phénomènes habituels liés à l'altitude provoquent une notable redistribution de cette contamination dans le sol ; de ce fait, localement, les accumulations de contamination peuvent être de forte valeur et l'on a mesuré, sur l'une de ces nombreuses accumulations, la valeur de **350 500 Bq/m²** :



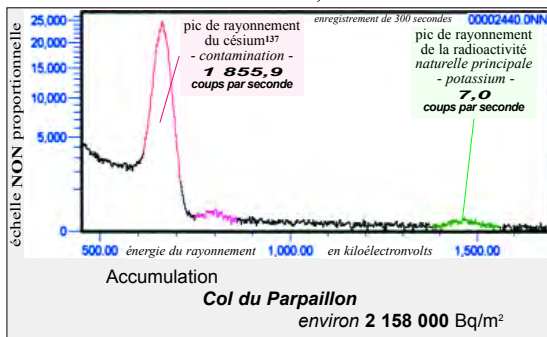
◆ LA HAUTE-UBAYE ET LE PARPAILLON

· L'uniformité des valeurs actuelles de contamination uniformément répartie, légèrement inférieures à **10 000 Bq/m²** rencontrées dans le **Briançonnais** et le **Queyras**, se poursuit jusqu'en **Haute-UBaye**. Cartographiquement, l'évolution des valeurs depuis le **Col de Vars** jusqu'au **Parpaillon** paraît être un événement précurseur de ce que l'on rencontrera plus au sud, de l'autre côté de l'Ubaye.

· La valeur de contamination uniformément répartie enregistrée sur les pelouses du **Col de Vars** est d'environ **12 500 Bq/m²** :



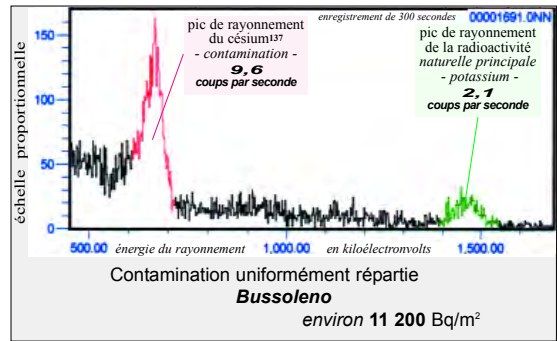
Sur le flanc nord du **Col du Parpaillon**, vers l'altitude de 2 500 m, on a mesuré répétitivement sur les grandes pelouses de cet alpage, la valeur de contamination uniformément répartie de 17 500 Bq/m². Mais, là encore, en raison des phénomènes montagnards ayant redistribué la contamination dans le sol [p. 77], les accumulations sont nombreuses, présentant des valeurs diverses, souvent très fortes. Ici au **Parpaillon**, comme sur beaucoup d'autres secteurs de mesures, on peut faire une observation curieuse : une plante remarquable jalonne les accumulations de contamination; il s'agit d'un grand chardon montagnard, le *Cirse très épineux*. Cette plante est remarquable car, parmi les pelouses d'altitude toujours rases, elle peut atteindre facilement un demi-mètre de haut. Pour nourrir sa grande taille dans ces milieux difficiles qui, normalement ne le permettent guère, le *Cirse très épineux* s'installe de préférence sur les endroits filtrants au bord des combes. C'est là que la neige en fondant accumule les poussières atmosphériques qui servent d'apports nutritifs. C'est là aussi que la contamination s'est accumulée. C'est là, aux pieds des *Cirses très épineux*, que l'on a pu mesurer, localement, sur l'une des innombrables accumulations de contamination, la valeur de



2 158 000 Bq/m² :

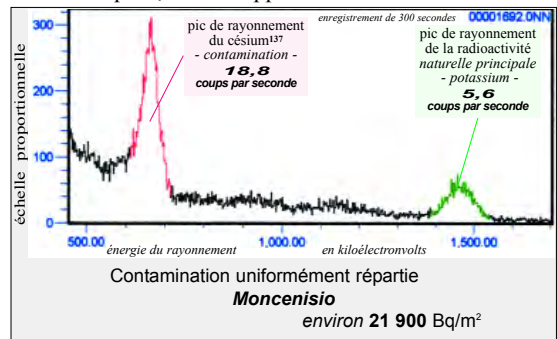
◆ LE VAL DE SUSE

L'enregistrement de la mesure de **Bussoleno** est effectué dans un secteur de taillis inclus dans la partie nord de cette agglomération située à l'est de **Suse**. Cet enre-



gistement illustre la valeur de 11 200 Bq/m² :

En haut du **Val de Suse**, l'enregistrement de **Moncenisio** est réalisé sur le sol forestier d'une pinède située juste au sud de cette bourgade. La valeur de contamination uniformément répartie est de 21 900 Bq/m² ; elle se rapproche des valeurs mesurées à



l'est du **Col du Mont Cenis** précédemment décrites :

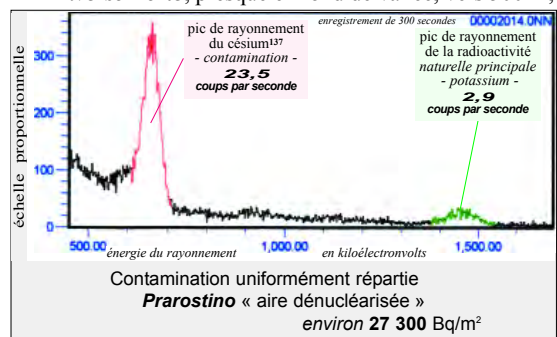
Depuis un secteur de mesures situé immédiatement au sud de **Suse** avec la valeur de 11 700 Bq/m², une trajectoire de mesures le long du **Colle delle Finestre** assure le passage, en direction du sud, au **Valle Chisone**.

◆ VALLE CHISONE

À l'amont de ce val, **Sestrière** présente un niveau de contamination de 4 600 Bq/m².

En descendant le **Valle Chisone**, la contamination atteint la valeur de 20 000 Bq/m² à partir de **Fenestrelle**.

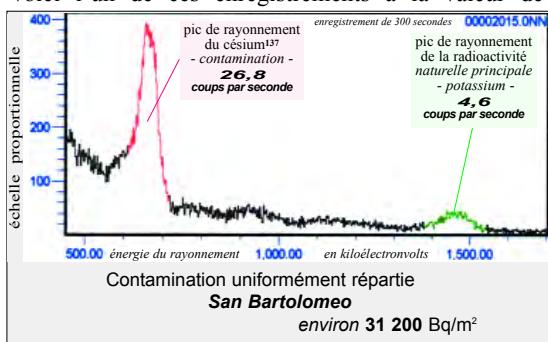
À **Inverso Porte**, presque en fond de vallée, vers 500 m,



on a mesuré la valeur de contamination de **27 300 Bq/m²**.
 · L'agglomération de **Prarostino** sous-tire sa signalétique « *d'Aire dénucléarisée* ». Dans la pelouse du vieux verger situé immédiatement à la sortie haute du bourg, l'enregistrement *ci-dessus* a mesuré la valeur de contamination uniformément répartie d'environ **27 300 Bq/m²** (**le niveau de contamination présente donc une valeur identique en fond de vallée à Inverso Porte et en balcon d'altitude très exposé, vers 700 m de haut, à Prarostino**).

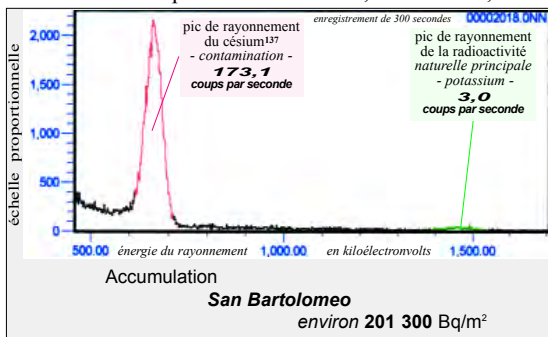
· Un peu plus haut dans les tous premiers reliefs du **Piémont**, face à l'immense plaine du **nord de l'Italie**, juste à côté du petit bourg de **San Bartolomeo**, à l'altitude de 850 m, les mesures suivantes ont été réalisées.

- Des enregistrements répétés du niveau de la contamination uniformément répartie, sur ce secteur de **San Bartolomeo**, situent celle-ci à environ **30 000 Bq/m²**. Voici l'un de ces enregistrements à la valeur de



31 200 Bq/m² réalisé sur un sol forestier de feuillus :

- Aux pieds des nombreux hêtres, systématiquement, on trouve une *accumulation* étendue de contamination dont la taille peut être supérieure à 1 m. Sans *point chaud* très marqué, ces accumulations signalent une contamination sous forme fortement pluviale ; les accumulations sont produites par la coulure le long des hêtres. Aux pieds de ces arbres, localement, on a



mesuré la valeur de **201 300 Bq/m²** :

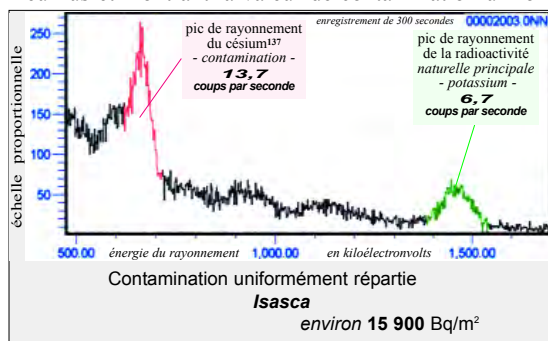
◆ VALLE PELLICE

Il est comparable au **Valle Chisone**.

◆ VALLE PO

· Mis à part un événement apportant une valeur soutenue : **35 100 Bq/m²** au **nord du Mont Viso** mais qui paraît très localisé au-dessus de **Piano del Re**, les valeurs mesurées sont comprises entre **17 700** et **13 800 Bq/m²**.

· À l'est de **Saluces**, les secteurs de mesures de **Martiniana Po**, de **Brondello**, d'**Isasca**, peu distants de la plaine, donnent tous des valeurs très proches de **16 000 Bq/m²**. Dans cet ordre de grandeur, voici l'enregistrement réalisé à **Isasca**, au nord de **Venasca**, sur un sol forestier de feuillus et montrant la valeur de contamination unifor-



(Rappel)

L'appareil de mesure utilisé est posé sur le sol. Il analyse le rayonnement gamma qu'il reçoit à son niveau ; la plus grande partie de ce rayonnement est émise par le sol. L'analyse du rayonnement gamma émis par le sol permet :

- 1°- D'identifier un certain nombre de corps émettant le rayonnement gamma.
- 2°- De mesurer l'intensité du rayonnement gamma émis à la surface du sol par les différents corps identifiables.

Plus le rayonnement d'un corps radioactif est intense à la surface du sol et plus ce corps est présent dans le sol. Mais la relation n'est pas rigoureuse entre la quantité de corps radioactif présent dans le sol et le niveau de son rayonnement gamma mesuré à la surface du sol. À quantité égale, un corps radioactif plus profondément enfoui dans le sol sera moins « vu » depuis la surface du sol qu'un corps moins enfoui. En raison de ce fait, les valeurs de contaminations annoncées en « Becquerels par mètre carré » sont des approximations moyennes.

L'appareil de mesure enregistre une « image » de la radioactivité « vue » à la surface du sol. Cette « image » permet l'appréciation visuelle et directe de l'ampleur des phénomènes décrits.

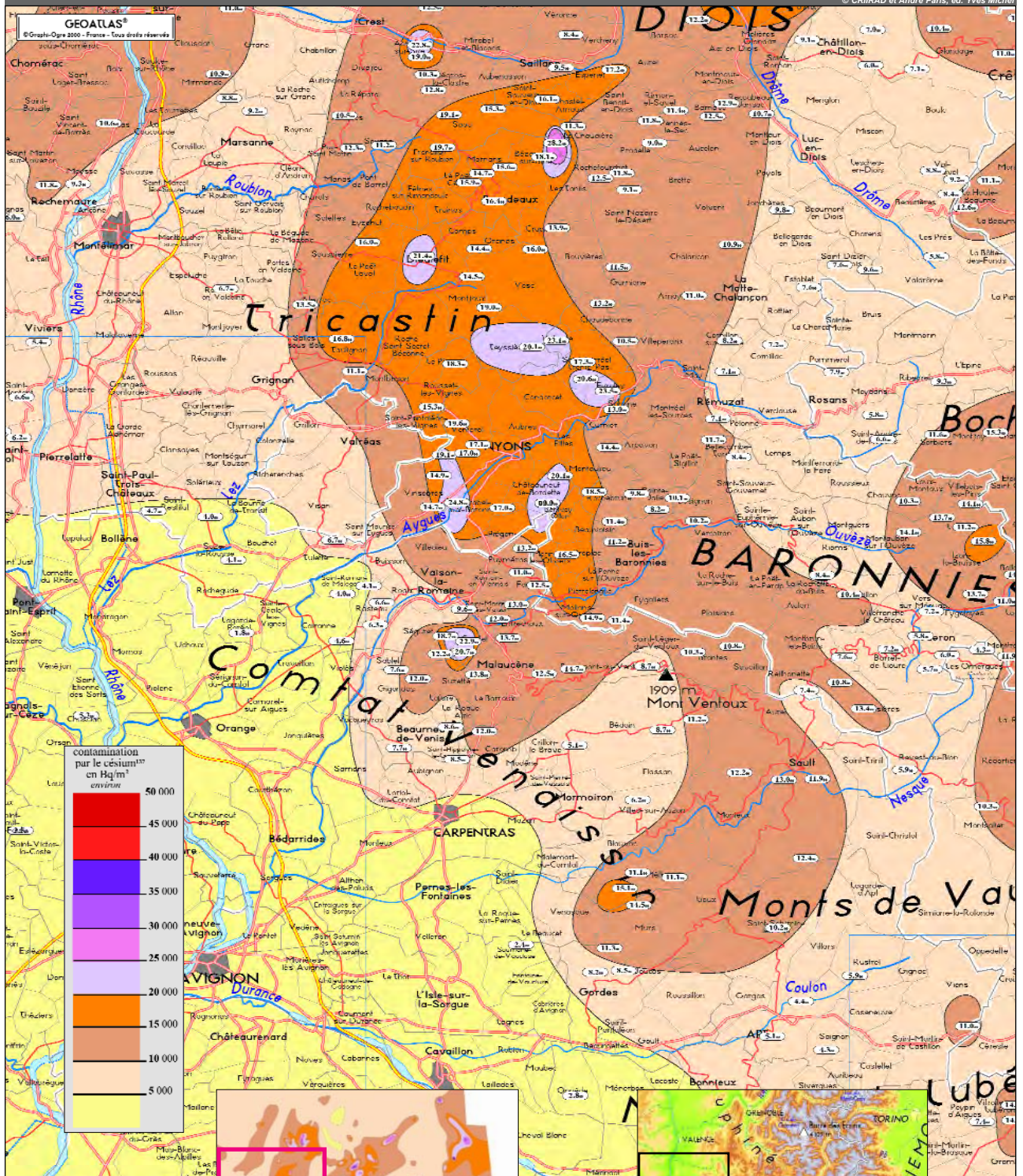
La contamination radioactive, aisément détectée depuis la surface du sol, est pratiquement toujours due au césium¹³⁷.

- La mesure de la **contamination uniformément répartie** concerne un état de contamination identique sur toute la surface du terrain du secteur de mesure.
 - La mesure d'une **accumulation de contamination** correspond à une **valeur locale de contamination** résultant d'un mécanisme particulier de **redistribution** de la contamination ayant fonctionné dans le sens de son **accumulation**.



Ce dont il s'agit ici

mément répartie de **15 900** Bq/m² :



Toutes les mesures suivantes ont été effectuées sur le terrain en juillet et août 1999 et 2000. La contamination radioactive décrite est donc actuelle.

♦ L'ALLURE GÉNÉRALE DE CETTE SECTION DE LA CARTE

Cette partie de la carte détaillée du *sud-est de la France* est largement occupée par la vaste traînée de contamination qui va de *Saint-Saturnin-lès-Apt* jusqu'au *Vercors* ; les effets de cette traînée sur le *Massif du Vercors* ont été précédemment décrits à la *section 2, p. 116*.

La partie la plus active de cette traînée se déploie entre *Malaucène* et *Saillans*, en passant par *Nyons* et *Bourdeaux*.

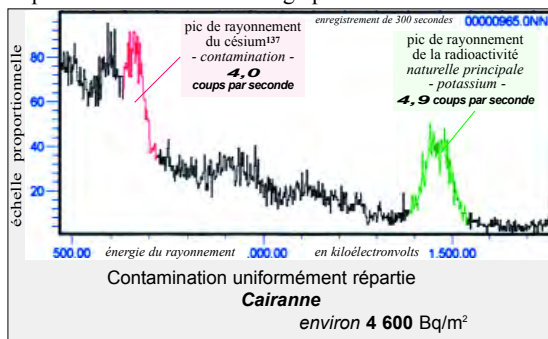
Les plus forts niveaux de contamination sont localisés sur neuf noyaux éparpillés tout au long de la traînée. Du sud au nord, ils sont situés :

- Autour du *col de Murs*.
- Autour de *Crestet*.
- Autour de *Vinsobres*.
- Autour de *Châteauneuf-de-Bordette*.
- Autour de *Eyroles*.
- Autour de *Valouse*.
- Autour de *Dieulefit*.
- Au sud du *Col de la Chaudière*.
- Autour de *Piégros-la-Clastre*.

L'explication de cette disposition de la contamination paraît assez simple : c'est le résultat d'une traînée pluvieuse contaminante avec des averses localisées mais plus intenses. Quinze ans plus tard, et pour très longtemps encore, cette disposition est clairement identifiable par la mesure du rayonnement de la contamination depuis la surface du sol.

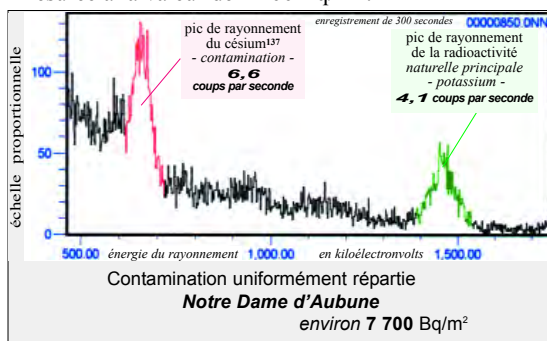
♦ LE COMTAT VENAISSAIN

Au sud-ouest d'un alignement approximatif allant de *Gordes* à *Saint-Paul-Trois-Châteaux* en passant par *Carpentras*, les valeurs de la contamination sont inférieures à 5 000 Bq/m². L'enregistrement effectué sur la partie sud de la commune de *Cairanne* illustre ces niveaux de contamination que l'on trouve uniformément sur la frange la plus méridionale de la cartographie détaillée du *sud-est* :

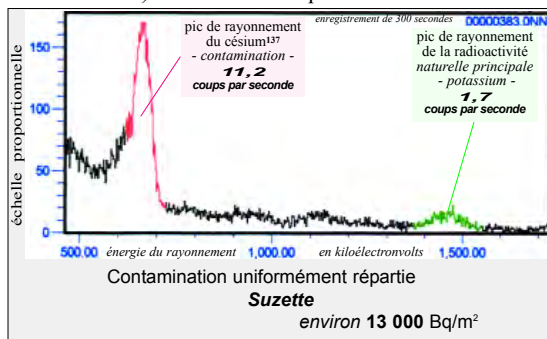


Les valeurs de contamination actuelles comprises entre 5 000 et 10 000 Bq/m² constituent les valeurs

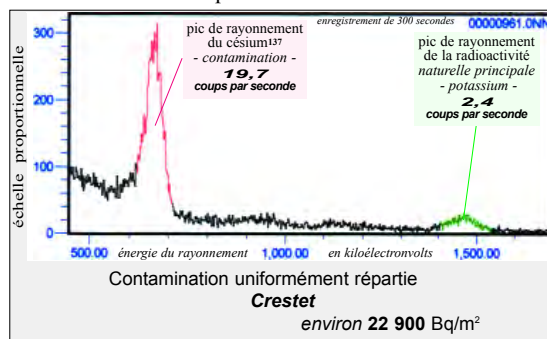
minimales et de fond du *sud-est* comme de l'*est de la France*. On peut s'en rendre compte en regardant les cartes plus générales *page 80* et *81*. Cette catégorie de valeurs peut être illustrée par l'enregistrement effectué dans une friche* située juste à côté de *Notre-Dame d'Aubune* entre *Beaumes-de-Venise* et *Vacqueyras* ; la contamination uniformément répartie sur ce secteur est mesurée à la valeur de 7 700 Bq/m² :



Avec les valeurs comprises entre 10 000 et 15 000 Bq/m², on est progressivement sous l'emprise déjà plus marquée des traînées de contamination. Une telle valeur peut être illustrée par l'enregistrement réalisé dans les pelouses bordant les vignes au nord du village de *Suzette*, à peu de distance à l'ouest de *Malaucène*. La valeur mesurée par cet enregistrement (d'autres enregistrements ont été effectués sur ce secteur) est de 13 000 Bq/m² :



Assez brutalement, c'est-à-dire en franchissant rapidement les valeurs intermédiaires, on mesure au sud du village de *Crestet*, partout sur le sol des pinèdes, la valeur de contamination uniformément répartie sur le secteur de 22 900 Bq/m² :



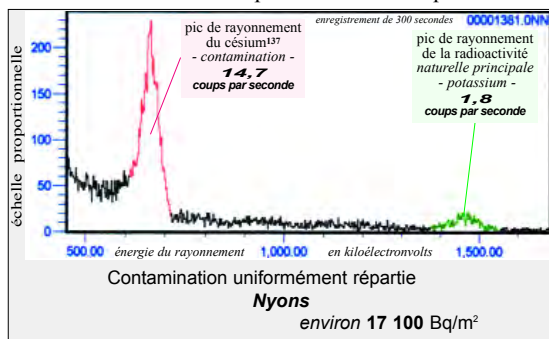
* Friche, milieu redevenu sauvage mais anciennement cultivé.

Entre la première valeur de cette série et la dernière, c'est-à-dire entre l'est de Cairanne et le sud de Crestet, la distance est de 9 km ; on voit combien les valeurs de la contamination peuvent évoluer sur des faibles distances. Une variation tout aussi rapide se retrouve au sud-est de Carpentras entre les secteurs de Saumane-de-Vaucluse et le Col de Murs ; une variation rapide du même type sera rencontrée vers le nord.

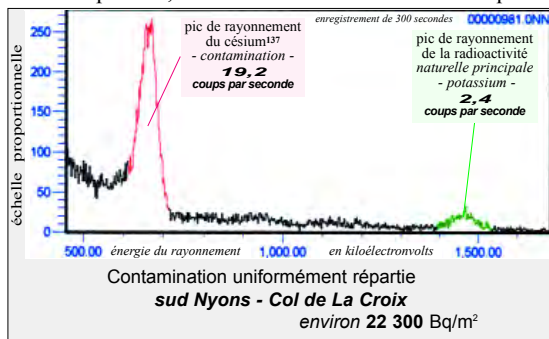
Quant au Mont Ventoux, malgré ses presque 2 000 m et malgré l'incontestée prééminence de son relief, il ne joue aucun rôle important dans la répartition de la contamination ; tout au plus, celle-ci paraît le contourner, mais cet effet reste insignifiant.

◆ RÉGION DE NYONS

· L'axe central le plus actif de la traînée contaminante passant dans les parages de **Nyons**, les valeurs de contamination entre 15 000 et 20 000 Bq/m², souvent très proches de 20 000 Bq/m², couvrent une partie étendue de cette région. Voici l'enregistrement effectué sur le sol d'un bois de pin, à l'ouest de **Nyons**, montrant la valeur de contamination uniformément répartie de 17 100 Bq/m² :

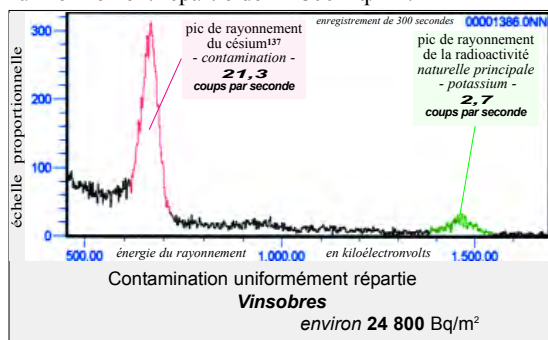


· Au sud de **Nyons**, au **Col de la Croix**, entre **Châteauneuf-de-Bordette** et **Mirabel-aux-Baronnies**, dans une pelouse, on a mesuré la valeur de 22 300 Bq/m² :

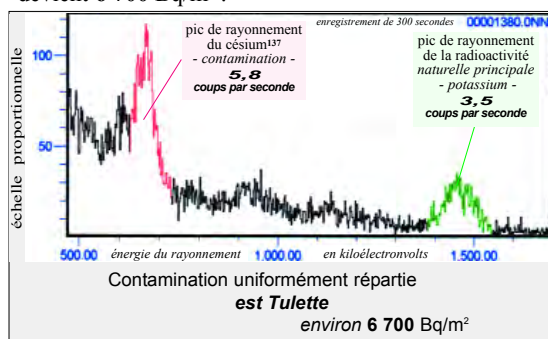


· À l'ouest de **Nyons**, on assiste, à nouveau, à une rapide variation de la contamination sur une courte distance. Pour illustrer, encore, cet important phénomène, considérons la différence entre les mesures de **Vinsobres** et de **Tulette**, distantes seulement d'à peine 10 km.

· À **Vinsobres**, sur le sol du bois situé à l'est de la cave coopérative, on a mesuré la valeur de contamination uniformément répartie de 24 800 Bq/m² :



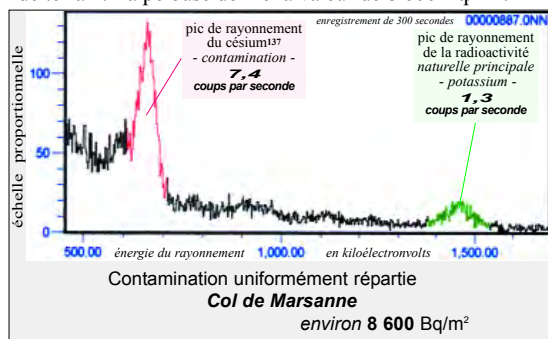
· À l'est de **Tulette**, également sur le sol forestier d'un bois de chênes verts, la valeur de la contamination devient 6 700 Bq/m² :



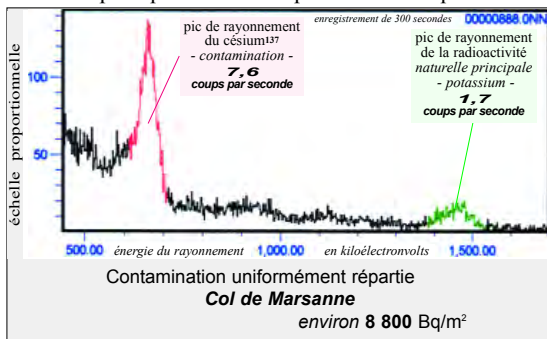
Ces quelques exemples montrent des variations rapides de la contamination, avec une ampleur remarquable, avec des niveaux non banals de contamination ; cette forte particularité de la contamination est dissimulée par son expression à travers des moyennes départementales, voire par de grandes moyennes nationales.

◆ MARSANNE, DIEULEFIT, LE COL DE LA CHAUDIÈRE

· **Marsanne**, au nord-est de **Montélimar**, est situé entre la traînée contaminante de **Valence** et la traînée de **Nyons**. Au **Col de Marsanne**, on peut faire les observations suivantes. Une grande pelouse permet de mesurer la contamination uniformément répartie en « balayant » une surface étendue de terrain. La pelouse donne la valeur de 8 600 Bq/m² :

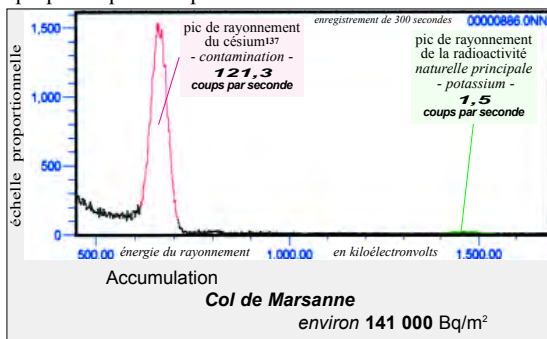


Latéralement, une sapinière relaie la pelouse ; cette sapinière est vraiment très dense et il y fait très sombre en plein jour. Mesurée de la même manière que précédemment, en « balayant » de manière aléatoire une grande surface de forêt, la contamination est mesurée à la valeur pratiquement identique de **8 800 Bq/m²** :

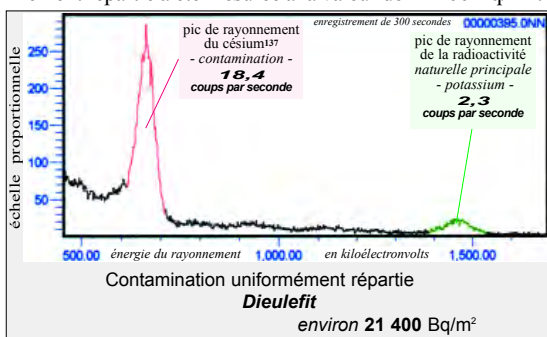


La conclusion est : pelouse bien dégagée ou forêt sombre, peu importe, le niveau de contamination uniformément répartie dans le sol est le même dans les deux cas. Cette comparaison a été réalisée maintes fois.

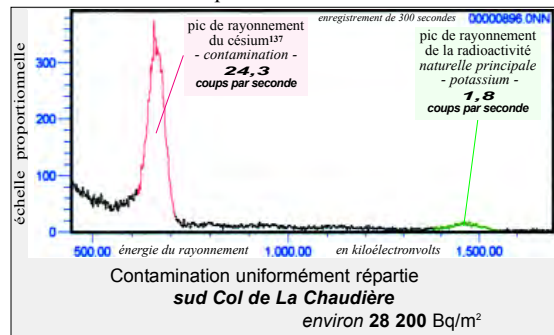
De l'autre côté de la route du **Col de Marsanne** règne une hêtraie. Aux pieds des hêtres, systématiquement on détecte une valeur particulière de contamination ; ici, on a mesuré **141 000 Bq/m²**. Une coulure de pluie contaminante a dégouliné le long des troncs des hêtres. En rencontrant le sol, la contamination s'y est fixée. Parmi tous les arbres forestiers, il n'y a que les hêtres qui provoquent ce phénomène :



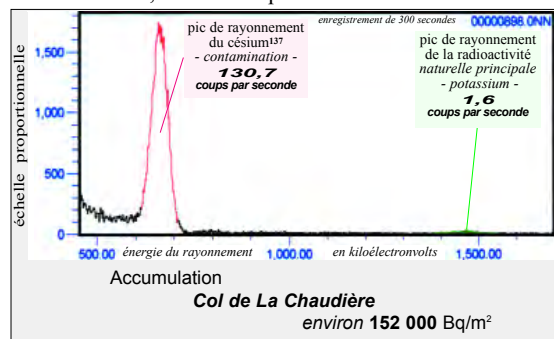
· À **Dieulefit**, à l'ouest du bourg, la contamination uniformément répartie a été mesurée à la valeur de **21 400 Bq/m²** :



· Dans les grandes pelouses du **Col de la Chaudière**, en flanc sud à l'altitude de 900 m, la contamination uniformément répartie sur le secteur a été mesurée à la valeur de **28 200 Bq/m²** :



Tandis qu'aux pieds des hêtres bordant le sommet du **Col de la Chaudière**, on a mesuré, localement, par accumulation, **152 000 Bq/m²** :



Nous venons de décrire la gamme des valeurs de la contamination pour la **section 5** de la carte détaillée. La carte elle-même montre les étendues concernées. Ce qui vient d'être décrit correspond à de forts niveaux de contamination connus, ailleurs, en **Europe occidentale** ; ils couvrent, ici, un territoire étendu.





♦ L'ALLURE GÉNÉRALE DE CETTE SECTION DE LA CARTE

Cette section 6 de la carte détaillée du sud-est de la France est une des plus complexes de l'ensemble.

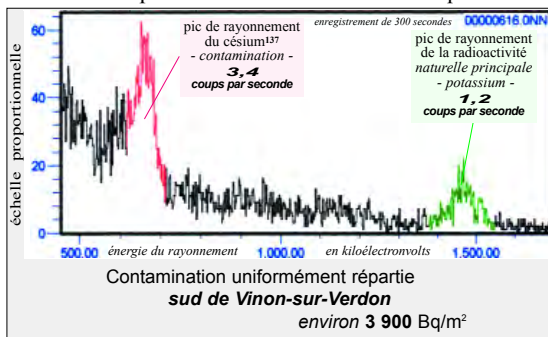
- La traînée majeure de contamination qui parcourt un vaste territoire depuis **Digne** et **Sisteron** au sud jusqu'au **Massif des Écrins** au nord, se présente sous forme éclatée et fragmentée sur cette section.
- Une traînée secondaire particulièrement active s'individualise entre le nord de **Digne** et le **Mont Colombis** en passant par l'est de **Serre-Ponçon**.
- Un arc de valeurs particulières va de **Sisteron** à **Saint-Vincent-sur-Jabron** en passant par la basse vallée de la **Méouge** ; cet arc n'est pas isolé mais se prolonge vers le nord par les noyaux de **Lazer** et de **Céüse** pour aller se raccorder avec les événements majeurs déjà rencontrés dans le **Dévoluy** à la section 3.
- Les noyaux de valeurs rencontrées sur la partie est du **Lubéron**, notamment au sud de **Montfuron** et, dans une certaine mesure, à **Vitrolles**, apparaissent comme des événements précurseurs.

Les niveaux de contamination rencontrés au nord de **Digne-les-Bains** et à **Sisteron** sont parmi les plus élevés de tous ceux que nous avons pu mesurer en France.

♦ LA VALLÉE DU VERDON ET LE PLATEAU DE VALENSOLE

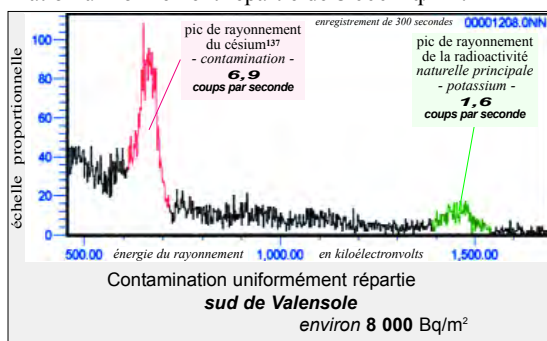
La carte d'ensemble du sud-est de la France (page 81) montre une remontée vers le nord des valeurs de contamination inférieures à $5\,000\text{ Bq/m}^2$, d'une part sur la **Vallée de la Durance** dans la région de **Manosque**, d'autre part, selon une direction allant de **Riez** à **Digne-les-Bains** et **Barrême**.

Les valeurs rencontrées sur ce domaine peuvent être illustrées par l'enregistrement effectué au sud de **Vinon-sur-Verdon** montrant le niveau de contamination uniformément répartie sur le secteur de $3\,900\text{ Bq/m}^2$:



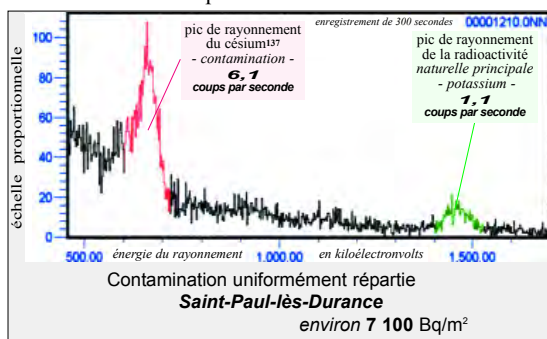
Dans le sud-est, ainsi que dans l'est de la France, les valeurs de contamination comprises entre $5\,000$ et $10\,000\text{ Bq/m}^2$ occupent de très grandes superficies. L'enregistrement effectué au sud de **Valensole** sur le sol

d'une pinède permet de mesurer la valeur de contamination uniformément répartie de $8\,000\text{ Bq/m}^2$:

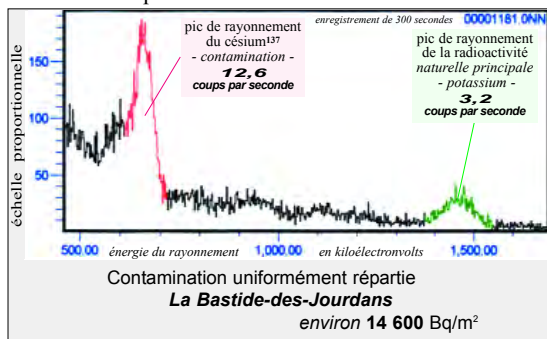


♦ LES ÉVÉNEMENTS PRÉCURSEURS À L'OUEST DE MANOSQUE

Sur le plateau bordant la rive gauche de la **Durance** au sud-ouest de **Saint-Paul-lès-Durance**, on a mesuré répétitivement la valeur de contamination uniformément répartie de $7\,000$ et $7\,100\text{ Bq/m}^2$. Voici, dans les pelouses à thym, l'enregistrement de la valeur de $7\,100\text{ Bq/m}^2$:

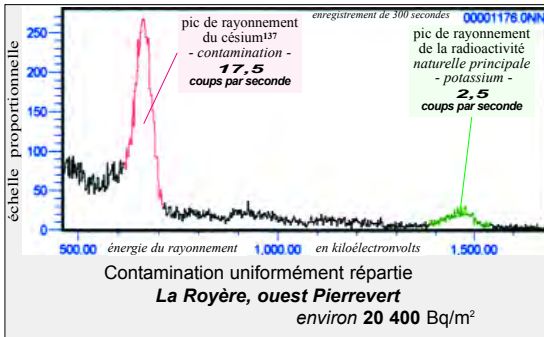


Il suffit de se déplacer d'une dizaine de kilomètres vers le nord-ouest en direction du **Lubéron** pour mesurer immédiatement au nord du village de la **Bastide-des-Jourdans**, la valeur de contamination uniformément répartie déjà double de la précédente, à la valeur de $14\,600\text{ Bq/m}^2$:



Il suffit de se déplacer d'une dizaine de kilomètres plein nord, à **la Royère**, à l'ouest de **Pierrevert** pour

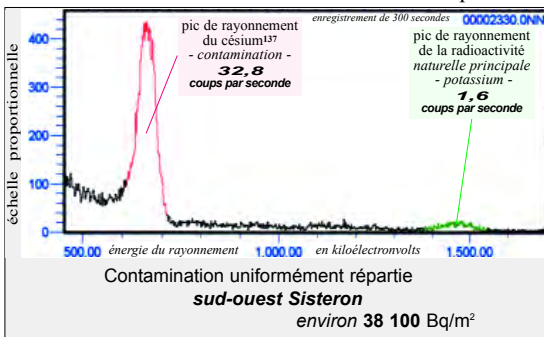
mesurer un niveau de contamination triple, à la valeur de **20 400 Bq/m²** ; voici l'enregistrement de cette mesure :



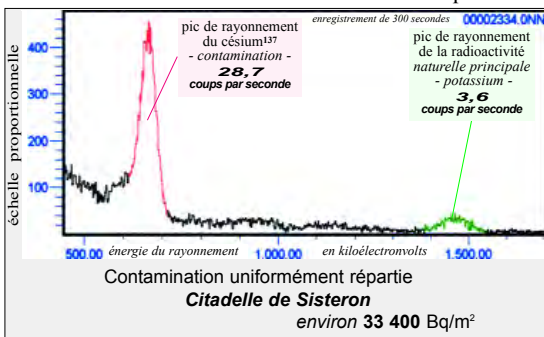
◆ LA RÉGION DE SISTERON

Les nombreux secteurs de mesures implantés autour de **Sisteron** ont permis de cartographier en détail un noyau de valeurs particulières axées entre le relais TDF et l'ouest proche de **la Citadelle**.

· Le niveau actuel de contamination mesuré sur le sol forestier autour du relais TDF est de **38 100 Bq/m²** :

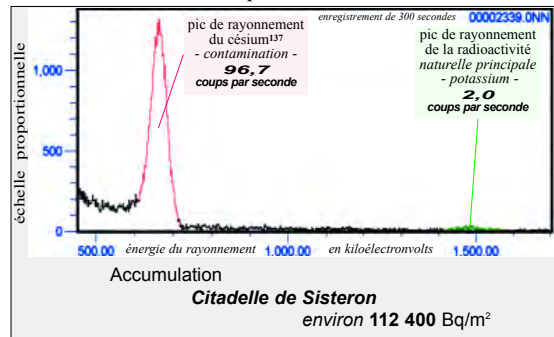


· Sur les pelouses du plateau situé immédiatement à l'ouest de **la Citadelle de Sisteron**, un des enregistrements effectués montre la valeur de **33 400 Bq/m²** :



Sur ce plateau situé immédiatement à l'ouest de **la Citadelle**, affluent, par endroits, des dalles calcaires dénudées. La pluie contaminante qui a coulé sur ces dalles a provoqué des accumulations de contamination dans le sol à leur pied.

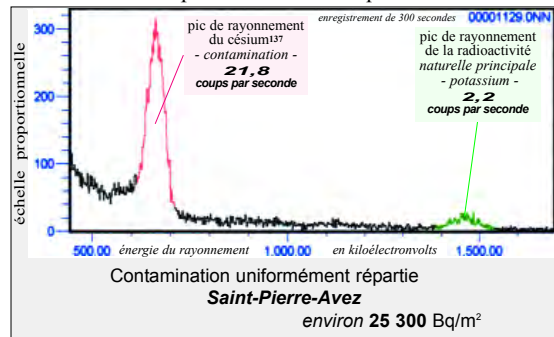
Localement par effet d'accumulation, au pied de ces dalles, on a mesuré une valeur de contamination par le césium¹³⁷ de **112 400 Bq/m²** :



L'événement de Sisteron s'explique par l'effet d'une averse précipitant la contamination au sol. Comme il est établi que la contamination venait du sud, on peut remarquer que ce sont les premières pluies qui ont abattu au sol des quantités importantes de contamination.

· L'arc de valeurs particulières qui englobe l'événement de **Sisteron** passe par la basse **Vallée de la Méouge**. Cet arc correspond à une trajectoire relativement fréquente pour les averses et les orages.

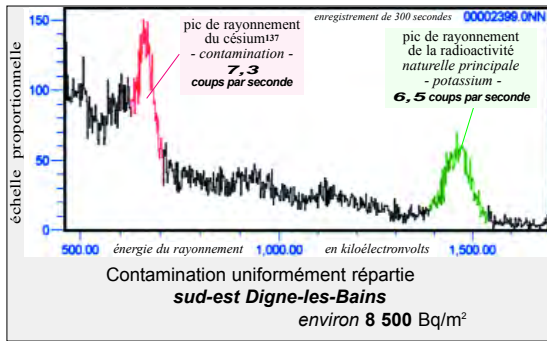
Ce dispositif arqué génère deux autres noyaux de valeurs soutenues ; l'un se développe entre **Salérans** et **Eourres**, tandis que l'autre est centré sur **Saint-Pierre-Avez**. Sur ce secteur de **Saint-Pierre-Avez**, l'enregistrement de la mesure montre le niveau de contamination uniformément répartie de **25 300 Bq/m²** :



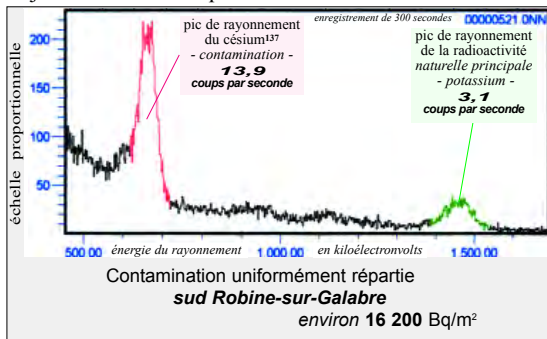
· Vers le nord, la carte détaillée montre comment les événements du **Sisteronnais** passent à ceux du **Gapençais** qui ont été décrits à la **section 3** de cette carte.

◆ DIGNE-LES-BAINS, THÉUS, LE MONT COLOMBIS

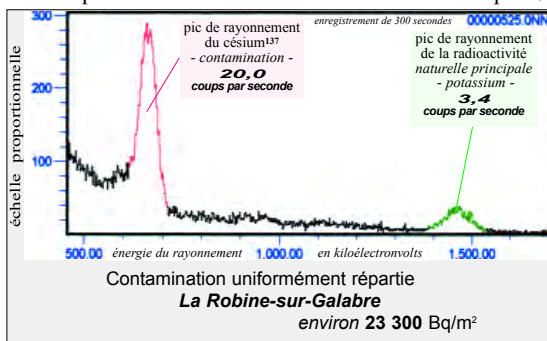
· La ville de **Digne-les-Bains** est située sur la terminaison d'un axe de valeurs inférieures à **5 000 Bq/m²** remontant depuis le sud en passant par **Riez** et **Mézel**. Une pelouse jouxtant les **Thermes de Digne-les-Bains** donne la valeur de contamination, représentative de la situation de la cité, de **8 500 Bq/m²** :



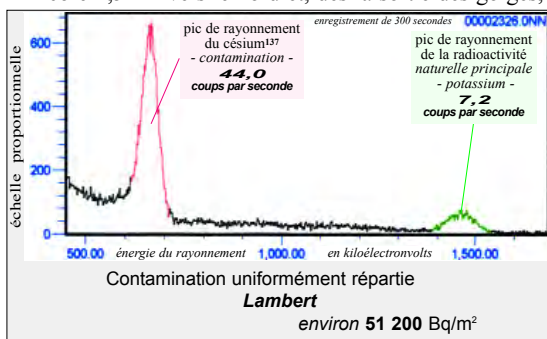
· Cette situation évolue rapidement vers le nord. À 8 km exactement dans cette direction, au pont sur la **Galabre**, en direction de **Barles**, la valeur de la contamination est déjà de de **16 200 Bq/m²** :



· À peine 2 km plus au nord, au pied du village de **la Robine-sur-Galabre**, la contamination uniformément répartie est mesurée à la valeur de **23 300 Bq/m²** :

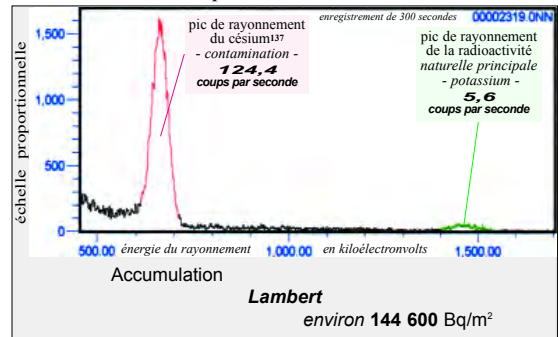


· Encore 2,5 km vers le nord et, dès la sortie des gorges,



juste à l'entrée de l'évasement topographique de **Lambert**, plusieurs mesures permettent de dépasser la valeur de contamination de **50 000 Bq/m²**. Voici *ci-contre*, sur une pelouse à thym de cet endroit, l'enregistrement d'une mesure montrant la valeur de contamination uniformément répartie de **51 200 Bq/m²**.

À une centaine de mètres, dans le début des pentes boisées, la présence de quelques hêtres permet de mesurer à leur pieds des accumulations de contamination, du genre de celle-ci montrant la valeur, locale mais révélatrice, de **144 600 Bq/m²** :



Ce parcours d'une douzaine de km depuis Digne, nous a montré, une fois de plus, combien les valeurs de contamination pouvaient rapidement varier. Comme le confirme la coulure le long des troncs de hêtres qui a provoqué l'accumulation de contamination à leurs pieds, une averse contaminante est responsable de cette situation. La brutalité du phénomène montre que les premières averses ont eu la capacité de contamination la plus forte.

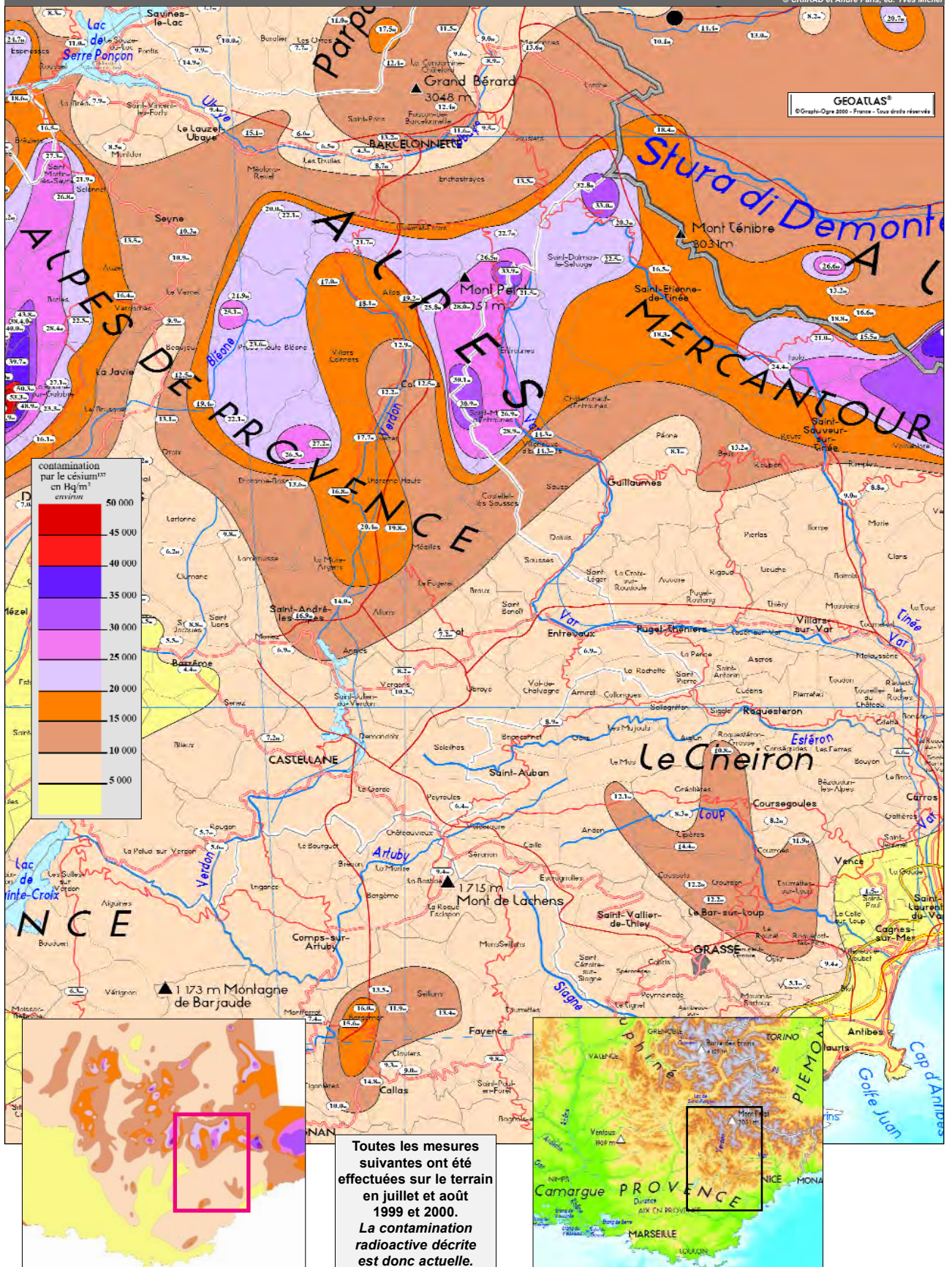
Pour l'ensemble du **territoire français**, les valeurs de contamination uniformément répartie et actuelles, donc durables, d'environ **50 000 Bq/m²** de césium¹³⁷ dans le sol, sont les plus élevées.

· Vers le nord, la carte montre qu'un ensemble de valeurs proches de **30 000 Bq/m²** peut être suivi jusqu'à l'approche de la **Vallée de la Durance**.

· Les valeurs supérieures à **20 000 Bq/m²** poursuivent leur trajectoire au-delà de la **Durance** jusqu'au **Mont Colombis** à l'est de **Serre-Ponçon** ; au-delà, elles ne se manifestent plus.

La traînée de contamination qui vient d'être décrite, s'inscrit elle-même dans une traînée beaucoup plus vaste qui va terminer sa course au nord de **Briançon**. L'image cartographique de cet événement est celle d'un « **impact** » : d'abord des fortes valeurs, puis une traînée étirée de valeurs qui restent fortes.

Les niveaux de contamination qui ont été mesurés et qui viennent d'être décrits, ainsi que les étendues de territoire qu'ils occupent, font partie des forts niveaux connus ailleurs en **Europe occidentale**.



◆ L'ALLURE GÉNÉRALE DE LA CARTE

Du point de vue géographique, la précédente section 6 concernait le domaine **préalpin**. Cette **section 7** vient immédiatement à l'est de la précédente et sa partie nord est entièrement située dans le domaine **alpin** ; de ce fait, les altitudes peuvent être soutenues dans la partie nord de cette section de la carte.

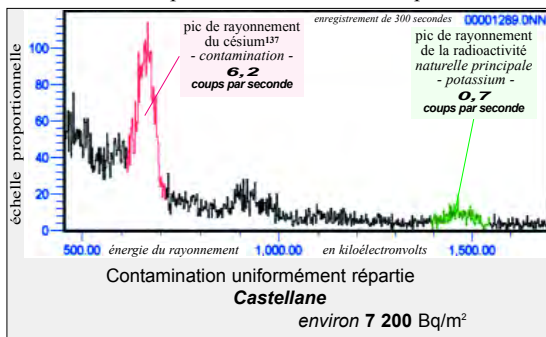
La forme générale du relief doit être remarquée. Au nord, la profonde **Vallée de l'Ubaye** est orientée d'est en ouest. Il est important de noter qu'au sud de cette vallée est-ouest, court une ligne de crêtes assez continue qui n'est franchie que par les hauts cols **d'Allos**, de **la Cayolle** et du **Restefond-Bonette**. Depuis cette ligne de crêtes, des vallées partent vers le sud.

Dans une certaine mesure, la carte de la contamination reflète ce dispositif géographique. De plus, les hautes altitudes rencontrées dans la partie septentrionale de cette **section 7** vont permettre à des phénomènes typiquement montagnards de prendre beaucoup d'ampleur.

◆ LA MOITIÉ SUD DE CETTE SECTION 7 DE LA CARTE

• Une grande partie de ce domaine présente des valeurs de la contamination qui restent relativement uniformes et qui se situent fréquemment autour des valeurs de **6 000 à 8 000 Bq/m²**.

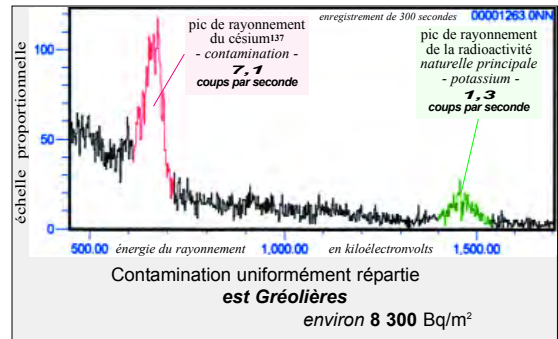
Pour illustrer cette situation, on peut prendre l'exemple de l'enregistrement de la mesure effectuée du côté nord de **Castellane** qui montre la valeur de contamination uniformément répartie d'environ **7 200 Bq/m²** :



• On peut aussi prendre l'exemple de l'enregistrement réalisé à l'est de **Gréolières**, en contrebas du plateau, et montrant la valeur de contamination uniformément répartie de **8 300 Bq/m²** (*ci-contre*).

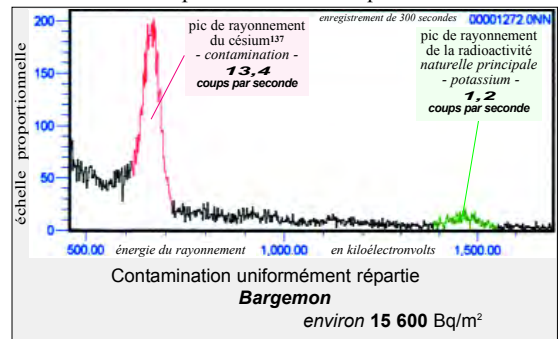
◆ LES ÉVÉNEMENTS PRÉCURSEURS

C'est ainsi que l'on dénomme les îlots de valeurs particulières qui apparaissent de manière isolée ; également en situation méridionale, nous en avons

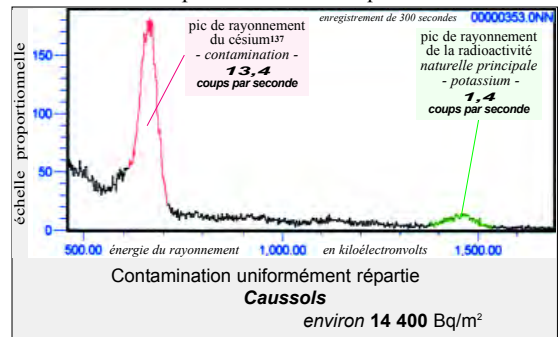


rencontrés sur les autres sections de la carte détaillée. Deux ensembles de cette nature ont été rencontrés sur la partie sud de cette **section 7**.

• L'un est centré sur **Bargemon**, au sud du **Plateau de Canjuers**. À proximité de ce village, du côté nord, sur le sol forestier, on a mesuré la valeur de contamination uniformément répartie de **15 600 Bq/m²** :



• Une valeur comparable a été rencontrée sur les grandes pelouses* du **Plateau de Caussols**. À l'Observatoire, on a mesuré la valeur de contamination uniformément répartie de **14 400 Bq/m²** :

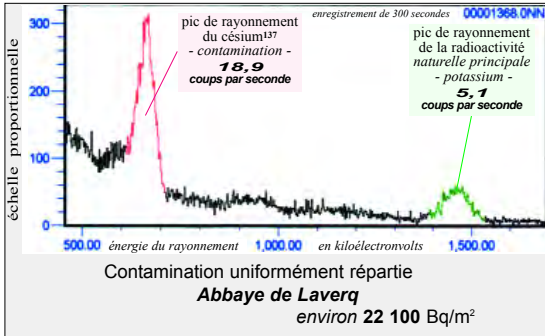


◆ LA MOITIÉ NORD DE CETTE SECTION DE LA CARTE

Les valeurs de la contamination évoluent dans la partie nord de cette **section 7** de la carte. On peut en faire la lecture suivante : une traînée de contamination manifeste ses effets à partir de **Saint-André-les-Alpes**, puis elle se dédouble vers le nord.

* **Pelouse**, milieu sauvage où pousse l'herbe rase.

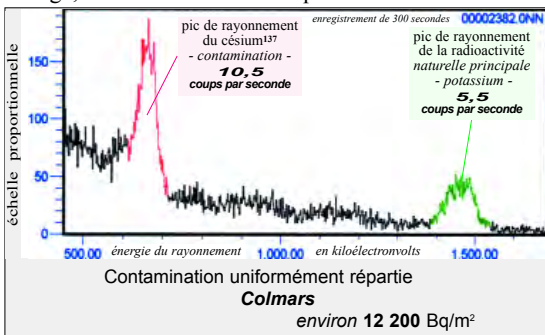
· La branche ouest de cette traînée s'active à partir de **Thorame**, parcourt la **Haute-Bléone** et rejoint la **Vallée de l'Ubaye** à **Méolans-Revel**. Les valeurs de la contamination y sont en moyenne situées autour de la valeur de **20 000 Bq/m²** mais peuvent atteindre plus de **25 000 Bq/m²**. Cette situation peut être illustrée par l'enregistrement effectué sur les pelouses de l'**Abbaye de Laverq** montrant la valeur de contamination uniformément répartie de **22 100 Bq/m²** :



De plus, sur ce secteur du **Laverq**, les accumulations de contamination situées au bord des constructions et provoquées par les écoulements des toitures, signalent l'apport de contamination par les précipitations pluviales ou neigeuses.

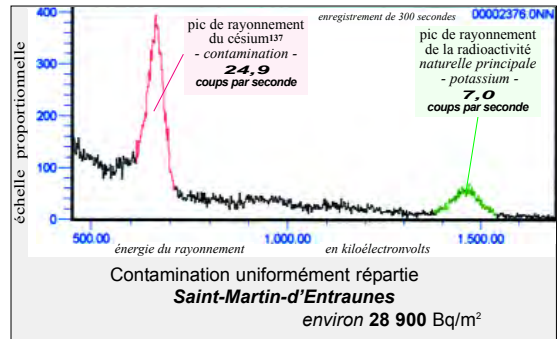
· Le deuxième rameau, le rameau est de la traînée de contamination s'active depuis **Saint-Martin-d'Entraunes** et poursuit par le **Col des Champs**, le **Lac d'Allos**, le **Col de la Cayolle** et le **Col de Restefond-Bonette**.

· Les branches est et ouest de la traînée de contamination sont séparées par des valeurs de l'ordre de **12 000 Bq/m²** que l'on rencontre autour de **Colmars**. Sur les pelouses des fortifications bordant le sud de ce village, on a mesuré **12 200 Bq/m²** :



· Par contre, sous l'effet de la traînée de contamination, en bordure ouest du village de **Saint-Martin-d'Entraunes**, pratiquement au fond de la vallée, on a mesuré la valeur de contamination uniformément répartie de **28 900 Bq/m²** (*ci-contre*).

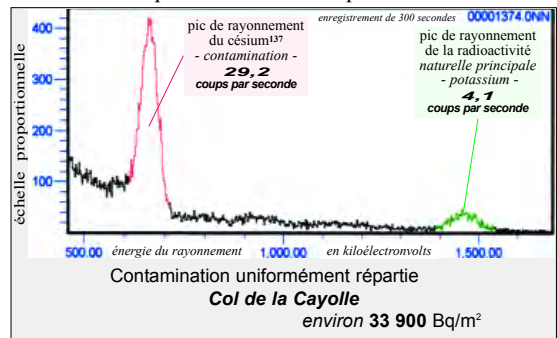
· À l'ouest de ce dernier secteur, mais surtout 1 000 m plus haut, en haut du **Col des Champs**, on a répétitivement pu



mesurer des valeurs de contamination uniformément répartie de valeur proche, ou dépassant **30 000 Bq/m²**.

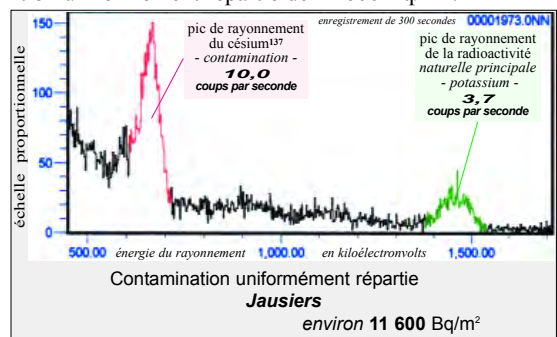
· Ces valeurs de contamination un peu supérieures à **30 000 Bq/m²** se retrouvent répétitivement au **Col de la Cayolle** et au **Col de Restefond-Bonette**.

Cette situation, est illustrée par l'enregistrement effectué en « balayant » une surface étendue de pelouse située sur le haut du côté nord du **Col de la Cayolle** et montrant la valeur de contamination uniformément répartie de **33 900 Bq/m²** :



◆ LA VALLÉE DE L'UBAYE

· La ligne de crêtes élevées qui borde, au sud, la **Vallée de l'Ubaye**, a joué le rôle d'écran protecteur pour la partie basse de cette vallée. Cette protection relative, bien documentée par de nombreuses mesures, est à signaler. Ce fait peut être illustré par l'enregistrement de la mesure effectuée sur le sol forestier de la pinède située à l'entrée ouest de **Jausiers** et montrant une contamination uniformément répartie de **11 600 Bq/m²** :

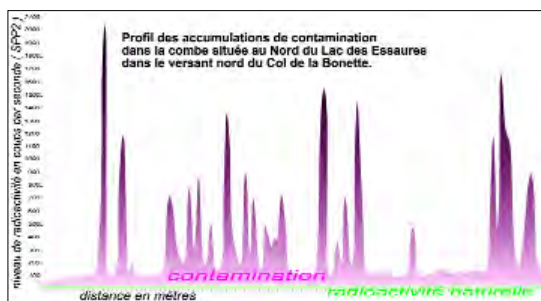


◆ LES ACCUMULATIONS MONTAGNARDES DE CONTAMINATION

Les particules de contamination (*de taille infime*) sont arrivées au sol en nappe répartie uniformément, qu'il s'agisse des particules sèches, ou qu'il s'agisse de la contamination entraînée par les précipitations. Sauf qu'en montagne, du moins à assez haute altitude, cette nappe de contamination s'est posée d'abord sur le manteau neigeux résiduel.

Ensuite, ce sont les mécanismes capricieux de la fonte de la neige qui ont redistribué la contamination, sur le sol, et dans le sol. Non seulement la neige fond capricieusement mais l'eau de cette fonte est véritablement aspirée par d'innombrables endroits préférentiels qui sont plus poreux là qu'à côté. De plus, le manteau neigeux fondant est lui-même une véritable éponge qui alimente longtemps ces endroits de succion.

Ces endroits de succion ont fixé la contamination qui se trouve ainsi redistribuée en une multitude d'accumulations :



On rencontre beaucoup d'accumulations dans les fonds de combes, mais aussi dans leurs flancs, et jusque dans les endroits les plus imprévisibles ; comme situations peu prévisibles, signalons que de fortes accumulations de contamination ont été trouvées perchées en haut de blocs de plusieurs mètres, où elles logeaient dans un peu de mousse ; d'autres ont été trouvées sous plusieurs décimètres d'eau coulant impétueusement. **LES SURFACES PLATES PEUVENT ÊTRE COMPLÈTEMENT AFFECTÉES PAR LA REDISTRIBUTION DE LA CONTAMINATION SOUS FORMES DE MULTIPLES ACCUMULATIONS.**

Ce phénomène des accumulations montagnardes de la contamination est général en altitude et on l'a rencontré partout dans l'*Arc Alpin*. Il apparaît souvent vers 1 500 m d'altitude et il peut être très intense aux altitudes supérieures.

Ce phénomène de la redistribution de la contamination en une succession d'accumulations est intense sur les deux flancs du *Col de Restefond-Bonette* où nous l'avons étudié.

La première conséquence de ce phénomène est qu'il peut devenir difficile de trouver des surfaces étendues

où la contamination uniformément répartie est encore présente. Au *Col de Restefond-Bonette*, la mesure de contamination uniformément répartie que l'on peut encore considérer comme acceptable se situe sous *le Camp des Fourches*. À cet endroit, la contamination uniformément répartie est mesurée à la valeur d'environ 33 000 Bq/m². Au-dessus, aucune uniformité de la contamination ne nous a paru avoir résisté au régime des accumulations devenu complètement généralisé.

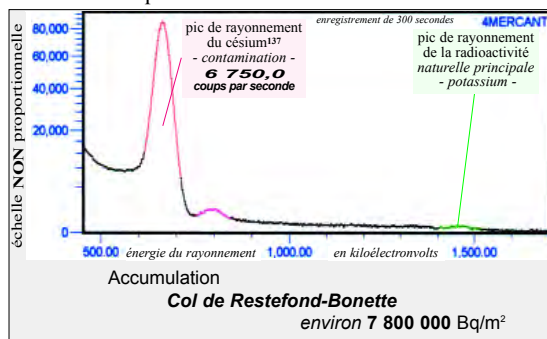
Mis à part leurs emplacements divers, les accumulations de contaminations peuvent présenter des dimensions variables ; les tailles fréquentes vont de quelques décimètres carrés à quelques mètres carrés. Il y a des extrêmes plus petits comme beaucoup plus grands.

Pratiquement toutes ces accumulations présentent un point particulier où la radioactivité est maximale ; c'est le « *point chaud* ». Quand les accumulations sont jointives, cela signifie que le terrain présente une juxtaposition de « *points chauds* » avec un niveau de contamination qui reste élevé entre ceux-ci.

Mais, ce qui traduit le mieux la très forte capacité des conditions montagnardes pour redistribuer la contamination, c'est la forte concentration de contamination que l'on peut rencontrer sur (et dans) ces accumulations.

À titre d'exemples, des carottages de sol effectués sur ces accumulations dans les parages du *Col de Restefond-Bonette* et analysés par le laboratoire de la CRIIRAD en 1997, ont donné des valeurs de contamination allant jusqu'à 545 200 Bq de césium¹³⁷ par kg de sol.

Sur une autre accumulation analysée avec la valeur 255 300 Bq par kg de sol, l'enregistrement depuis la surface du terrain montre la valeur d'environ 7 800 000 Bq/m² :



Sur ces zones d'accumulations de contamination, le sol est devenu, durablement, un déchet radioactif.

Rappelons que des phénomènes comparables d'accumulations de la contamination ont été rencontrés sur l'ensemble de l'*Arc Alpin*.

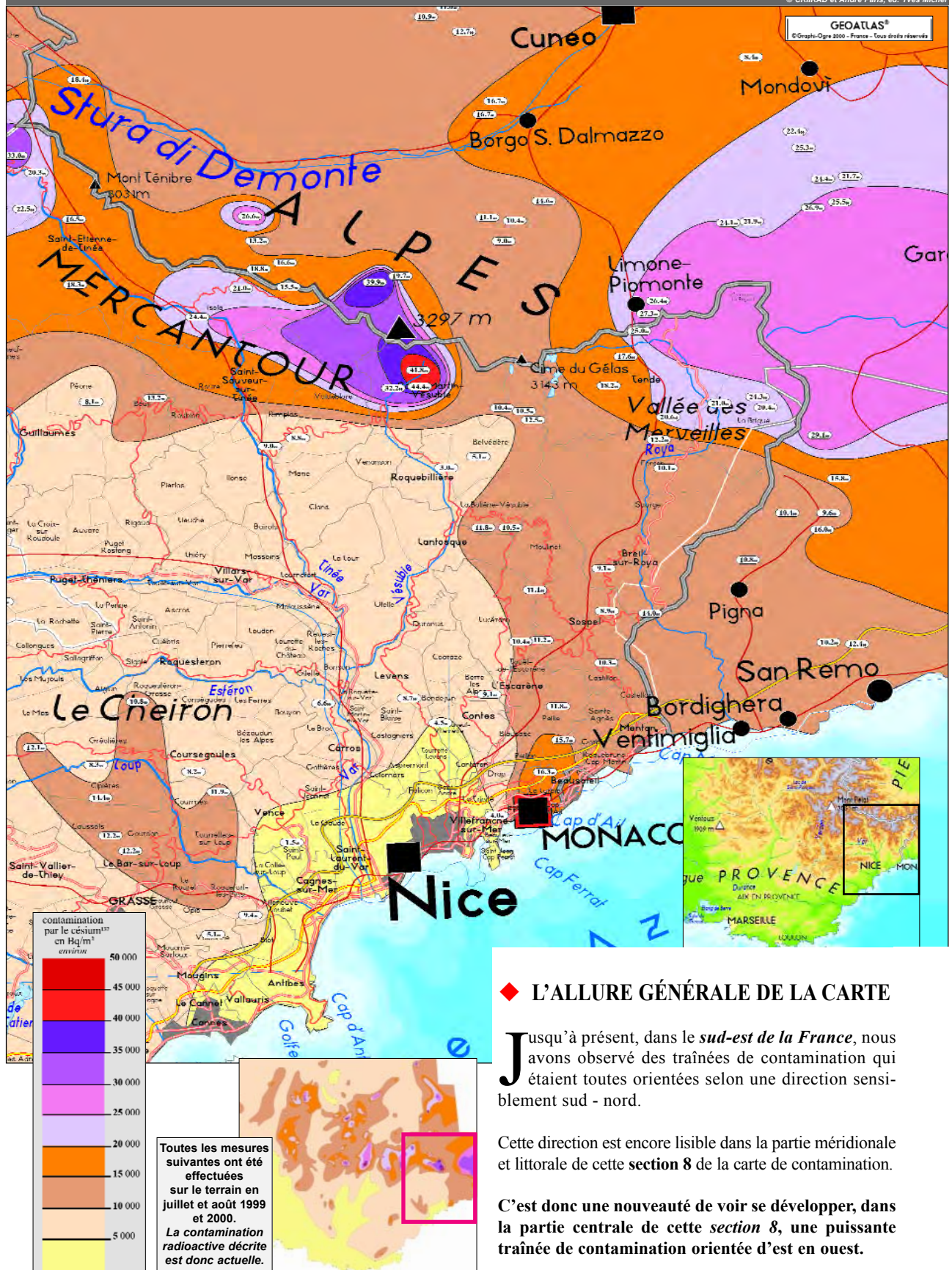
Gras plan sur les nombreuses accumulations de contamination dans une combe en bordure de la route. (soulignées de blanc)

Nombreuses accumulations de contamination dans une combe en bordure de la route. (soulignées de blanc)

Paysage alpin présentant de très nombreuses accumulations de contamination.

1998. Ministre constatant, en présence de la CRIIRAD, que le sol, ici, est un déchet radioactif.

1998. On convient de prévoir un balisage des taches présentant les plus forts niveaux de contamination.



◆ L'ALLURE GÉNÉRALE DE LA CARTE

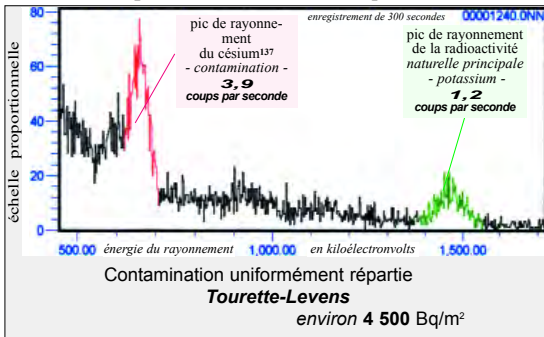
Jusqu'à présent, dans le *sud-est de la France*, nous avons observé des traînées de contamination qui étaient toutes orientées selon une direction sensiblement sud - nord.

Cette direction est encore lisible dans la partie méridionale et littorale de cette *section 8* de la carte de contamination.

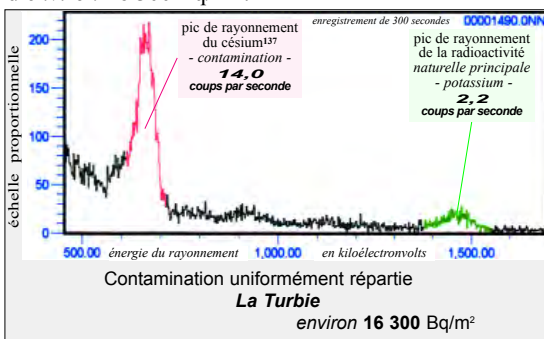
C'est donc une nouveauté de voir se développer, dans la partie centrale de cette *section 8*, une puissante traînée de contamination orientée d'est en ouest.

◆ LA FRANGE LITTORALE

• Quand on regarde l'ensemble de la carte du **sud-est de la France** (p. 81), on voit que les valeurs de contamination inférieure à **5 000 Bq/m²** occupent une bande de plus en plus étroite vers l'est ; mis à part le golfe de ces valeurs remontant vers **Digne**, cette bande cartographique s'interrompt vers **Saint-Tropez**. Ces valeurs inférieures à **5 000 Bq/m²** réapparaissent autour de **Nice** où, par exemple, l'enregistrement de la mesure effectué à **Tourette-Levens** montre un niveau de contamination uniformément répartie d'environ **4 500 Bq/m²** :



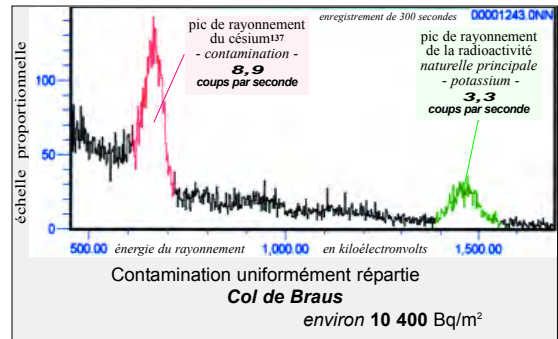
• Il suffit d'un déplacement modeste vers l'est jusqu'aux environs de **Monaco** pour rencontrer répétitivement un niveau de contamination uniformément répartie dépassant **15 000 Bq/m²**, ces valeurs étant mesurées sur les pelouses comme sur les sols forestiers. Voici l'enregistrement effectué sur un sol forestier à **la Turbie** montrant la valeur de contamination uniformément répartie d'environ **16 300 Bq/m²** :



◆ L'ARRIÈRE-PAYS

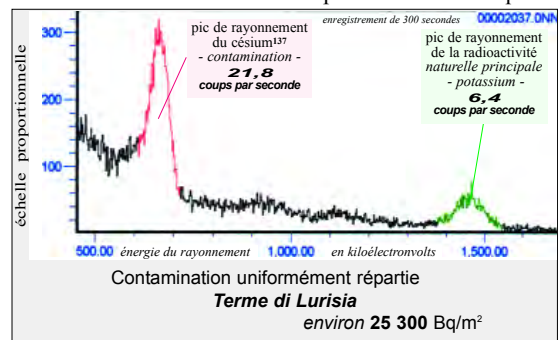
• Dans tout l'arrière-pays, les valeurs de contamination oscillent autour de la valeur de **10 000 Bq/m²** avec seulement une tendance à être plutôt en-dessous à l'ouest du méridien de **Nice** et plutôt en-dessus à l'est de celui-ci.

L'enregistrement effectué sur les pelouses du **Col de Braus**, à l'est de **Lucéram**, présente la valeur de contamination uniformément répartie de **10 400 Bq/m²**, très représentative de la situation sur un territoire assez vaste de cet arrière-pays :



◆ DU PIÉMONT ITALIEN À LA VALLÉE DE LA TINÉE, LA TRAÎNÉE CENTRALE DE CONTAMINATION D'ORIENTATION EST - OUEST

• La carte montre l'arrivée de cette traînée de contamination depuis une large étendue du **Piémont italien**. Pour la partie nord de cette arrivée, on peut montrer l'enregistrement effectué sur le sol forestier du bois de pins situé devant l'entrée des Thermes de **Terme di Lurisia**, au sud-ouest de **Mondovì**, donnant la valeur de contamination uniformément répartie de **25 300 Bq/m²** :



• Dans la partie sud de cette traînée de contamination, on peut citer l'enregistrement effectué sur le sol forestier des terrasses à Châtaigniers de **Verdeggia**, du côté italien à l'est de **la Brigue**, donnant la valeur de contamination uniformément répartie de **29 100 Bq/m²**.

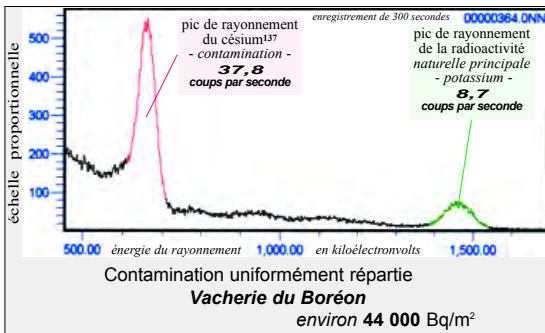
• En face, du **côté français**, des valeurs concordantes supérieures à **20 000 Bq/m²** ont été répétitivement mesurées à **la Brigue** et à **Notre-Dame-des-Fontaines**.

• Au **Col de Tende**, l'enregistrement effectué dans les pelouses vers le haut du flanc sud du col révèle la valeur de contamination uniformément répartie de **27 300 Bq/m²**.

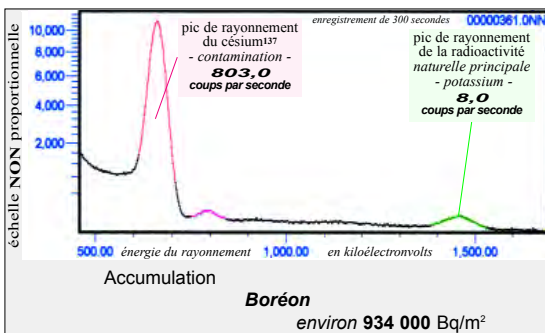
• Vers l'ouest, les valeurs de la contamination uniformément répartie évoluent ainsi : **Baisse de Peyrefique** **25 000 Bq/m²**, **Porte de Valmasque** **17 600 Bq/m²**, **Casterino** **18 200 Bq/m²**, **Haute-Gordolasque** entre **10 400** et **12 500 Bq/m²**.

· En **Haute-Vésubie**, la valeur de contamination uniformément répartie de **32 200 Bq/m²** est rencontrée sur le sol forestier au bord du **Lac du Boréon**.

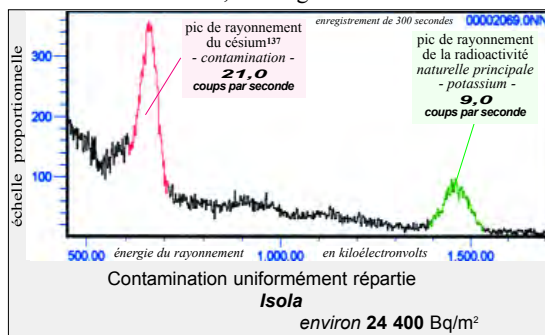
Autour des parkings du **Boréon**, au terminus de la route, la contamination uniformément répartie dépasse **40 000 Bq/m²**. Voici l'un des enregistrements effectués sur les pelouses de la **Vacherie du Boréon** montrant la valeur de contamination uniformément répartie de **44 000 Bq/m²** :



Dans cet environnement du **Boréon**, en de nombreux endroits, la contamination a été redistribuée pour former des accumulations locales très actives. Des carottages de sol effectués sur ces accumulations locales de contamination, l'un situé à côté du parking supérieur du **Boréon**, l'autre juste en dessous, et analysés par le laboratoire de la CRIIRAD en 1997, ont donné des niveaux de contamination de **53 734** et de **57 967 Bq** de césium¹³⁷ par kg de sol. Sur la première de ces accumulations de contamination, l'enregistrement, depuis la surface du sol, montre le niveau de contamination, localement par effet d'accumulation, d'environ **934 000 Bq/m²** :

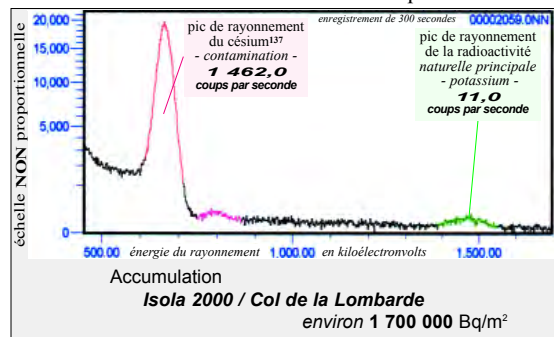


· Vers l'ouest encore, en suivant la trajectoire de la traînée de contamination, l'enregistrement de la mesure

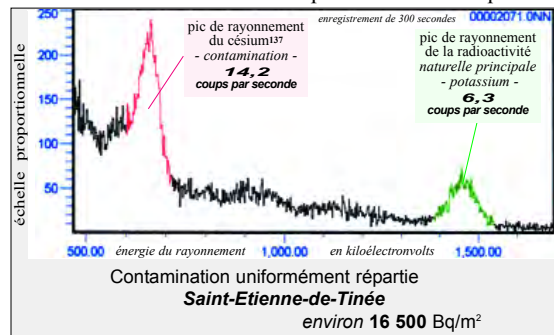


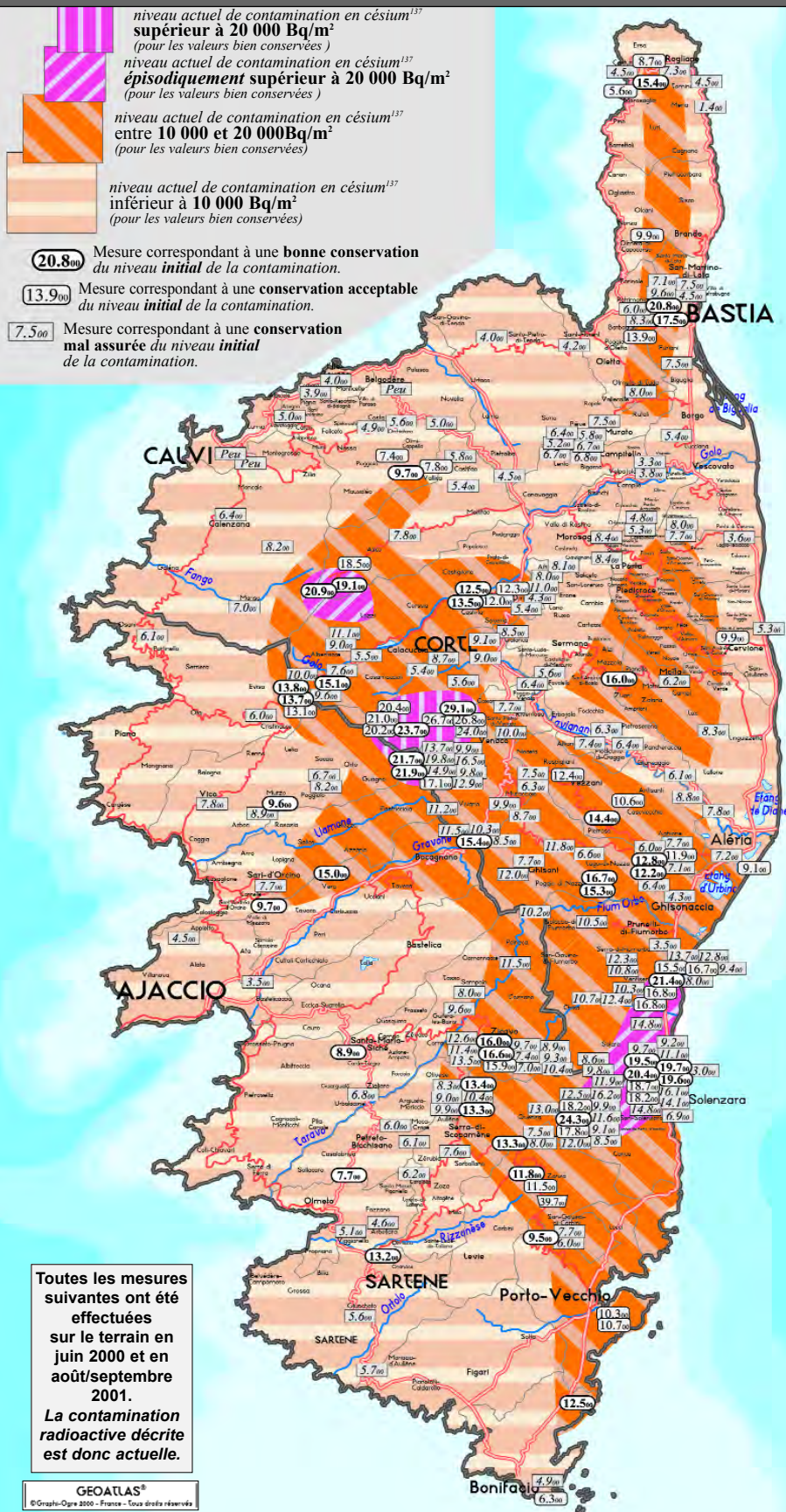
effectuée juste au sud du Village d'**Isola** sur des terrasses en friche situées pratiquement au fond de cette vallée profonde et encaissée de la **Tinée**, à l'altitude de 870 m, montre la valeur de contamination uniformément répartie de **24 400 Bq/m²** (*ci-contre*).

· En direction d'**Isola 2 000**, et pratiquement 1 000 m plus haut que le bourg d'**Isola**, sur les pelouses du replat du **Chastellar**, la contamination est mesurée à la valeur de **21 000 Bq/m²**. Sur les grands replats d'**Isola 2 000** et du **Col de la Lombarde**, vers l'altitude de 2 200 m, des mesures répétées conduisent à situer la contamination uniformément répartie sur ces secteurs entre environ **15 500** et **18 800 Bq/m²**. Dans ces secteurs d'**Isola 2 000** et du **Col de la Lombarde**, le fait marquant est l'intensité soutenue de la redistribution de la contamination qui ne reste uniforme que par endroits. Sur la plus grande partie de la surface du terrain, la contamination se trouve agrégée en une suite d'accumulations. Ces phénomènes particuliers sont liés à l'altitude ; ils ont été développés en détail à la **section 7** de la carte, à propos des secteurs de mesures situés dans les parages du **Col de Restefond-Bonette**, près d'ici. Nous renvoyons à cette description détaillée sur la **section 7, p. 144**. Pour montrer l'intensité des phénomènes montagnards d'accumulation dans ces lieux, voici l'enregistrement effectué dans une pelouse au bord de la route du **Col de la Lombarde** juste au-dessus d'**Isola 2 000** et montrant, localement par effet d'accumulation, la valeur de contamination d'environ **1 700 000 Bq/m²** :



· Encore plus au nord-ouest et plus haut en remontant la **Vallée de la Tinée**, au bourg de **Saint-Etienne-de-Tinée**, exactement dans les pelouses qui sont situées au départ du **sentier de la moyenne Corniche**, on a mesuré la valeur de contamination uniformément répartie de **16 500 Bq/m²** :





Le modèle cartographique proposé ci-contre résulte des valeurs de contamination mesurées sur les différents secteurs.

Dans les sols normaux, 80 à 90 % de la contamination actuelle sont situés dans les 10 premiers centimètres.

En Corse, la maigreur originelle des sols ainsi que l'érosion active et permanente à partir de leur surface ne permettent qu'une conservation partielle du niveau de contamination ayant affecté un secteur donné.

Une bonne conservation du niveau de contamination supposerait la conservation du sol qui la supporte ; ceci n'est que très exceptionnellement assuré en Corse.

De ce fait, il résulte que les mesures de contamination, avec le temps, s'avèrent variablement déficitaires par rapport à ce qu'elles seraient dans le cas d'une bonne conservation.

Cela rend difficile la reconstitution des niveaux initiaux de contamination ayant affecté ce territoire.



♦ LA CONSERVATION DE LA CONTAMINATION NÉCESSITE LA CONSERVATION DU SOL

Dans les **environnements normaux**, ce qui subsiste de la contamination provenant de *Tchernobyl* (essentiellement maintenant le *césium*¹³⁷) est situé à 80 - 90% dans les 10 cm supérieurs du sol. Cette contamination est arrivée au niveau du sol en 1986, il y a une quinzaine d'années. *Plus profondément enfoui, on peut rencontrer le césium¹³⁷ retombé au sol après avoir été dispersé dans l'atmosphère par les essais militaires aériens effectués en de multiples endroits de la planète, principalement au cours des années 1960 (p.54).*

Les contaminations étant déjà anciennes, la bonne conservation du niveau de celles-ci dépend donc de la bonne conservation du sol qui le supporte.

Seule la mesure d'un niveau actuel de contamination bien conservé permet de retrouver et d'estimer raisonnablement les valeurs initiales de la contamination ; la mesure effectuée actuellement sur un niveau de contamination mal conservé conduira à minimiser le niveau initial de celle-ci.

Or, une des caractéristiques majeures de la Corse, c'est d'être, justement, un relief très peu couvert de sol.

Cette particularité de l'Île oblige, sur presque tous les secteurs géographiques, à effectuer la mesure sur des sols peu consistants, anormalement minces, de nature squelettique, en situation peu stable dans les environnements à peu près partout pentus et soumis à des degrés d'érosion variables mais toujours à l'œuvre.

Ce fait oppose nettement les conditions de mesure de la contamination dans l'Île et celles rencontrées sur le Continent. D'un côté, on doit se contenter de mauvaises et incontournables conditions de sol, de l'autre, il est relativement aisé de rencontrer des conditions acceptables de sol sur plus de 95% des secteurs de mesure.

UNE GÉOGRAPHIE DÉFAVORABLE POUR LE SOL



Le sol est rare
Aullène depuis le C. Ste Eustache

Plusieurs types de circonstances peuvent expliquer la maigreur actuelle des sols corses.

La géographie d'abord qui impose un régime généralisé de pentes qui, depuis l'échine centrale de l'Île, c'est-à-dire souvent depuis 2 000 m d'altitude, et parfois jus-

qu'à près de 3 000 m, plongent, sans guère de répit, jusqu'au niveau de la mer toujours proche ; de ce fait, les plateaux existent mais sont rares.

LA NATURE DES ROCHES EST DÉFAVORABLE AU SOL

Ensuite, la nature des roches qui sont partout dures, vient soutenir la vigueur des reliefs. Quatre types principaux de roches peuvent être retenus :

- Les « **schistes lustrés** » se rencontrent au nord ainsi qu'au sud de *Bastia (Cap Corse, Castagniccia)* ; ce sont les roches parmi les moins dures de l'ensemble corse.

- Sauf que les « schistes lustrés » emballent des paquets de « **roches vertes** » dures qui constituent des massifs en relief et plus ou moins gros. À cause de cette dureté, ces roches souvent « luisantes » et verdâtres vont jusqu'à être complètement dépourvues de sol et, de ce fait, ne supportent qu'une végétation piètre et clairsemée de petit maquis essentiellement composé de cistes.

- Les « **granites gris** », parce qu'ils s'altèrent assez aisément, peuvent être géographiquement déprimés (*Niolo*) ; ils peuvent soutenir des plateaux (*Alta Rocca*).

- Les « **granulites** » et laves anciennes de couleur rouge arment les reliefs hardis, depuis les *Aiguilles de Bavella* jusqu'au *Massif du Cinto*, et ferment étroitement des gorges escarpées (*Ghisoni*).

AU-DELÀ DE CIRCONSTANCES NATURELLES PEU PROPICES, LE SOL SUBIT DES AGRESSIONS RÉPÉTÉES



vallée du Golo

L'incendie du couvert végétal n'est certainement pas un phénomène nouveau en *Corse*.



nord de Vezzani

Quoiqu'il en soit, chacune des répétitions du phénomène provoque une dégradation supplémentaire du sol, tant en qualité qu'en quantité.

La qualité du sol est violemment affectée par la destruction totale ou partielle des deux éléments



forêt de Muracciole

les plus évolués et les plus nobles du sol : calcination et carbonisation de l'humus, destruction irréversible des argiles par cuisson (*transformation en céramique*).

La noblesse comme la partie vivante du sol sont le fruit de l'association intime de l'argile et de l'humus (*complexe argilo-humique*) ; après le passage d'un feu un peu actif, il n'en est plus question.

Déjà malmené et quelque peu détruit qualitativement par la chaleur du feu, ce qu'il reste du sol va être soumis - sans aucune protection - aux deux formes d'énergie des précipitations d'automne qui peuvent être abondantes : d'une part l'énergie de chute de l'eau sans protection d'un couvert feuillu, d'autre part l'énergie du ruissellement sur les pentes complètement libérées de tout encombrement ralentisseur.

On remarquera que les sols sont d'autant plus vulnérables aux atteintes précédentes qu'ils sont déjà peu épais. Autrement dit, la disparition du sol est d'autant plus rapide qu'il en reste peu.

Dans les stades d'avancée vers le désert, un jalon est remarquable et facilement repérable : c'est lorsque le couvert végétal n'est plus constitué que de cistes dont la couleur rousse est bien visible dans les paysages corses vers la fin de l'été. Ce stade végétal est le dernier avant la roche nue ; il signale un « *sol* » réduit à un peu de roche altérée réfugié dans les fissures de roche dure.

sol squelettique sur « roches vertes »
Col de Bigorno

La disparition des sols n'est pas irréversible ; avec le temps le sol revient. Si la **Corse** devait reconquérir son indépendance alimentaire, il suffirait d'attendre un ou deux millénaires (sans mettre le feu).

LE FOUISSAGE ET LE PIÉTINEMENT DES ANIMAUX DOMESTIQUES (ET SEMI-SAUVAGES) AFFECTE ÉGALEMENT LE SOL



La trituration des sols par le surpiétinement animalier réduit leur partie supérieure en poudre que les pluies d'automne peuvent aisément entraîner.

Vallée d'Asco.



CE QUE L'ON APPELLE LE SOL EN CORSE



le sol incertain



le sol, mince couche d'altération de la roche

Ce que l'on appelle le sol, en **Corse**, est souvent réduit (le plus souvent réduit) à une couche plus ou moins continue (souvent dis-

continue) de minéraux altérés ; le sol est réduit à l'état squelettique de pellicule de roche désagrégée (pouvant inclure de nombreux blocs de roche intacte).

Par ailleurs, chaque année et à peu près partout, une couche superficielle du sol est enlevée par érosion. Dans les environnements corses, le sol n'est pas un élément à évolution lente,

un élément quasi permanent ; au contraire, c'est un élément instable à renouvellement rapide dont le bilan est laminé entre, d'une part les érosions anormalement rapides de surface et, d'autre part, l'altération des roches en profondeur.

**À SOL VARIABLEMENT CONSERVÉ,
CONTAMINATION ÉGALEMENT
VARIABLEMENT CONSERVÉE.**



EXEMPLE DU PLATEAU DE COSCIONE

Ce plateau est soumis à un intense pastoralisme, probablement depuis des temps anciens. Dans cette partie du plateau située à un peu plus de 1 000 m d'altitude, la végétation dominante est constituée par des touffes de genêts épineux.



Plateau de Coscione
pelouse continue
3 mesures :
16 600 Bq/m²
16 000 Bq/m²
15 900 Bq/m²

Des touffes de genévriers rampant sont clairsemées mais atteignent la dizaine de mètres.



Plateau de Coscione
touffe de genévrier
3 mesures :
12 600 Bq/m²
11 400 Bq/m²
13 500 Bq/m²

Des îlots de pelouses de taille métrique ou guère mieux subsistent çà et là. Par chance, cet environnement a préservé, en un endroit, une pelouse* pratiquement continue sur quelques centaines de m² et en position presque horizontale (ce qui est assez rare).



Plateau de Coscione
touffe de genêt piquant
3 mesures :
8 900 Bq/m²
9 300 Bq/m²
10 400 Bq/m²

Sur des pans de cet environnement, le granite est nu ou presque avec, par endroits, des chaos de blocs.



plateau de Coscione
pelouse en îlot
3 mesures :
9 700 Bq/m²
7 400 Bq/m²
7 000 Bq/m²

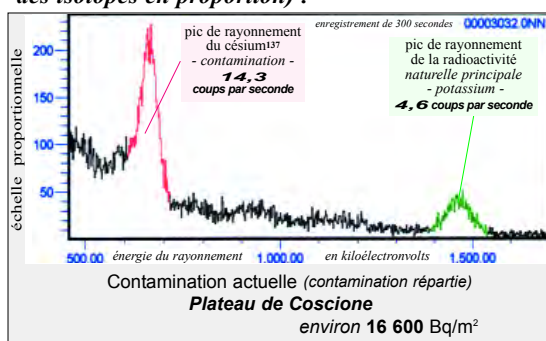
Les mesures de contamination répétées dans les différents compartiments de cet environnement (à l'exclusion de la roche à nu) font apparaître les résultats suivants.

L'expérience montre que les milieux étendus présentant des conditions homogènes sont les plus aptes à offrir une bonne conservation.

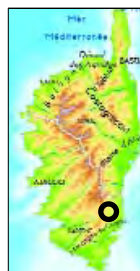
Effectivement, c'est la pelouse étendue et continue qui offre la **meilleure conservation** du niveau de contamination avec une valeur moyenne un peu supérieure à **16 000 Bq/m²**.

Viennent ensuite les touffes de genévriers : **12 500 Bq/m²**, les touffes de genêts : **9 500 Bq/m²**, et enfin les petits îlots disséminés de pelouses : **8 000 Bq/m²**.

En conclusion, tel qu'il a pu être conservé, le niveau actuel de contamination des différents compartiments de cet environnement varie avec une amplitude d'environ 2 fois. Le niveau bien conservé de 16 000 Bq/m² permet de reconstituer valablement le niveau initial de la contamination (environ au moins le double pour le seul césium¹³⁷, plus l'assortiment des isotopes en proportion) :



EXEMPLE DU COL DE BAVELLA



col de Bavella
pelouse continue
3 mesures :
18 200 Bq/m²
16 200 Bq/m²
17 800 Bq/m²

Dans cet environnement, seuls les replats situés aux alentours immédiats du sommet du col offrent des possibilités de mesure.

Les trois qualités de pelouses supportant les mesures fournissent les résultats ci-contre. La pelouse la plus maigre et la plus écorchée donne répétitivement des mesures montrant une mauvaise conservation du niveau de contamination (environ 10 000 Bq/m²).



Les deux autres qualités de pelouses donnent des valeurs moyennes comparables entre **16 000** et **17 000 Bq/m²**. Mais la valeur qui pourrait être



la mieux conservée (**24 300 Bq/m²** - pelouse semi-continue) est prise dans une variation du milieu qui va du simple au double.

En conclusion, la valeur de 24 300 Bq/m² correspond-elle à la valeur de bonne conservation du site ou est-elle une surveillance locale héritée d'une distribution initialement non homogène de la contamination* ?

Scientifiquement, la réponse n'est pas décidable. Tout au plus peut-on situer le niveau de contamination actuelle du secteur du col de Bavella entre environ 16 000 et 24 000 Bq/m².

Les raisons principales de la forte variabilité entre des mesures proches effectuées sur différents compartiments de l'environnement corse viennent d'être exposées ; le remaniement rapide et généralisé du sol - qui est une forte particularité de l'île - en est la cause très principale.

Du fait que chaque secteur présente des mesures variant de plusieurs fois - ceci en fonction du degré de conservation de la contamination - la cartographie conventionnelle ne peut être réalisée pour la Corse. Hormis la Corse, la cartographie conventionnelle et habituelle précise les niveaux actuels de contamination sur les différents secteurs de mesure.

En ce qui concerne le territoire corse, on ne peut que proposer un modèle cartographique qui situe de manière approchée l'ampleur de la contamination, sa généralité, l'allure de sa variation d'une région à l'autre, ainsi que l'altération résultant de celle des divers milieux rencontrés.

** En Corse, tous les types de terrain et de sols incorporent des cailloux souvent gros et même des blocs de roche qui, parfois sont apparents en surface ou, d'autres fois, sont dissimulés car enfouis. Ce sont là des éléments perturbateurs de la répartition de la contamination et de sa mesure, quelle que soit la méthode utilisée.*

LA CONSERVATION DE LA CONTAMINATION SELON LES DIFFÉRENTS MILIEUX

On l'a vu amplement : meilleure est la conservation du sol et meilleure est celle du niveau de la contamination.

Le « **gros maquis** » (*largement plus haut qu'un homme*) assure généralement une bonne préservation. chènes-verts en taillis et arbousiers y sont les espèces dominantes. Une fûtaie de chènes-lièges, généralement clairsemée, peut venir renforcer et compléter la préservation et la conservation du milieu.

À l'opposé, le « **petit maquis** » (*plus bas qu'une hauteur d'homme*) généralement constitué de cistes et d'épineux calycotomes, signale des milieux vulnérables dont la dégradation arrive en fin de parcours.

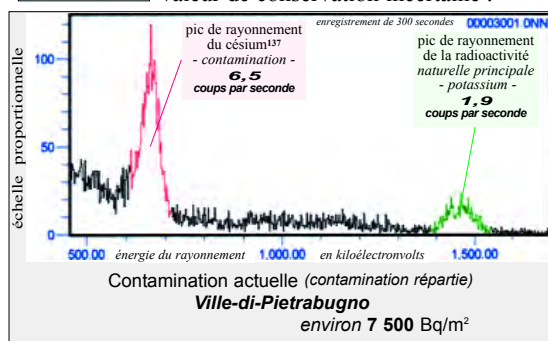
Les **pelouses** et les **sols forestiers** peuvent exister mais il est extrêmement rare que quelques mètres carrés de ces terrains puissent échapper au profond, assidu et quasi permanent fouissage des porcs sauvages ou domestiques.

◆ LA PÉNINSULE DU CAP CORSE

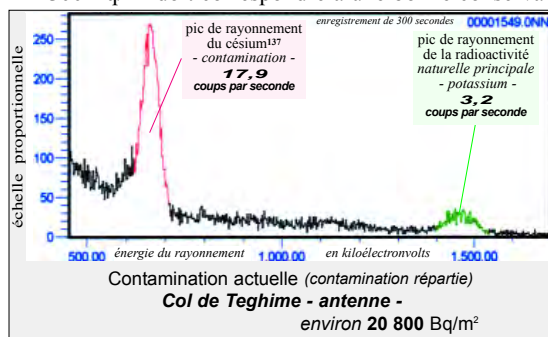


DESCRIPTION RÉGIONALE DES NIVEAUX DE CONTAMINATION

• Au nord-ouest immédiat de **Bastia**, à **Ville-di-Pietrabugno**, on a mesuré **7 500 Bq/m²** sur un sol vraiment squelettique portant un petit maquis. Dans de telles conditions, cette mesure dont voici l'enregistrement, correspond à une valeur de conservation incertaine :



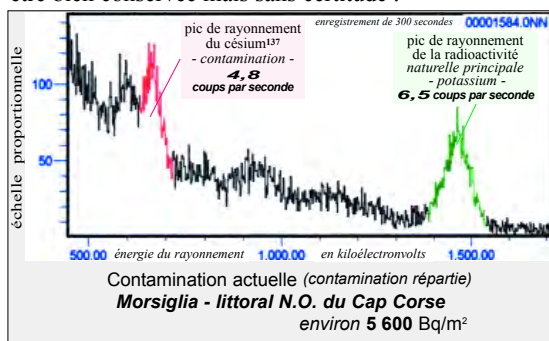
• Au **Col de Teghime**, une mesure à la valeur de **17 500 Bq/m²** doit correspondre à une bonne conserva-



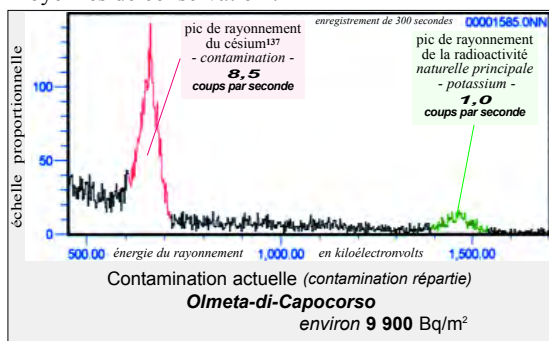
tion dans les pelouses. Sur le replat de l'antenne et dans des conditions semblables, la mesure dont voici l'enregistrement correspond à la valeur de **20 800 Bq/m²**. Dans cet environnement du **Col de Teghime**, on a mesuré en différents endroits, d'une part des valeurs plus faibles correspondant à une conservation altérée et, d'autre part, des valeurs un peu plus élevées résultant de l'*accumulation* de la contamination sous l'effet de la pluie.

- Au nord du **Cap Corse**, vers les éoliennes*, les mesures présentent des valeurs comparables à celles que l'on vient de rencontrer au **Col de Teghime** : **15 400 Bq/m²** en situation de bonne conservation et accompagnées de valeurs plus basses en raison de la mauvaise conservation.

- En situation complètement littorale à **Morsiglia**, la valeur de **5 600 Bq/m²**, montrée ci-dessous, est peut-être bien conservée mais sans certitude :



- À **Olmeta-di-Capocorso**, à l'intérieur de la péninsule et à une altitude moyenne pour celle-ci, la valeur de **9 900 Bq/m²** mesurée dans un gros maquis apparaît comme une moyenne réaliste en conditions également moyennes de conservation :



En conclusion, le modèle cartographique proposé intègre les mesures que l'on vient de rencontrer.

♦ LA CASTAGNICCIA

Le substrat géologique de cette région est constitué principalement par les « *schistes lustrés* » qui produisent en surface une altération argileuse et micacée très peu propice à la fixation comme à la conservation de la contamination.

* Champ d'éoliennes modernes.



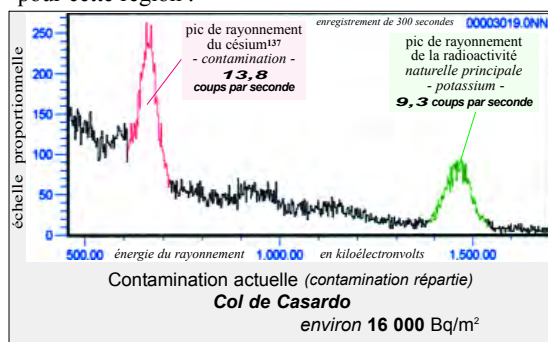
Castagniccia



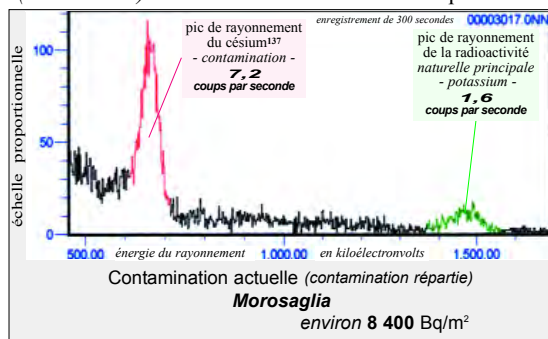
Col de Casardo
maquis préservé

- Le niveau de contamination de **16 000 Bq/m²** a été rencontré au **Col de Casardo**, vers 1 000 m d'altitude, dans un maquis de bruyères blanches

constituant un milieu exceptionnellement bien conservé pour cette région :

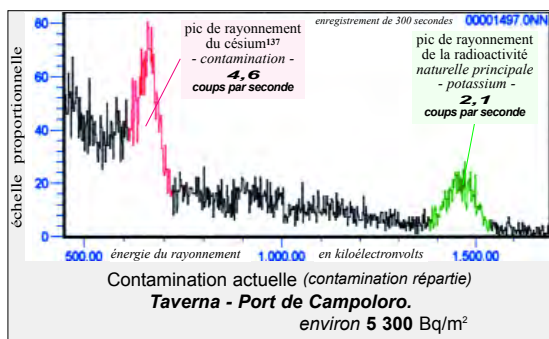
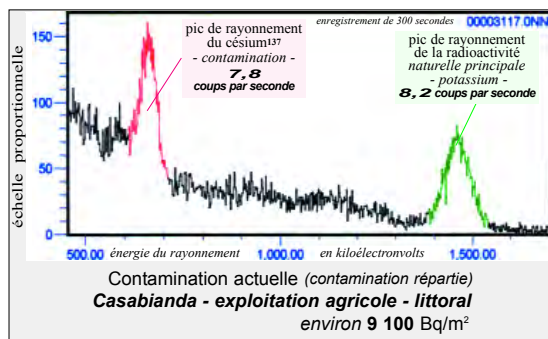
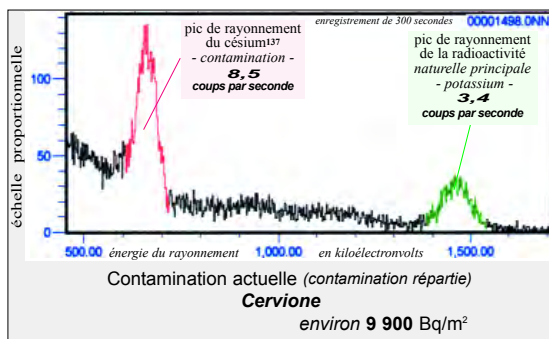


- Ailleurs en **Castagniccia**, il a été pratiquement impossible de retrouver des milieux préservés et d'autres valeurs mesurées dans cette région de **Corse** correspondant, de ce fait, à des niveaux variablement conservés. C'est le cas des enregistrements répétés à **Morosaglia (C. de Prato)** montrant la valeur de **8 400 Bq/m²** :



- C'est également le cas de l'enregistrement effectué à **Cervione** et montrant la valeur de **9 900 Bq/m²** (ci-après).

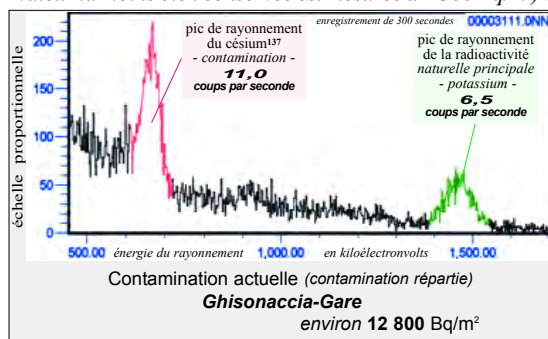
- En situation tout à fait littorale à **Taverna - Port de Campoloro**, dans le maquis sous les pins, l'enregistrement suivant montre la valeur de **5 300 Bq/m²** (ci-après) :



GHISONACCIA

La plaine de **Ghisonaccia** présente des niveaux actuels de contamination fortement variables à peu de distance. On peut aisément prouver que ces résultats des mesures sont dus à la conservation erratique du niveau initial de la contamination.

• À **Ghisonaccia-Gare**, dans un gros maquis de chênes vert, en quelques mètres, le niveau actuel et plus ou moins conservé, varie du simple au double ; il varie du simple au triple en quelques centaines de mètres. Voici l'enregistrement de la valeur de **12 800 Bq/m²**, la mieux conservée sur ce secteur de **Ghisonaccia-Gare** (sur ce même secteur, la valeur la moins bien conservée est mesurée à **4 300 Bq/m²**) :



• Immédiatement à l'ouest de **Ghisonaccia-Gare**, c'est à **Poggio-di-Nazza** que les plus fortes valeurs : **15 300** et **16 700 Bq/m²** ont été mesurées pour l'ensemble des contreforts arrières fermant énergiquement la **Plaine orientale de la Corse**.

ENTRE GHISONACCIA ET SOLENZARA

C'est à 1.5 km de **Vix** que la plus forte valeur actuelle de contamination a été mesurée pour l'ensemble de la **Plaine orientale** et ses contreforts : **21 400 Bq/m²** (des valeurs proches vont être rencontrées à **Solenzara**). Mais on doit remarquer qu'en raison des variations de conservation, les valeurs mesurées dans le gros maquis sur quelques centaines de mètres sont en fait comprises entre **21 400** et **8 000 Bq/m²**. Voici, ci-après, les enregistrements traduisant cette gamme de valeurs d'amplitude de presque 3 fois.

• Dans la vallée du **Tavignano**, tant pour les valeurs que pour les conditions de conservation, les différentes mesures effectuées s'intègrent complètement au reste de la **Castagniccia**.

En conclusion, la Castagniccia, avec des conditions de terrain défavorables à la conservation de la contamination, montre des valeurs majoritairement inférieures - mais d'assez peu - à 10 000 Bq/m². Dans de meilleures conditions de conservation, la valeur de contamination atteint pratiquement 10 000 Bq/m² ou les dépasse nettement (Col de Casardo). Le modèle cartographique proposé essaie de traduire, au mieux, cette situation.

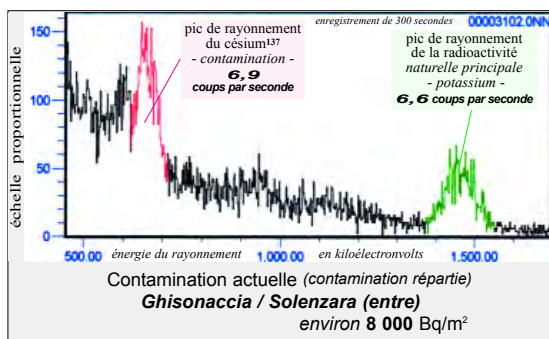
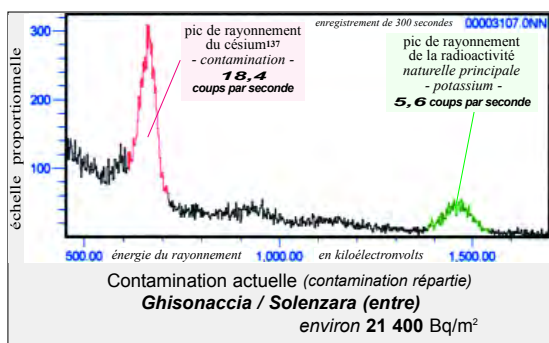
♦ LA PLAINE ORIENTALE ET SES CONTREFORTS OUEST

BORD SUD DE LA VALLÉE DU TAVIGNANO

Trois mesures situent le niveau actuel de contamination dans des conditions acceptables de conservation :

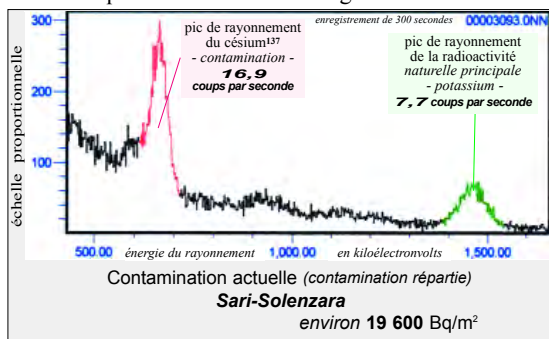
- **Casabianda**, en situation littorale, dans le bois d'eucalyptus de l'**exploitation agricole du Pénitencier** 9 100 Bq/m²,
- **Antisanti**, le haut, dans un maquis assez gros avec bruyères 10 600 Bq/m²,
- **Vezzani**, sur un sol forestier de pins laricio 12 400 Bq/m². Voici l'enregistrement de la mesure effectuée à **Casabianda** :





SOLENZARA

• À **Sari-Solenzara**, les valeurs actuelles de la contamination sont mesurées dans une gamme allant de 20 400 Bq/m² à 14 100 Bq/m² (soit pratiquement de 1 à 2). Un carottage de sol est prélevé pour analyse au laboratoire sur la valeur mesurée depuis la surface de 19 600 Bq/m² et dont voici l'enregistrement :



• Au-dessus de la ville de **Solenzara**, au replat du **Château-d'eau**, en situation de bonne conservation, les mesures retrouvent la valeur quasi identique à la précédente de 19 500 Bq/m².

Mais les situations de mauvaise conservation entraînent les valeurs dans une gamme variant avec une amplitude de plus de 1 à 6 sur quelques dizaines de mètres (de 3 000 à 19 500 Bq/m²).

En conclusion, les valeurs actuelles de contaminations mesurées dans la Plaine orientale sont rapide-

ment variables, voire chaotiques, en raison de la difficile conservation de la contamination dans les milieux rencontrés.

Si l'on accepte de s'en tenir aux valeurs de bonne conservation, correspondant presque toujours à des surfaces restreintes, on constate que la contamination actuelle voisine, voire dépasse 20 000 Bq/m².

Le modèle cartographique proposé tient compte de l'ensemble des valeurs mesurées et les intègre, au mieux, en fonction des qualités de conservation mesurées sur les différents secteurs.

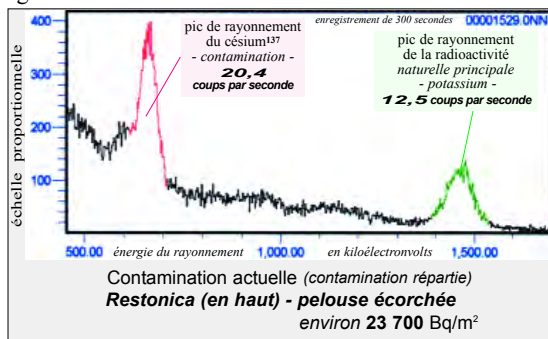
◆ L'AXE CENTRAL DE LA CORSE

• Dans le **Haut-Asco**, flanc nord du **Monte Cinto**, à 1 550 m d'altitude, et en fonction des possibilités limitées de conservation offertes par les milieux caillouteux très discontinus, on a mesuré la valeur de 20 900 Bq/m² pour la contamination actuelle.



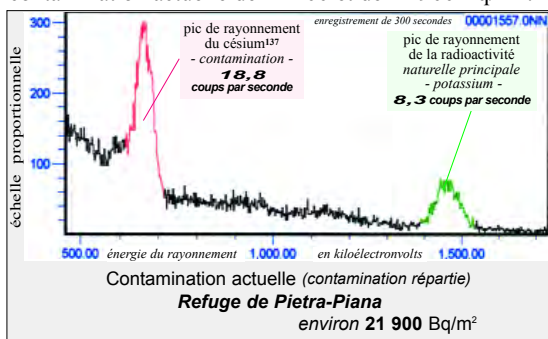
• Plus bas, l'altération des milieux, notamment la trituration du sol due au piétinement lié au surpâturage des flancs montagnards, ne permet pas de trouver des lieux de conservation acceptables.

• En haut de la **Restonica** vers 1500 m d'altitude, les sols forestiers encore préservés sous les pins comme les lambeaux de pelouses écorchées qui subsistent, permettent de mesurer répétitivement des valeurs supérieures à 20 000 Bq/m² comme le montre l'enregistrement suivant :

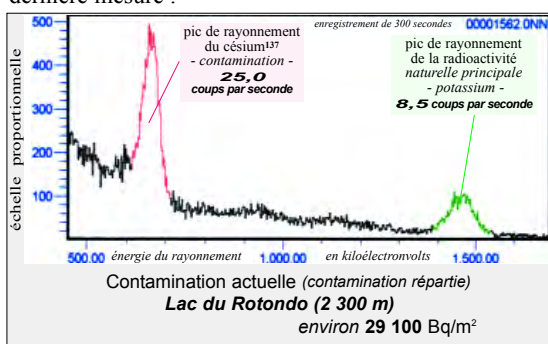


• Dans le flanc sud du **Monte Rotondo** vers 1800 m d'altitude, sur les pelouses à côté du refuge de **Pietra-**

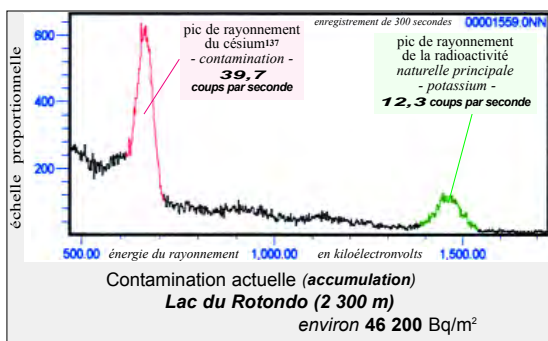
Piana, deux enregistrements donnent des valeurs de contamination actuelle de **21 700** et de **21 900 Bq/m²** :



• Dans les pelouses situées autour du **Lac du Rotondo**, vers 2 300 m d'altitude, une série de mesures montrent des valeurs de contamination actuelle comprises entre **25 800** et **29 100 Bq/m²**. Voici l'enregistrement de cette dernière mesure :



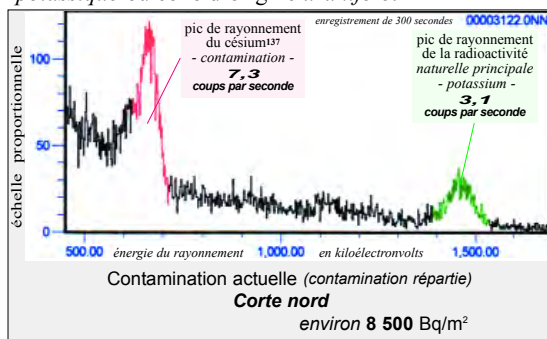
• La mesure suivante est particulière ; il s'agit d'une accumulation de contamination ; ce phénomène explique la plus forte valeur qui se trouve mesurée. En plus, ici, de l'eau de fonte des névés coule abondamment sur ce sol montagnard qui se trouve ainsi immergé. Il n'en était pas de même quand le césium radioactif est venu se fixer là. Mais cette immersion qui s'est maintenant répétée de nombreuses années, vient rappeler combien la fixation du **césium¹³⁷** dans le sol est robuste.



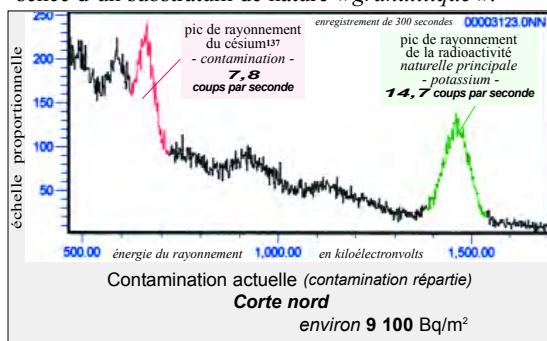
• Autour de **Corte**, malgré des conditions de milieu ne garantissant pas une bonne conservation, les différentes

mesures situent le **niveau actuel de contamination** autour de **9 000 Bq/m²**. Les deux enregistrements suivants sont distants de quelques centaines de mètres, à la sortie nord de **Corte**, du côté ouest de la route de **Castirla**. Ces deux mesures révèlent des **niveaux actuels de contamination** semblables :

- Le premier enregistrement est réalisé sur un substratum de « **roches vertes** » à **radioactivité naturelle** faible, qu'il s'agisse de la radioactivité naturelle d'origine **potassique** ou celle d'origine **uranifère**.



- Le deuxième enregistrement montre pratiquement le même **niveau de contamination** dans un contexte de **radioactivité naturelle**, prise globalement, très forte. Dans cette deuxième situation, entre les **deux radioactivités naturelles**, il est possible de préciser que la **radioactivité naturelle d'origine potassique** est très forte et celle d'origine **uranifère** forte. Ce fait est dû à la présence d'un substratum de nature « **granulitique** ».

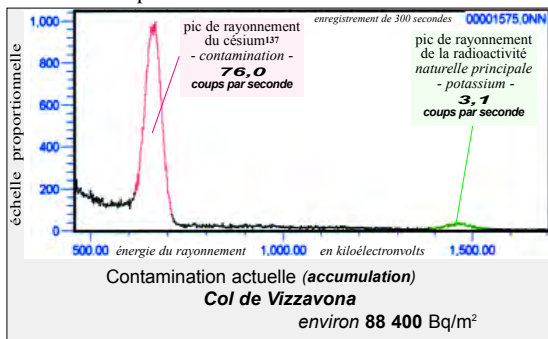


Selon la nature du substratum considéré, presque toute la gamme des radioactivités naturelles peut être rencontrée en Corse. Prise globalement, la radioactivité naturelle est **très faible sur les « roches vertes »**, **moyenne sur les « schistes lustrés »**, **moyenne également sur les « granites gris »**, **forte à très forte sur les « granulites et laves acides souvent de couleur rouge »**. Les « **calcaires récents** » (**Bonifacio**) **présentent une radioactivité naturelle curieuse** mais compréhensible. La prise en compte de toutes les nuances des différents paramètres de la radioactivité naturelle apporte beaucoup de possibilités de compréhension fine de l'origine des roches du substratum. **Quoique ces différentes données soient inévitablement acquises, il n'est pas dans l'objet de ce compte rendu d'en faire état.**



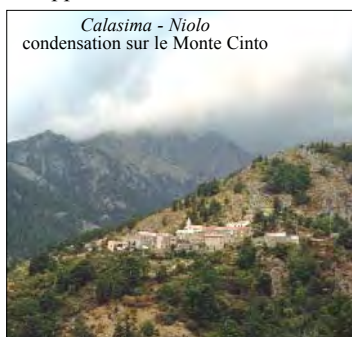
• Au **Col de Vizzavona**, dans des conditions de conservation difficiles à garantir à cause des sols retournés en tous sens par les animaux, la meilleure valeur mesurée situe la contamination actuelle du sol forestier de la hêtraie à **15 400 Bq/m²**.

• Mais aux pieds de hêtres, les *accumulations* locales de contamination sont systématiques. Sur ces *accumulations* locales, on a pu mesurer la valeur actuelle de **88 400 Bq/m²** :



Le phénomène des *accumulations de contamination aux pieds des hêtres* est général ; **pratiquement tous les hêtres d'Europe ont une accumulation de contamination à leurs pieds.**

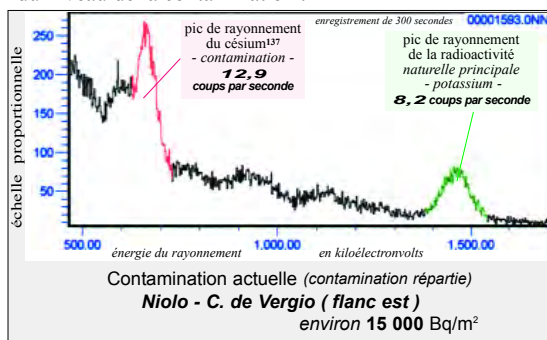
Avec un facteur d'accumulation de l'ordre de 5 fois et avec des niveaux actuels de contamination tels que ceux rencontrés à **Vizzavona**, ce phénomène signale un apport de contamination sous forme pluviale.



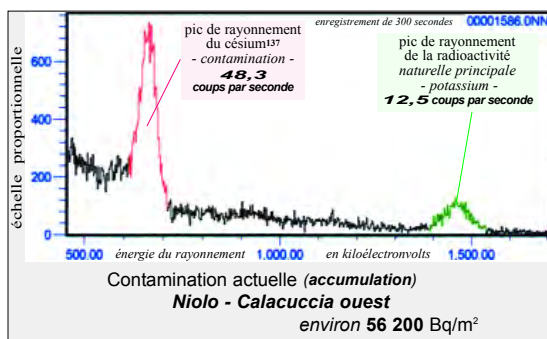
• Dans le **Niolo**, les diverses valeurs mesurées traduisent surtout les divers degrés de conservation des milieux.

• La valeur de **15 000 Bq/m²**

mesurée au **Fer à Cheval**, dans le flanc est du **Col de Vergio**, peut correspondre à une conservation acceptable du niveau de la contamination :



• À l'ouest de **Calacuccia**, on a mesuré des valeurs particulières de contamination :



Il s'agit d'accumulations de contamination qui, elles-aussi, sont habituelles en **Europe** dès que les conditions topographiques sont favorables, comme ici. Le substratum granitique assez rude présente des « *dos d'éléphants* » dénudés cependant que les pelouses se sont



réfugiées dans les dépressions évadées. Ainsi, la contamination entraînée par la pluie a coulé sans pouvoir se fixer sur la roche nue et, finalement, est allée s'accumuler dans les creux pelousés.

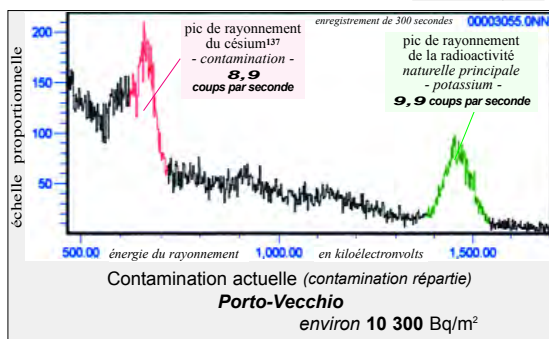
Dans la partie sud de l'axe central de la **Corse**, les secteurs du **Plateau de Coscione** et du **Col de Bavella** ont été déjà regardés **page 152** et **page 153**.

En conclusion. Sur cet axe central, les valeurs actuelles de contamination qui subsistent dans des conditions acceptables de conservation se situent à proximité des valeurs **10 000 à 15 000 Bq/m²**.

La contamination reste très présente partout. Au-dessus de l'altitude de 1 500 m environ, les valeurs actuelles de la contamination atteignent puis tendent à dépasser - parfois nettement - 20 000 Bq/m².

◆ LE SUD DE LA CORSE

Les différentes mesures situent la valeur actuelle de contamination à proximité de **10 000 Bq/m²** comme ici, répétitivement, à l'est du port de **Porto-Vecchio** :

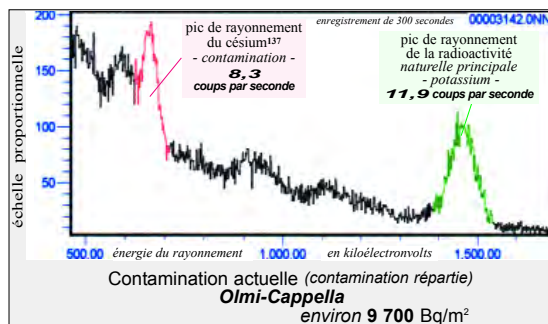
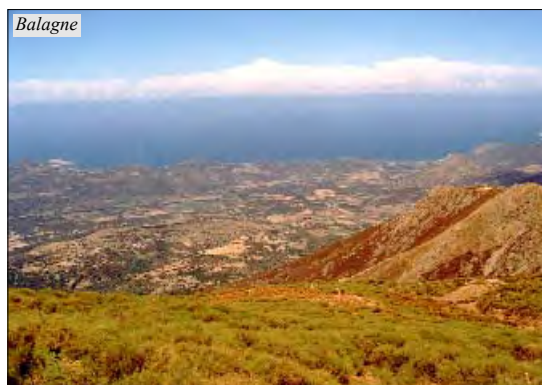


◆ LA BALAGNE

La dégradation des sols est générale et, dans les conditions rencontrées, on peut se demander ce que signifie une mesure de la contamination actuelle vis-à-vis de la conservation de la valeur initiale de contamination. Pour cette raison, en **Basse-Balagne**, aucune mesure n'apparaît comme significative.

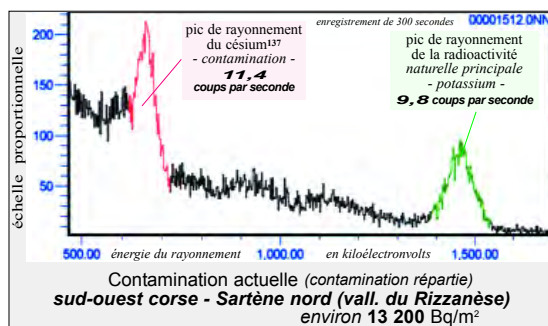
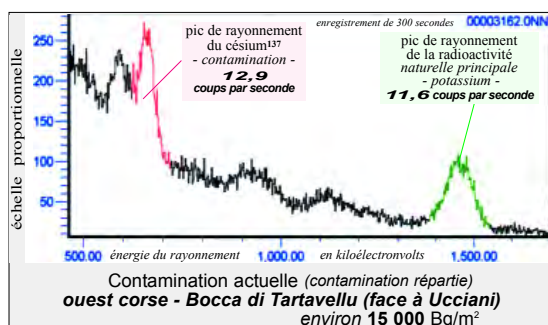
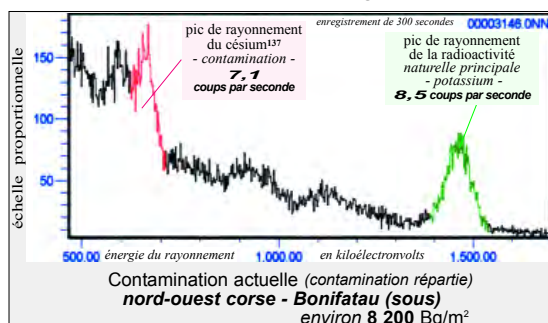


• En **Haute-Balagne**, sur le revers de la **Vallée du Tartagine**, quelques mesures s'organisent avec un peu de cohérence : **Bocca di Barraglia** 7 400 Bq/m², **Vallica** 7 800 Bq/m², **Olmi-Cappella**, dans de meilleures conditions de conservation offertes par le sol forestier 9 700 Bq/m².



◆ L'OUEST DE LA CORSE

Eu égard aux conditions de sols, partout dégradés et maigres qui, malgré les précautions, assurent très variablement la conservation des niveaux de contamination, on se contentera de traduire la situation de cette partie notable du territoire de l'île avec trois enregistrements dont les variations de valeurs actuelles - *limitées* - peuvent être dues autant à des conservations variables qu'à des niveaux de contamination initiaux légèrement différents.



◆ LES DÉPÔTS DE CÉSIUM¹³⁷ EN CORSE, CONCLUSION

Une des particularités de la Corse est de présenter un milieu sol dont la dynamique de la dégradation (qui est constamment à l'œuvre) ne permet que très difficilement de retrouver les véritables niveaux de contamination ayant atteint ce territoire.

Bien que les mesures actuelles ne reflètent que de manière altérée les niveaux initiaux de contamination, elles permettent, néanmoins, d'intégrer la Corse aux territoires fortement contaminés de l'est de la France, et plus particulièrement du sud-est (qui se trouvent ainsi appartenir aux territoires fortement contaminés d'Europe).

Le fait premier à constater est que la contamination est présente partout.

Face à ce fait premier, les nuances descriptives et régionales qu'il était nécessaire d'apporter, peuvent être considérées comme secondaires.

Une autre particularité de la Corse - elle est préocupante - vient du mode de production agricole très largement pratiqué dans l'Ile. C'est un mode très extensif. Autrement dit, la ration alimentaire est prélevée sur une grande surface. Vis-à-vis d'une contamination qui, dans ses phases initiales, vient nimer toutes les surfaces du sol mais aussi des végétaux, le prélèvement alimentaire sur de grandes surfaces devient un facteur sensiblement aggravant qui mérite d'être évalué.

Mais le niveau actuel de la contamination des sols est un élément de preuve incontestable du fait contaminant qui doit être décrit avec rigueur (et avec le regret que la citoyenneté ne puisse compter que sur elle-même pour voir cette légitime exigence satisfaite).

À défaut des mesures en temps réel, systématiques comme exploratoires qui auraient dû être conduites pour évaluer la charge contaminante affectant réellement toutes les situations alimentaires, on doit avoir la plus grande méfiance vis-à-vis des modélisations plus ou moins fantaisistes qui prétendent compenser l'absence de mesures (ou leur dissimulation). En effet, le niveau de contamination du sol va s'accroître, par exemple, lorsqu'une pluie y introduira les contaminants. Par contre, une simple brume, apportant peu de contaminants directement dans le sol mais les accumulant considérablement sur et dans les végétaux, s'avèrera bien plus nocive du point de vue alimentaire - tout en laissant beaucoup moins de preuves durables au niveau de la contamination du sol. Une partie de la Corse, notamment la Balagne, a pu être concernée par de telles

modalités de contamination.

Autre fait aggravant :

La contamination initiale (phase plus particulièrement nocive de l'événement) s'installant à l'extrême fin d'avril et au début mai, tous les compartiments de la production végétale étaient à leur pleine puissance sous le climat de la Corse. À cette époque, la puissance des transferts de contaminants par la chaîne alimentaire était maximum en Corse, soit directement par la consommation de végétaux, soit indirectement par la consommation de produits animaux (pouvant eux-mêmes concentrer les contaminants d'origine végétale).

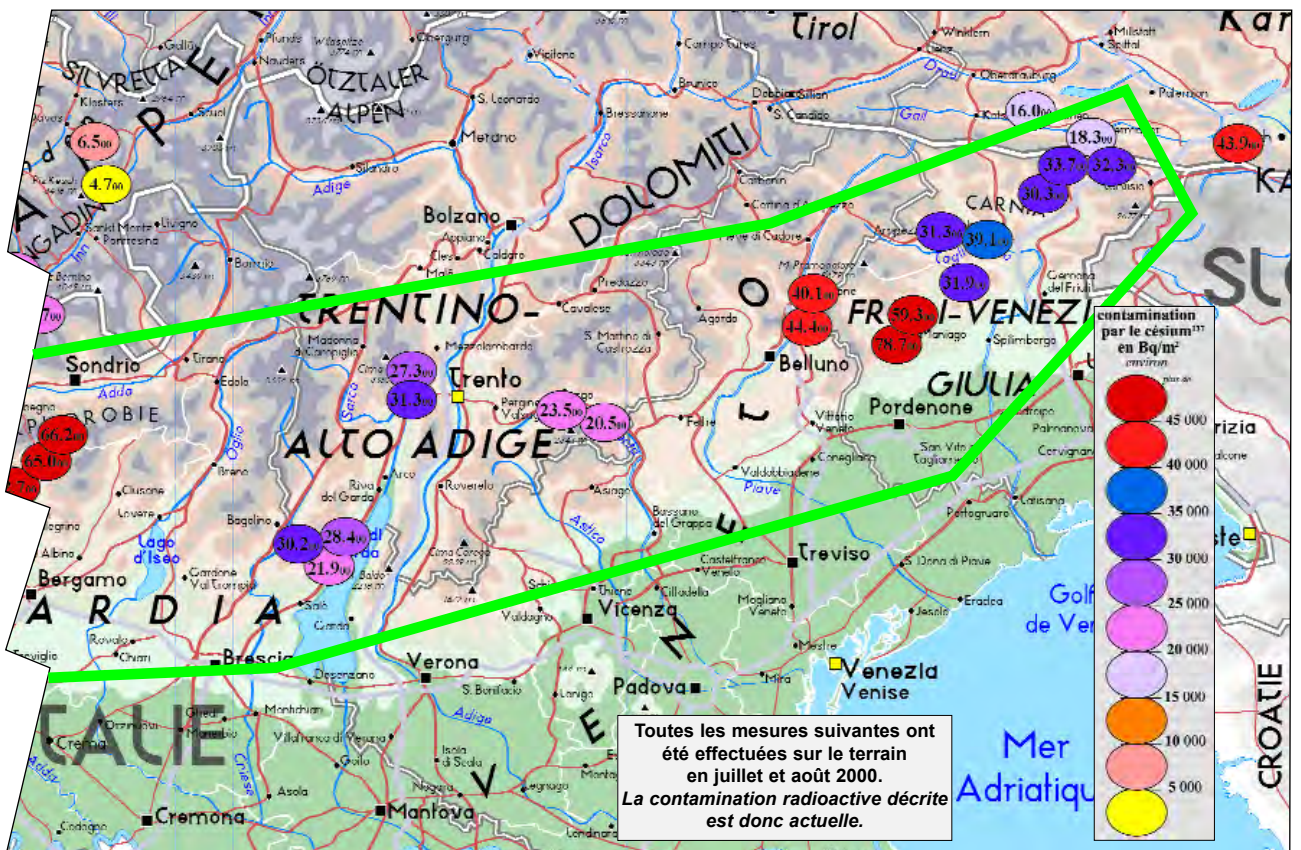
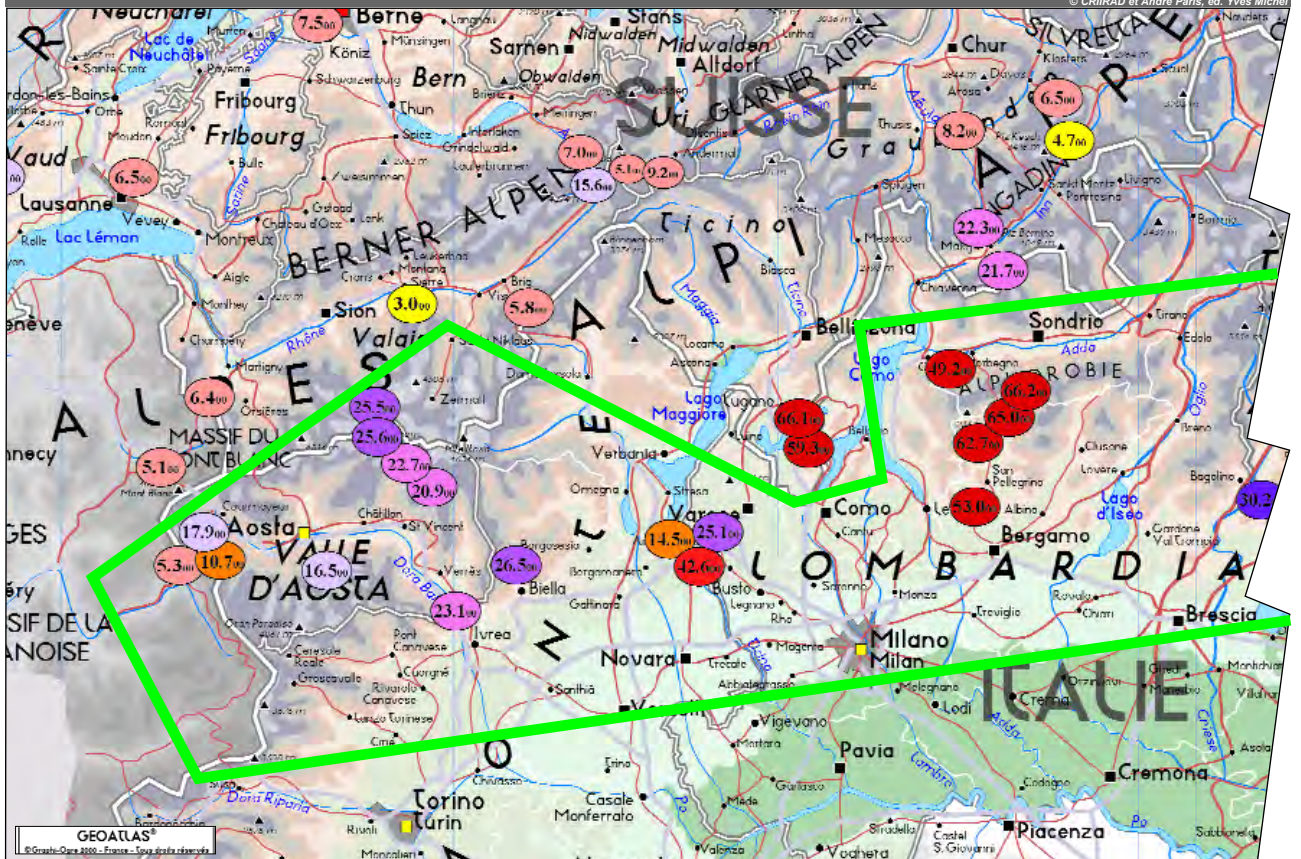


Sur ce document porté à la connaissance internationale - et pouvant avoir l'ambition de servir celle-ci - la contamination en césium¹³⁷ du territoire corse est partout et uniformément affirmée à une valeur inférieure à 1 000 Bq/m² (rapportée à la date de 1986).

Dûment revendiqué et signé, ce **type d'information** ne relève d'aucune **réalité**.

l'Italie du nord

© CRIIRAD et André Paris, éd. Yves Michel



L'apparechio di misura utilizzato è posato sul suolo. Questo strumento analizza l'irraggiamento gamma che riceve al suo livello ; la più grande partita di questo irraggiamento è trasmessa dal suolo. L'analisi dell'irraggiamento gamma trasmessa dal suolo permette :

1° - D'identificare un certo numero di corpi che emettono gli irraggiamenti gamma.

2° - Di misurare l'intensità dell'irraggiamento gamma trasmesso alla superficie del suolo dai differenti corpi identificabili.

Più l'irraggiamento di un corpo radioattivo è intenso alla superficie del suolo e più questo corpo è presente nel suolo. Ma la relazione non è rigorosa tra la quantità del corpo radioattivo presente nel suolo e il livello del suo irraggiamento gamma misurata alla superficie del suolo. A quantità uguale, un corpo radioattivo più profondamente sotterrato nel suolo sarà meno « visto » di poi la superficie del suolo che un corpo meno sotterrato. In ragione di questo fatto, i valori di contaminazione comunicati in « Becquerels per metri quadri » sono approssimazioni medie.

L'apparechio di misura registra un « immagine » della radioattività « vista » alla superficie del suolo. Questa immagine permette una valutazione visiva e diretta dell'ampiezza dei fenomeni descritti.

La contaminazione radioattiva, facilmente rivelata di poi la superficie del suolo, è praticamente sempre dovuta dal cesium¹³⁷.

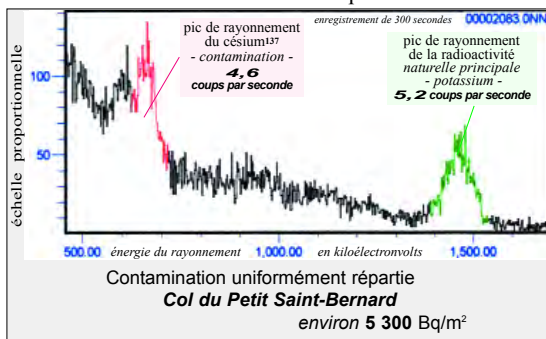
- La misura della **contaminazione uniformemente ripartita** riguarda uno stato di contaminazione identica sopra tutta la superficie del terreno del settore di misura.

- La misura dell'**accumulazione della contaminazione** corrisponde a un valore locale di contaminazione risultante di un meccanismo particolare di ridistribuzione della contaminazione che ha funzionato nel senso della sua accumulazione.

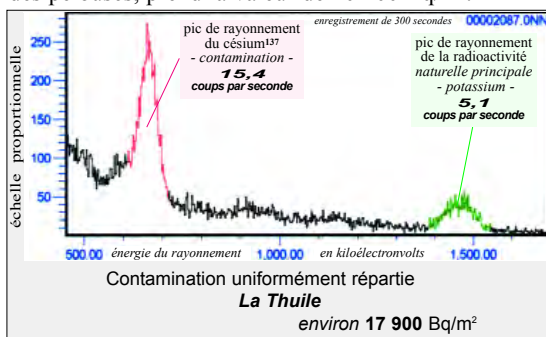
L'*Italie du nord va être parcourue d'ouest en est. Les mesures sont discontinues. Les situations rencontrées sont décrites. L'inventaire des situations est forcément incomplet.*

◆ LE VAL D'AOSTE

• En haut du **Col du Petit Saint-Bernard**, sur les grandes pelouses, la contamination uniformément répartie est mesurée à la valeur de **5 300 Bq/m²** :



À 180 m d'altitude plus bas, du côté italien, la contamination uniformément répartie, mesurée sur les grandes pelouses, prend la valeur de **10 700 Bq/m²**.



• Au-dessus du bourg de **la Thuile** en direction de **Colle San Carlo**, la contamination uniformément répartie, sur le sol forestier, est mesurée à la valeur de **17 900 Bq/m²**.

• Au sommet du **Colle San Carlo**, sur le sol forestier, la contamination uniformément répartie montre la valeur de **14 000 Bq/m²**.

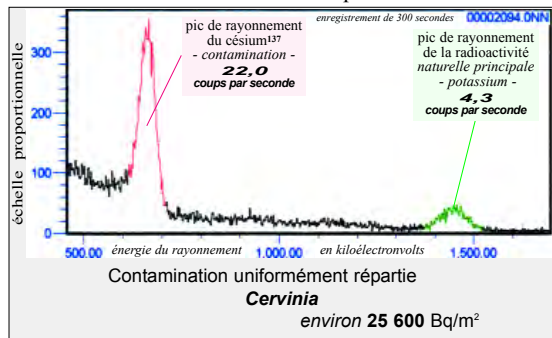
Dans cette partie ouest du Val d'Aoste, la contamination baisse sensiblement lorsque l'altitude augmente.

• À **Cogne**, sous le village, la valeur de la contamination uniformément répartie est mesurée à la valeur de **16 500 Bq/m²**. Elle très proche de celle mesurée à **la Thuile**.

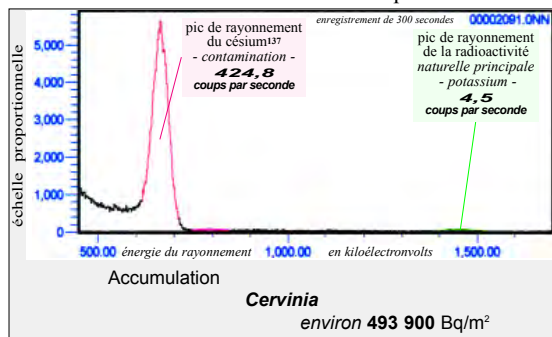
◆ LE VAL TOURNENCHE

• Au-dessus du village de **Valtournenche**, sur les pelouses, deux mesures de la valeur de la contamination uniformément répartie donnent les valeurs de **20 900 Bq/m²** et de **22 700 Bq/m²**.

• À **Cervinia**, sous la Station, devant le parking des camping-cars, sur les pelouses*, deux mesures de la contamination uniformément répartie donnent les valeurs de **25 500** et de **25 600 Bq/m²** :



Sur ce secteur de **Cervinia**, dans les creux des pelouses, des accumulations de contamination sont présentes. Sur l'une de ces accumulations, localement, on a mesuré la valeur de contamination de **493 900 Bq/m²** :



Un carottage de sol effectué sur cette dernière accumulation et analysé en 1997 par le laboratoire de la CRIIRAD, a donné la valeur de contamination de **17 960 Bq de césium¹³⁷ par kg de sol**.

Un autre carottage de sol effectué au nord de **Plan**

* **Pelouse**, milieu sauvage où pousse l'herbe rase.

Maison, également sur une forte accumulation de contamination, et analysé par le même laboratoire, a donné la valeur de contamination de **106 600 Bq** de césium¹³⁷ par kg de sol.

Le **accumulazioni montanare di contaminazione** si incontrano in altitudine. Si trovano a un'altitudine di circa 1 500 m. Sono molto intense frequentemente circa 2 000 m d'altitudine.

Ce type d'accumulation de contamination résulte d'un mécanisme particulier de redistribution de la contamination. Celle transportée dall'atmosfera si è posata sul mantello nevoso residuale. Poi nel momento dello scioglimento di quello, i luoghi montanari dopo avere preferibilmente aspirato e filtrato in più grande quantità l'acqua dello scioglimento delle nevi, hanno formato queste accumulazioni di contaminazione.

Le **accumulazioni montanare** presentato localmente ma frequentemente forti valori di contaminazione podendo trasformare il suolo in uno « scarto radioattivo ».

Le **accumulazioni di contaminazione** sono state incontrate sull'insieme dell'Arco Alpino.

◆ LA RÉGION DE BIELLA

Nous sommes dans les collines bordant la **Plaine Milanaise** à 70 km à l'ouest de **Milan**.

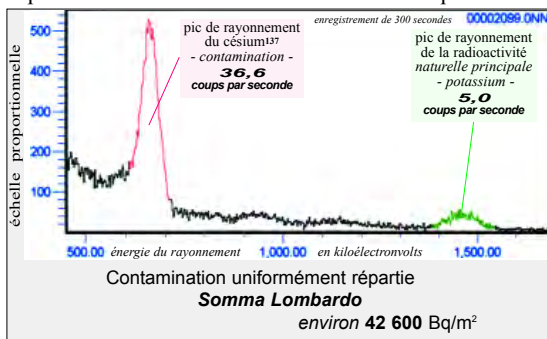
• Au sud-ouest de **Biella**, à **Bollengo**, sur un sol forestier de châtaigniers, la contamination uniformément répartie est mesurée à la valeur de **23 100 Bq/m²**.

• Du côté est de la cité de **Biella**, au village de **Ronco Biella**, un sol forestier d'arbres feuillus donne la valeur de contamination uniformément répartie de **26 500 Bq/m²**. Dans la région de **Biella**, les deux secteurs de mesure donnent des valeurs de contamination proches.

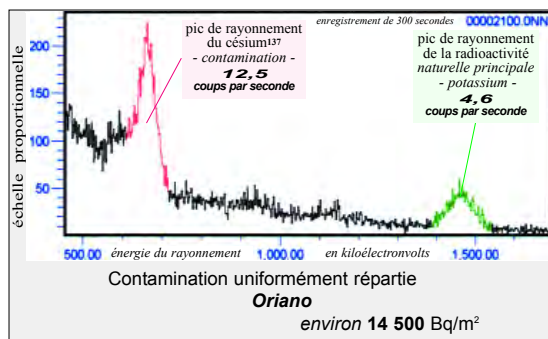
◆ LA RÉGION DE GALLARATE, À LA POINTE SUD DU LAC MAJEUR

Trois secteurs de mesure dans cette région donnent les valeurs de contamination uniformément répartie suivantes :

• À l'ouest du bourg de **Somma Lombardo**, sur un sol forestier de chênes, la contamination uniformément répartie est mesurée à la valeur de **42 600 Bq/m²** :



• Au village d'**Oriano**, au nord-est de **Sesto Calende**, sur le sol forestier d'une pinède, la contamination uniformément répartie présente la valeur de **14 500 Bq/m²** :

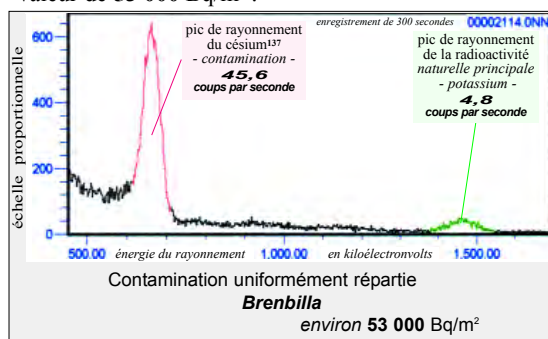


• À l'est de **Sesto Calende**, sur le sol forestier d'une pinède, la contamination uniformément répartie est mesurée à la valeur de **25 100 Bq/m²**. Dans cette région de **Gallarate**, les trois secteurs de mesure montrent des niveaux de contamination rapidement variables. Cette rapide variation des niveaux de contamination sur de courtes distances est un fait qui se rencontre fréquemment en **Europe occidentale**.

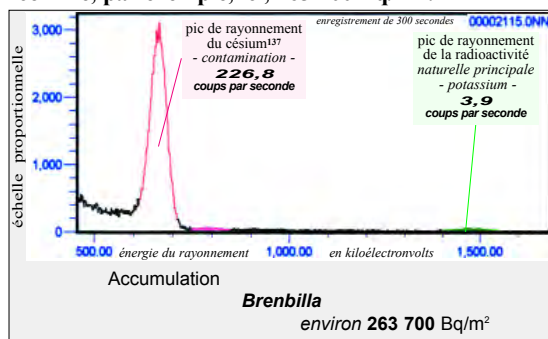
Pour les mesures au sud-est de **Lugano**, voir « la Suisse, p. 169 ».

◆ BERGAMO, COLLE SAN MARCO, MORBEGNO

• À **Brenbilla**, au nord de **Bergamo** et au sud-ouest de **San Pellegrino**, sur le sol forestier d'arbres feuillus, la contamination uniformément répartie est mesurée à la valeur de **53 000 Bq/m²** :



Sur ce même secteur de mesure, aux pieds des hêtres, systématiquement, on rencontre des accumulations de contamination étendues, de dimension pouvant être supérieure à 1 m, avec des valeurs importantes comme, par exemple, ici, **263 700 Bq/m²** :



Le **accumulations de contamination ai piedi dei faggi** risultano di una proprietà particolare que questa specie d'albero è praticamente la sola a possedere.

Il faggio capta l'acqua di poggia della ramatura e drena lo scolo lungo il tronco fino al piede, in un luogo précise e constante del suolo. Le accumulations di contaminazione alla base dei faggi sono situate in questo posto e più o meno stesse nel suolo interno a lui.

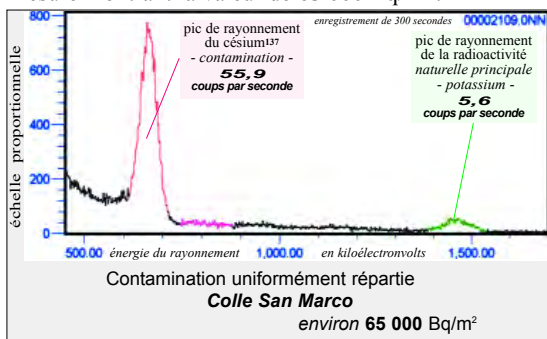
Le accumulations di contaminazione ai piedi dei faggi riflettono l'importanza dell'apporto pluviale di contaminazione.

In altitudine, questo tipo di accumulatione può sfumare quando le precipitazioni contaminante sono state sotto la forma di neve.

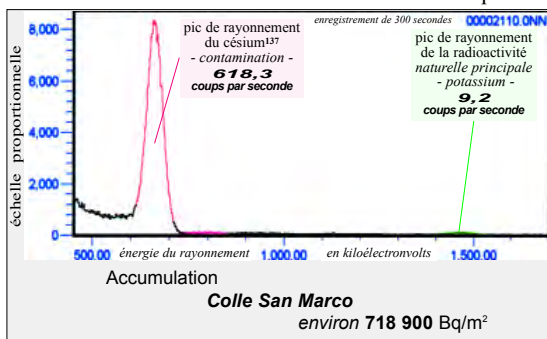
Praticamente tutti i faggi di Europa presentano un'accumulatione di contaminazione alla loro base.

• À la **Madona del Nevi**, sur le sol forestier des sapins, la valeur de la contamination uniformément répartie est mesurée à la valeur de **62 700 Bq/m²**.

• Autour du **Colle San Marco**, en versant nord comme en versant sud, les différentes mesures effectuées sur les grandes étendues de pelouses, montrent des valeurs de contamination uniformément réparties comprises entre **65 000** et **66 200 Bq/m²**. Voici l'enregistrement de la mesure montrant la valeur de **65 000 Bq/m²** :



Dans cet environnement du **Colle San Marco**, notamment dans les innombrables combes offertes par la topographie montagnarde, les accumulations de contaminations sont également innombrables et de fortes valeurs. Voici, sur l'une d'entre elles, localement, l'enregistrement de la valeur de contamination de **718 900 Bq/m²** :



• Juste au-dessus de **Morbegno**, sur le sol forestier des châtaigniers, on a mesuré la valeur de contamination uniformément répartie de **49 200 Bq/m²**.

Cette traversée des **Alpes Bergamasques** a permis de mesurer des valeurs de contamination élevées, et

ceci depuis le bas et jusqu'en haut de cette chaîne montagneuse. Les importantes accumulations de contamination aux pieds des hêtres soulignent l'apport de la contamination par la pluie.

◆ L'OUEST DU LAC DE GARDE

• Trois secteurs de mesures : à l'**ouest de Tignale**, au **nord de Tignale**, à **Tremosine**, donnent des valeurs de contamination uniformément répartie proches et comprises entre **21 900 Bq/m²** et **30 200 Bq/m²**.

Certains enregistrements sont effectués sur des sols forestiers, d'autres sur des pelouses.

◆ LA RÉGION DE TRENTO

• Deux secteurs de mesures sont situés 6 km à l'ouest de **Trento**, l'un sur une pelouse et l'autre sur un sol forestier de pins. Les valeurs mesurées de la contamination uniformément répartie sont de **27 300** et de **31 300 Bq/m²**.

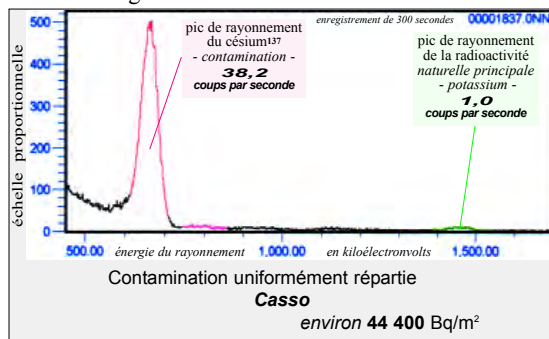
• Deux autres secteurs de mesure sont situés entre **Borgo Valsugana** et **Olle**, à une distance de 25 km à l'**est de Trento**. Les enregistrements sont effectués sur le sol forestier de pinèdes et donnent les valeurs de **23 500** et de **20 500 Bq/m²**.

Dans la région de **Trento**, les valeurs de contamination mesurées sur ces quatre secteurs distants, sont comprises entre environ **20 000** et **30 000 Bq/m²**.

◆ LA RÉGION ENTRE BELLUNO ET TOLMEZZO, AU NORD-OUEST D'UDINE

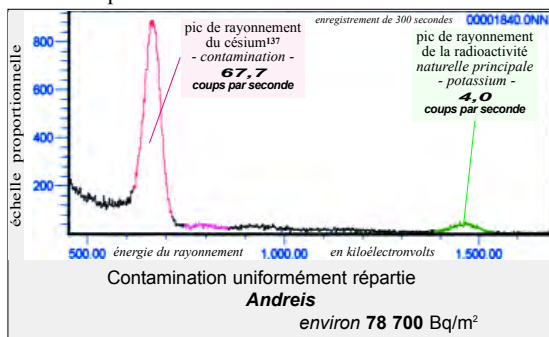
• À **Casso**, à l'est de **Longarone**, la première mesure est réalisée dans une prairie sous le village, elle donne la valeur de contamination uniformément répartie de **40 100 Bq/m²**.

Le deuxième secteur est implanté sur une pelouse au milieu du glissement de versant ayant comblé la retenue du barrage. La valeur mesurée est de **44 400 Bq/m²** ; voici l'enregistrement de cette mesure :

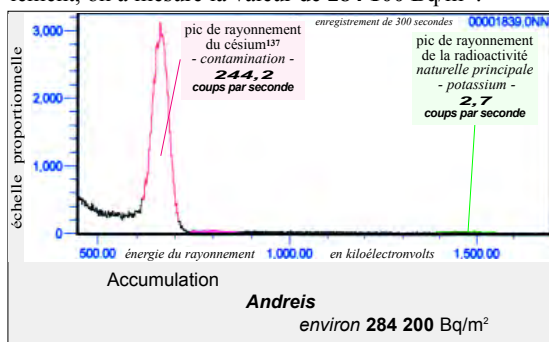


• À côté d'**Andreis**, en haut du **Val Cellina**, sur le sol forestier de sapins, la contamination uniformément répartie est mesurée à la valeur de **59 300 Bq/m²**.

• À peu de distance, 1 km à l'ouest du **Forcella di Pala Barzana**, sur le sol forestier des sapins, la contamination uniformément répartie présente la valeur de **78 700 Bq/m²** :



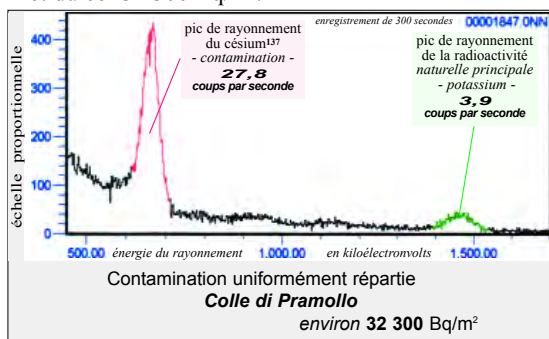
Sur ce même secteur, les pieds des hêtres présentent systématiquement des accumulations étendues et puissantes de contamination. Sur l'une de ces accumulations, localement, on a mesuré la valeur de **284 100 Bq/m²** :



• Autour d'**Ampezzo**, trois secteurs de mesure donnent des valeurs peu différentes malgré des écarts d'altitude notables. À **Forcola di M. Rest** **31 900 Bq/m²**, à **Mediis** près d'**Ampezzo** **31 300 Bq/m²**, à **Villa Santina** **39 100 Bq/m²**.

♦ LA RÉGION FRONTIÈRE DE PONTEBBA

• Là encore, malgré la différence d'altitude entre **Pontebba** et le **Colle di Pramollo**, les valeurs de la contamination uniformément répartie restent proches : au-dessus de **Pontebba** **30 300 Bq/m²**, à mi-pente du flanc sud du **Colle di Pramollo** **33 700 Bq/m²**, au sommet du col **32 300 Bq/m²**.



Voici, ci-contre, l'enregistrement de cette dernière mesure située à la frontière avec l'**Autriche**, sur un sol forestier de sapins.

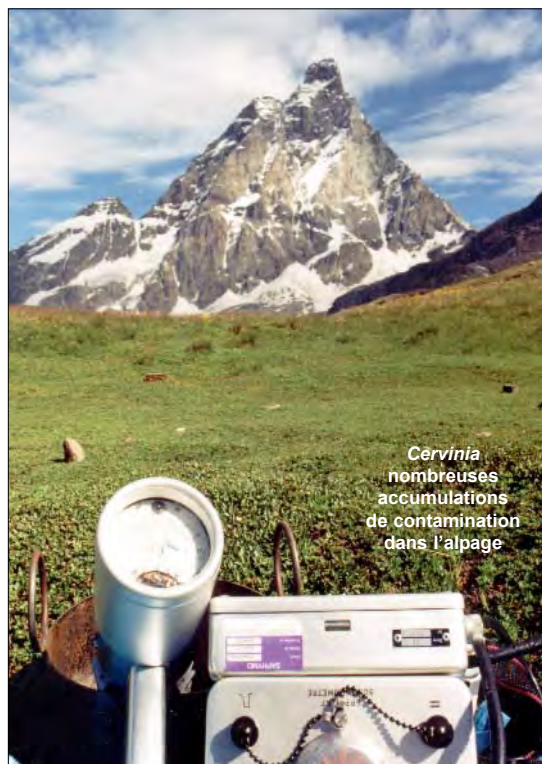
Depuis la proximité de la frontière avec la **France** jusqu'à la frontière avec l'**Autriche**, cette trajectoire de mesures à travers l'**Italie du nord** présente des valeurs soutenues de contamination.

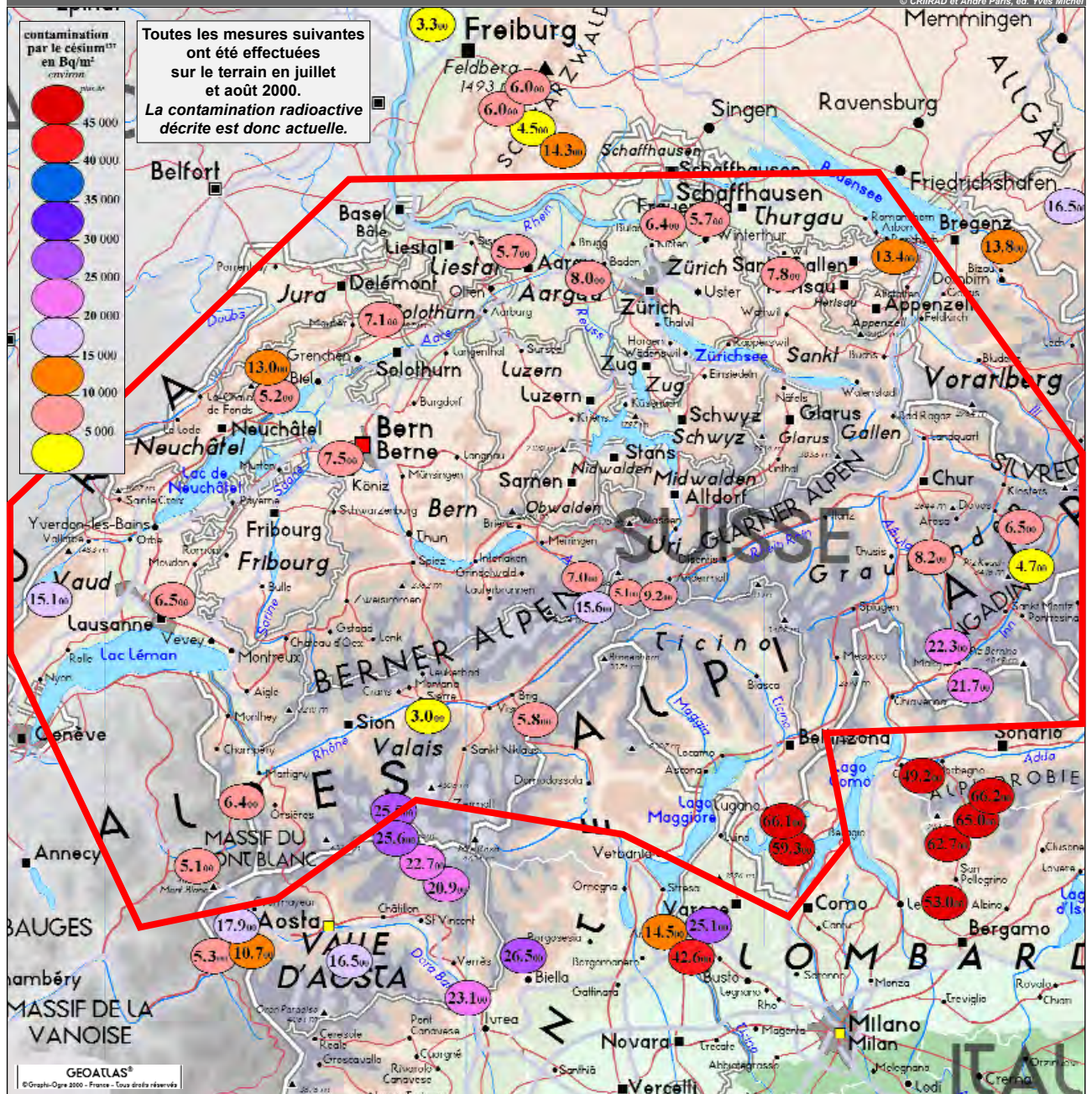
Les variations d'altitude ne sont pas déterminantes vis-à-vis des valeurs de la contamination uniformément répartie.

Certaines valeurs de contamination uniformément répartie rencontrées en Italie du nord sont parmi les plus élevées rencontrées en **Europe occidentale**.

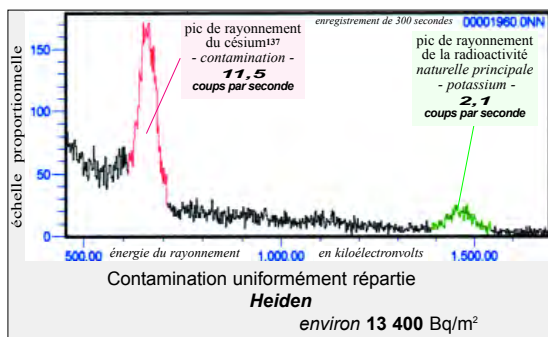


Territoires d'Europe occidentale où les niveaux les plus élevés de contamination radioactive actuelle ont été mesurés.





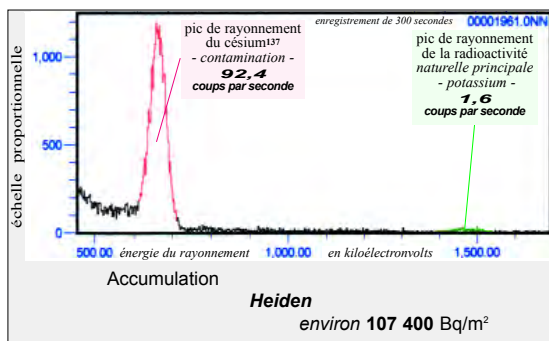
◆ LE PLATEAU SUISSE



À Heiden, à l'est de Saint-Gallen, sur le sol forestier des épicéas, la contamination uniformément répartie est mesurée à la valeur de 13 400 Bq/m². Voici, ci-contre, l'enregistrement de cette mesure.

Cette valeur de 13 400 Bq/m² mesurée 20 km à l'est de Saint-Gallen est très proche de la valeur de 13 800 Bq/m² rencontrée en Autriche, à Krumba, au nord-est de Dornbirn.

Sur ce secteur de Heiden, aux pieds des hêtres, les accumulations de contamination sont systématiques. Sur l'une de celles-ci, localement par effet d'accumulation, on a mesuré la valeur de 107 400 Bq/m² :



The accumulation of contamination at the foot of beech-trees (*Fagus sylvatica*) is caused by a specific characteristic that this tree species is practically the only one to have.

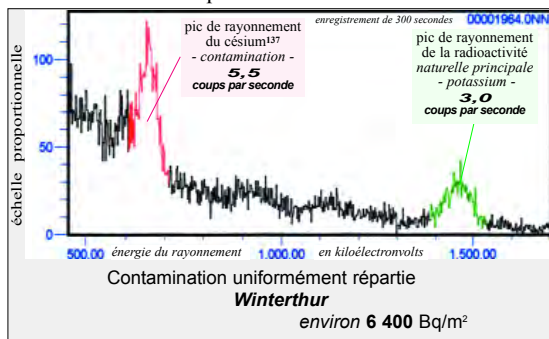
The beech captures rain water on its top branches and drains the run-off along its trunk to the base, at a precise and constant location. The Beech tree contamination accumulations are located at this point and are more or less widely extended on the soil around it.

The Beech tree contamination accumulations reflect the importance of rain-borne contamination.

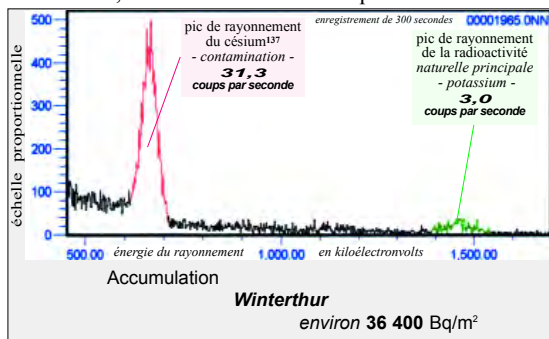
In elevation, this type of accumulation can diminish and disappear, when the contaminating precipitations were in the form of snow.

Practically all the beech trees of Europe show a contamination accumulation at their base.

- Au nord de **Winterthur** (4 km), deux secteurs de mesure implantés sur le sol forestier de feuillus, présentent les valeurs de contamination uniformément répartie de 5 700 et de 6 400 Bq/m² :



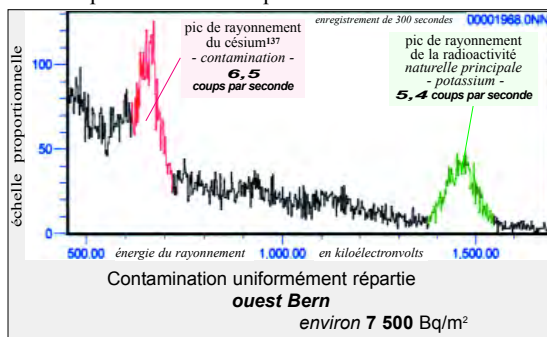
Sur ces secteurs, aux pieds des hêtres, les accumulations de contamination rencontrées peuvent être mesurées, localement, à la valeur de 36 400 Bq/m² :



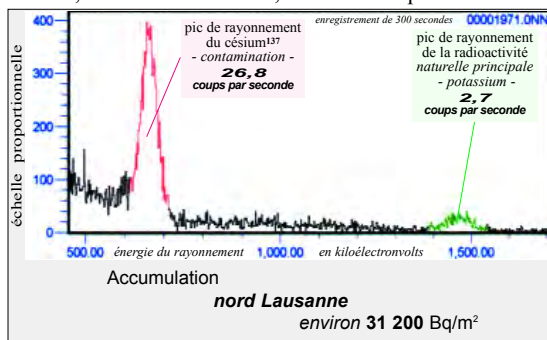
- À l'ouest de **Baden** (7 km), la contamination uniformément répartie est mesurée à la valeur de 8 000 Bq/m²,

tandis que, localement, les accumulations de contamination aux pieds des hêtres sont rencontrées à la valeur de 22 500 Bq/m².

- À l'ouest de **Bern** (8 km), le sol forestier d'arbres feuillus montre la valeur de contamination uniformément répartie de 7 500 Bq/m² :



- Au nord de **Lausanne** (7 km), la contamination uniformément répartie est mesurée à la valeur de 6 500 Bq/m². Sur ce secteur de mesure, les accumulations de contamination aux pieds des hêtres sont rencontrées avec la valeur, mesurée localement, de 31 200 Bq/m² :



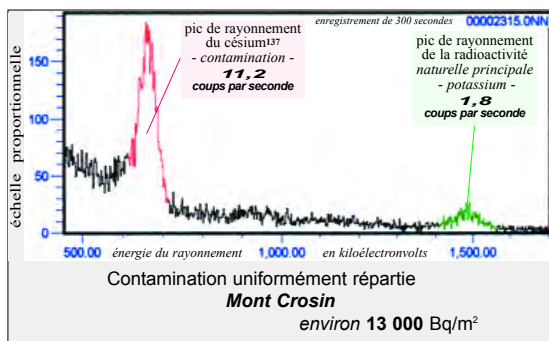
◆ LE JURA SUISSE

- À **Gansbrunnen**, 10 km au nord de **Solothurn**, sur le sol forestier de feuillus, la contamination uniformément répartie est mesurée à la valeur de 7 100 Bq/m². Les accumulations de contamination aux pieds des hêtres donnent, localement, la valeur de 29 600 Bq/m².

- Au nord de **Saint-Imier**, sur le plateau du **Mont Crosin**, le sol forestier des sapins présente la valeur de contamination uniformément répartie de 13 000 Bq/m² (ci-après).

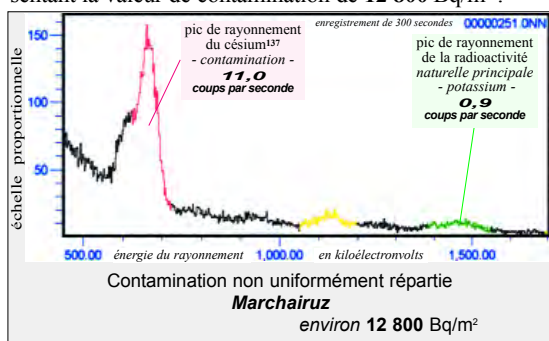
La dissolution du calcaire supportant ce genre d'environnement provoque de nombreux creux à la surface du terrain. Comme il est très habituel partout en **Europe**, ces creux sont le siège d'accumulations de contamination qui peuvent présenter des intensités diverses.

Ici, dans le pâturage, localement par effet d'accumulation, le moindre creux présente la valeur de contamination de 21 600 Bq/m².



• Sur le flanc ouest du **Chasseral**, dans la pâture, la contamination uniformément répartie est mesurée à la valeur de 5 200 Bq/m². Dans les creux du terrain, les accumulations de contamination sont systématiquement présentes ; deux mesures effectuées sur ces accumulations donnent, localement, les valeurs de 58 100 et de 60 000 Bq/m².

• Sur le plateau du **Marchairuz**, au-dessus du **Brassus**, à l'ouest de **Lausanne**, la morphologie particulière du terrain fait osciller la contamination entre deux valeurs. La surface du terrain présente une succession de petits dômes en raison des phénomènes de gel affectant le sol (*sols polygonaux*). Sur ces petites hauteurs de quelques décimètres de haut, la contamination est mesurée à la valeur de 12 800 Bq/m², tandis qu'autour, les auréoles légèrement déprimées présentent une valeur de 17 500 Bq/m². Le site a été caractérisé par une valeur de contamination située à la moyenne de ces mesures oscillantes, soit 15 100 Bq/m². Voici l'enregistrement d'une mesure présentant la valeur de contamination de 12 800 Bq/m² :

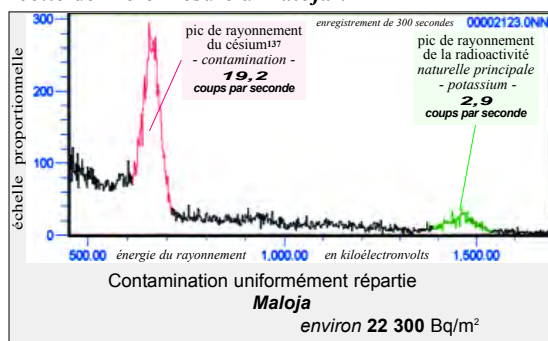


◆ LA SUISSE CENTRALE

Au sud de l'**Ober-Engadin**, à **Morbegno**, en **Italie** dans la vallée de l'**Adda**, la valeur de contamination uniformément répartie de 49 200 Bq/m² est décrite [*Italie du nord*, p. 164] dans le contexte des forts niveaux de contamination affectant les **Alpes Bergamasques**.

• À **Löbbia** et à **Maloja**, en **Suisse** au sud-ouest de **Saint-Moritz**, les sols forestiers de sapins et de pins présentent deux valeurs très proches de contamination uniformément répartie, respectivement de

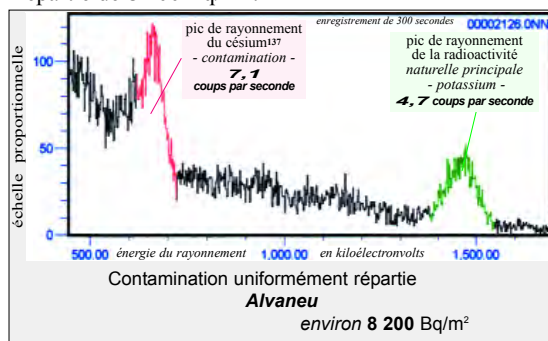
21 700 et de 22 300 Bq/m². Voici l'enregistrement de cette dernière mesure à **Maloja** :



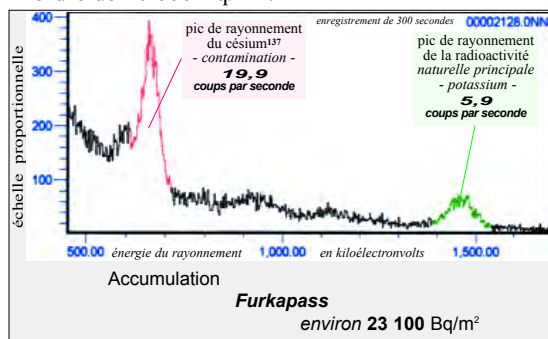
• À **Brail**, au sud-ouest de **Zernez**, la contamination uniformément répartie est mesurée à la valeur de 4 700 Bq/m² sur le sol forestier de sapins.

• Au **Flüelapass**, au sud-est de **Davos**, les vastes pelouses donnent une contamination uniformément répartie de 6 500 Bq/m².

• À **Alvaneu**, à l'est de **Tiefencastel**, le sol forestier des pins présente la valeur de contamination uniformément répartie de 8 200 Bq/m² :



• Dans les pentes du côté est du **Furkapass**, les pelouses, hors de tout creux, montrent la valeur de contamination uniformément répartie de 9 200 Bq/m². Dans cet alpage, le moindre creux présente des valeurs locales dues à l'accumulation de la contamination. Ici, le phénomène reste d'ampleur limitée avec des valeurs de contamination typiquement de l'ordre de 20 000 Bq/m² :



Mountains contamination accumulations are found in high elevations. They appear starting at 1 500 meters above sea-level, approximately. They are frequently very intense towards 2 000 meters above sea-level. This type of contamination accumulation results from a particular redistribution mechanism. The contamination, arriving via the atmosphere, landed on the residual snow cover. Afterwards, as the snow cover melted, the locations which absorbed and filtered the water of the melting snow formed this type of contamination accumulation.

The mountainous accumulations show, locally but frequently, high values of contamination which can qualify the soil as radioactive waste. Mountains contamination accumulations have been found in the entire *Alpine arc*.

• Le flanc ouest du **Furkapass** avec **5 100 Bq/m²** et le **Grimselfpass** avec **7 000 Bq/m²** présentent des valeurs proches de contamination uniformément répartie.

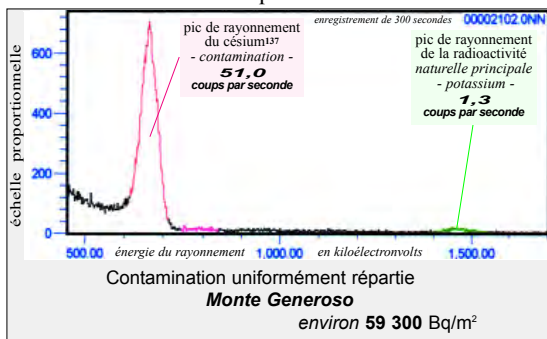
• La valeur de **15 600 Bq/m²** relevée à **Gletsch** est probablement due à la stagnation des masses d'air contaminantes dans le fond de ce bassin topographique. Ce phénomène se retrouve fréquemment ailleurs en **Europe**.

• Les valeurs de contamination uniformément répartie mesurées au sud de **Brig** : **5 800 Bq/m²** et à **Sierre** : **3 000 Bq/m²** sont en accord avec la valeur de **6 400 Bq/m²** mesurée en **France**, à proximité de la frontière, au **Col des Montets**.

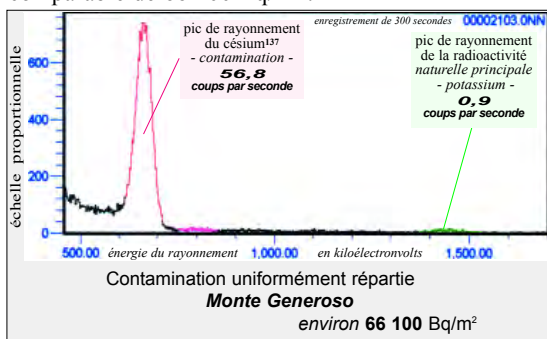
◆ LE TESSIN

• Un seul site a fait l'objet de mesures : au **Monte Generoso**, au sud-est de **Lugano**.

Sur le sol forestier de feuillus, la contamination uniformément répartie a été mesurée répétitivement à la valeur de **59 300 Bq/m²** :

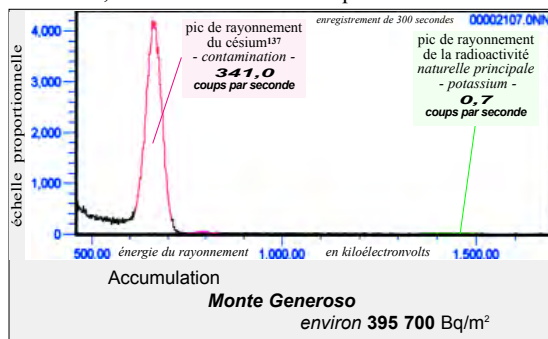


Sur le même site, mais sur les pelouses*, la contamination uniformément répartie a montré la valeur comparable de **66 100 Bq/m²** :

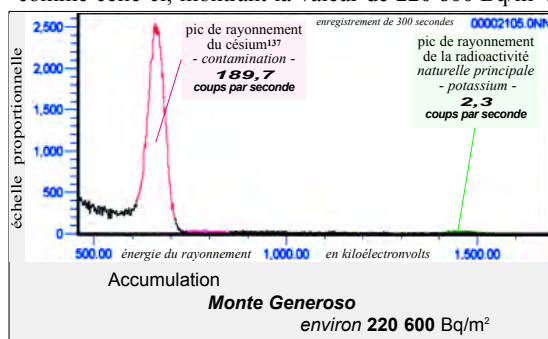


* **Pelouse**, milieu sauvage où pousse l'herbe rase.

Sur ce site, aux pieds des hêtres, les accumulations de contamination ont donné, localement, par effet d'accumulation, la valeur de **395 700 Bq/m²** :



Toujours sur ce secteur, les égouts de toiture de la Maison Forestière, malgré leur mauvais état, ont produit de multiples accumulations de contamination comme celle-ci, montrant la valeur de **220 600 Bq/m²** :



À travers la **Suisse**, les secteurs de mesure restent trop épars pour étayer une conclusion complète.

Néanmoins, la cohérence entre les valeurs mesurées permet de dégager les tendances suivantes :

- Chaque secteur de mesure présente un certain niveau de contamination ; mais ceci est un fait extrapolable à la plus grande partie de l'**Europe**.
- Les valeurs de contamination mesurées sur le **Plateau Suisse** prolongent, avec une atténuation vers l'ouest, les valeurs rencontrées dans l'ouest de l'**Autriche** et dans le sud de l'**Allemagne**.

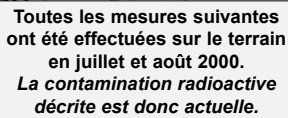
- Les valeurs de contamination **jurassiennes** peuvent varier géographiquement, comme cela se produit du côté français.

- Les fortes valeurs de contamination rencontrées dans les **Alpes Bergamasques** viennent se bloquer progressivement au sud de **Saint-Moritz**.
- Le **Tessin** paraît avoir été exposé à un apport contaminant pluvial soutenu.



Accumulations de la contamination au pied d'un hêtre.

© CRIIRAD et André Paris, éd. Yves Michel



Der Messapparat wird auf den Boden gestellt. Er analysiert die Gammastrahlen, die er in dieser Höhe empfängt ; der größte Teil davon wird von der Erde ausgestrahlt. Durch die Analyse dieser Gammastrahlen aus der Erde kann man

1) Eine gewisse Zahl von Körpern identifizieren, die Gammastrahlen entsenden

2) Die Intensität der Gammastrahlen messen, die an der Erdoberfläche von den verschiedenen identifizierbaren Körpern entsendet werden.

Je intensiver die Ausstrahlung eines radioaktiven Körpers an der Erdoberfläche ist, desto größer ist das Quantum dieses in der Erde vorhandenen Stoffes. Aber es besteht kein präziser Zusammenhang zwischen der Menge radioaktiven Stoffes in der Erde und dem Niveau seiner an der Erdoberfläche gemessenen Gammastrahlung. Ist ein radioaktiver Stoff tiefer in die Erde eingegraben, so kann man ihn schwieriger entdecken als einen anderen Körper, der - in gleicher Menge - weniger tief steckt. Deshalb sind die in Becquerel pro Quadratmeter angegebenen Verseuchungswerte als Näherungswerte zu betrachten.

Der Messapparat zeichnet ein " Bild " der Radioaktivität auf, das man an der Erdoberfläche " sieht ".

Mit diesem "Bild" kann man auf visuelle und direkte Weise das Ausmaß der beschriebenen Phänomene schätzen.

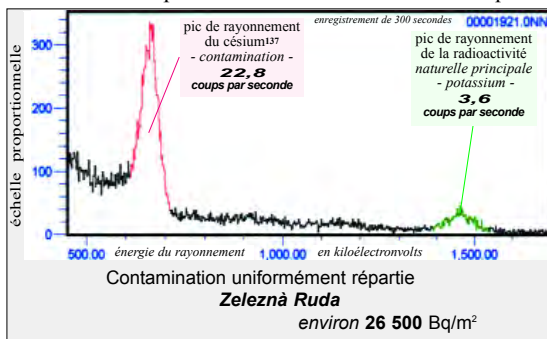
Die von der Erdoberfläche aus leicht ausfindig gemachte radioaktive Verseuchung ist so gut wie immer auf das Cäsium 137 zurückzuführen.

-Die Messung der gleichmäßig verteilten Verseuchung betrifft einen Verseuchungsstand, der auf der Gesamtfläche des Messungsgebiets gleich ist.

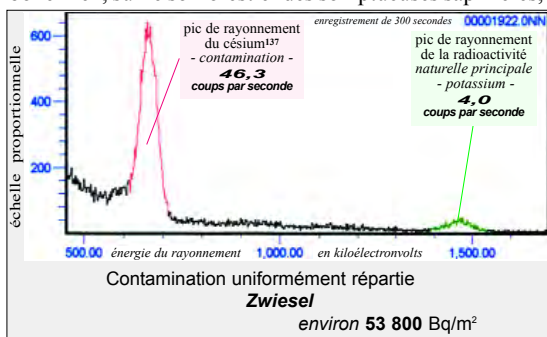
-Die Messung einer Anhäufung von Verseuchung entspricht einem lokalen Verseuchungswert, der durch einen besonderen Mechanismus der Umverteilung der Verseuchung entstanden ist, der zu einer Anhäufung geführt hat.

◆ BAYERISCHER WALD (SUD-OUEST DES MONTS DE BOHÊME)

Sur les *Monts de Bohême*, entre le bourg tchèque de *Zelezná Ruda* et la frontière délimitant la *République tchèque* et l'*Allemagne*, sur le sol forestier des grandes forêts de sapins, la contamination uniformément répartie montre la valeur de **26 500 Bq/m²** :

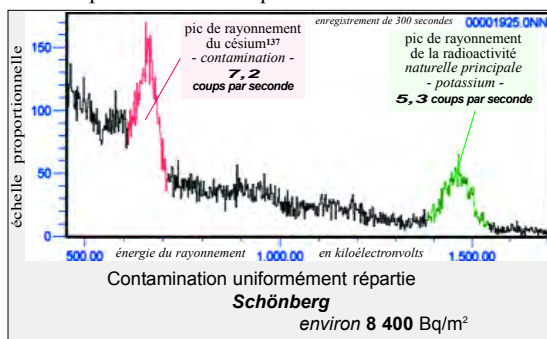


• À *Zwiesel*, environ à mi-pente du flanc ouest du relief bohémien, sur le sol forestier des somptueuses sapinières,



la contamination uniformément répartie est mesurée à la valeur de **53 800 Bq/m²** (*ci-contre*).

• Vers le sud, en direction de *Passau*, cité située au confluent de l'*Inn* et du *Danube*, à la frontière avec l'*Autriche*, les valeurs de la contamination évoluent de la manière suivante : au nord-est de *Regen* (5 km) **31 800 Bq/m²**, à *Rinchnach* **18 100 Bq/m²**, à *Schönberg* **8 400 Bq/m²**, à *Soldenbrg* **9 100 Bq/m²**, à *Passau* **4 400 Bq/m²**. Pour compléter le panorama visuel de cette évolution des valeurs de la contamination, voici l'enregistrement effectué à *Schönberg*, sur le sol forestier des sapins et montrant la valeur de contamination uniformément répartie de **8 400 Bq/m²** :

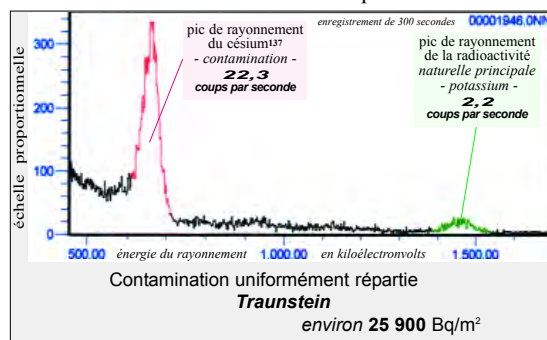


La valeur mesurée à Zwiesel, avec 53 800 Bq/m², est particulière. Signalons que de fortes valeurs rencontrées dans une dépression située en contrebas d'un relief marqué est une disposition de la contamination qui, sans être générale, se rencontre fréquemment.

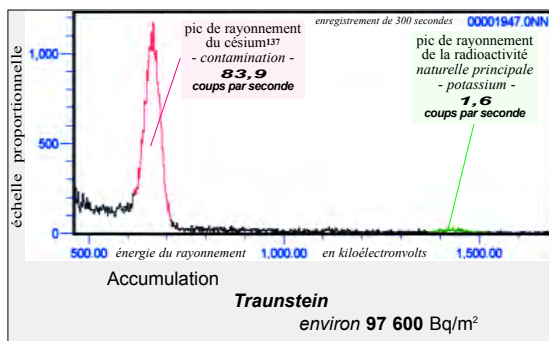
• Au sud de *Passau*, en *Autriche*, les valeurs de la contamination vont à nouveau fortement évoluer [voir l'*Autriche*, p. 174].

◆ LA BAVIÈRE

• À *Traunstein*, à l'ouest de *Salzburg*, sur le sol forestier des sapins, la contamination uniformément répartie est mesurée à la valeur de **25 900 Bq/m²** :



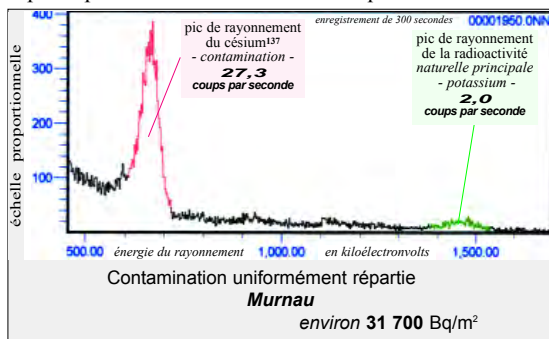
Dans les parages de ce secteur de mesure, les accumulations de contamination aux pieds des hêtres sont systématiques et, localement, sur une de ces accumulations on a mesuré la valeur de **97 600 Bq/m²** :



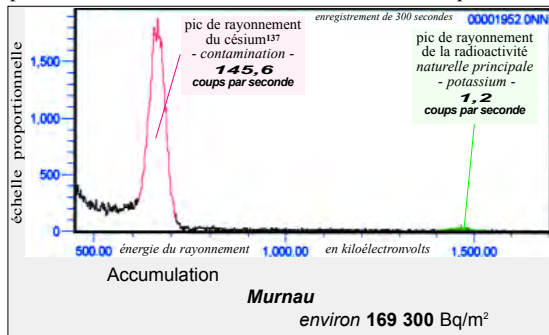
Die Verseuchungsanhäufungen am Fuße der Buchen sind auf eine Eigenart zurückzuführen, die nur diese Baumart besitzt. Die Buche fängt das Regenwasser mit ihrem eigenartig aufgerichteten Gezweig auf und leitet das abfließende Wasser an ihrem Stamm entlang bis hinunter zum Fuße, an einen bestimmten, immer gleichen Ort. Die Verseuchungsanhäufungen befinden sich an diesem Ort am Fuß der Buchen und mehr oder weniger verteilt in der Erde im Umkreis. Die Verseuchungsanhäufungen spiegeln den hohen Beitrag des Regenwassers zur Verseuchung wider. Im Hochgebirge kann diese Art von Anhäufung dadurch gemildert werden, daß die verseuchenden Niederschläge als Schnee erscheinen. So gut wie alle Buchen in Europa weisen eine solche Verseuchungsanhäufung an ihrem Fuß auf.

• Au sud-est de **Munich**, la contamination uniformément répartie a été mesurée à la valeur de **18 700 Bq/m²** à **Rosenheim** et à la valeur de **13 800 Bq/m²** du côté est de **Miesbach**.

• À **Murnau**, au nord de **Garmisch-Partenkirchen**, sur le sol forestier des sapins, la contamination uniformément répartie présente la valeur de **31 700 Bq/m²** :



Sur ce secteur, les accumulations de contamination aux pieds des hêtres sont présentes et l'on a mesuré, localement, par effet d'accumulation, la valeur de **169 300 Bq/m²** :



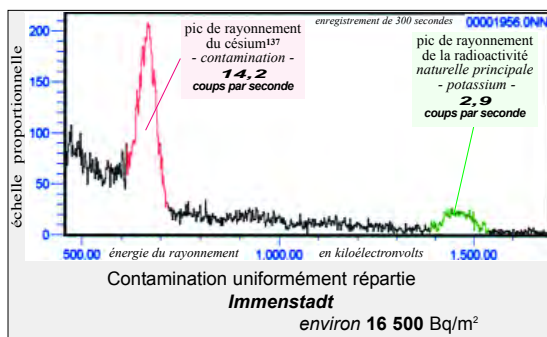
• À **Garmisch-Partenkirchen**, sur le plateau de l'Aalspitze, entre 2 000 m et 1 800 m d'altitude, on a rencontré de nombreuses et fortes accumulations montagnardes de contamination.



Die Gebirgsverseuchungsanhäufungen kommen im Hochgebirge vor. Sie erscheinen ab etwa 1500 Meter Höhe. Besonders stark sind sie häufig in ungefähr 2000 Meter Höhe zu spüren. Diese Art der Verseuchungsanhäufung entsteht aus einem bestimmten Mechanismus der Umverteilung der Verseuchung. Die von der Atmosphäre getragene Verseuchung hat sich auf den zurückgebliebenen Schnee gelegt. Später, bei der Schneeschmelze, haben sich dann an den Gebirgsorten, welche das Schmelzwasser in größeren Mengen aufgesaugt und gefiltert haben, solche Verseuchungsanhäufungen gebildet. In den Gebirgsanhäufungen kommen örtlich aber häufig hohe Verseuchungswerte vor, die den Boden in "Atom Müll" verwandeln können. Gebirgsverseuchungsanhäufungen sind im gesamten Alpenbiet gemessen worden.

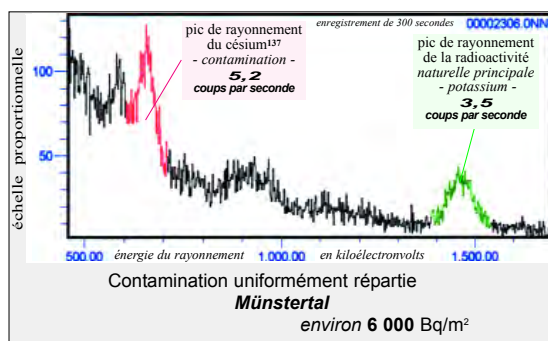
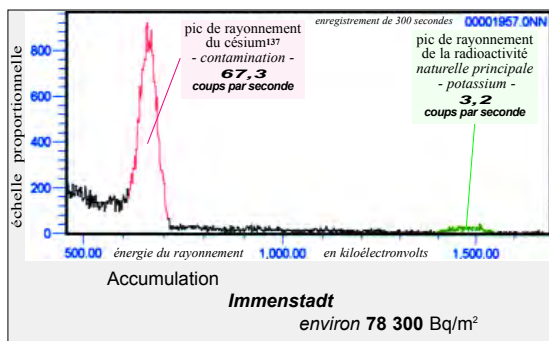
• Vers l'ouest, on a mesuré les valeurs de contamination uniformément répartie de : **25 100 Bq/m²** à **Wildsteig** entre **Oberammergau** et **Schongau**, **37 700 Bq/m²** à **Schwangau** près du **Forggensee**, **24 000 Bq/m²** à **Wertach** au sud de **Kempten**.

• À **Immenstadt**, sur le sol forestier de sapins mélangés de feuillus, la contamination uniformément répartie présente la valeur de **16 500 Bq/m²** :



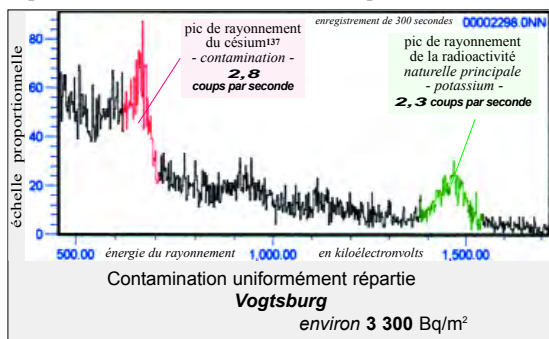
Tandis que, sur ce secteur, aux pieds des hêtres, localement, par effet d'accumulation, on a mesuré la valeur de **78 300 Bq/m²** (ci-après).

• Encore plus à l'ouest, la valeur de contamination uniformément répartie de **13 800 Bq/m²** mesurée en **Autriche** à **Krumma** au nord-est de **Dornbirn**, et la valeur de **13 400 Bq/m²** mesurée en **Suisse** à l'est de **St. Gallen**, prolongent cette trajectoire de mesures réalisées en **Bavière**.

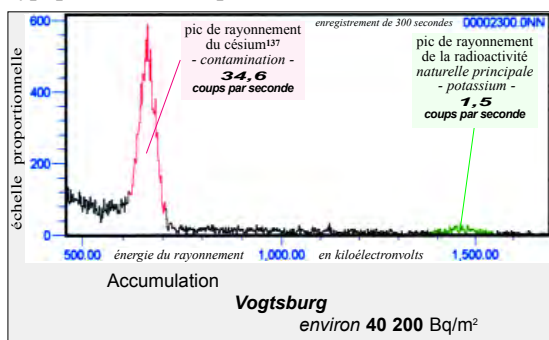


◆ BREISGAU

• Au nord et au sud du bourg de **Vogtsburg**, sur le sol forestier de feuillus, la contamination uniformément répartie montre la valeur de **3 300 Bq/m²** :



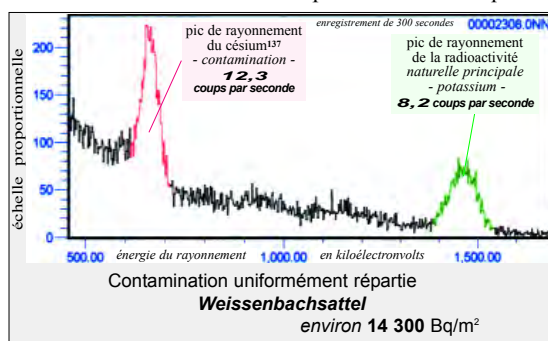
Sur ces mêmes secteurs de mesure, aux pieds des hêtres, on rencontre des accumulations de contamination étonnantes, de taille métrique. Répétitivement sur ces deux secteurs, localement sur ces accumulations de contamination aux pieds des hêtres, on a mesuré la valeur typique de **40 200 Bq/m²** :



• À l'est de **Münstertal**, sur deux secteurs de mesure situés sur le sol forestier au nord et au sud du **Wiedener-Eck**, la contamination uniformément répartie montre la valeur de **6 000 Bq/m²** (ci-après).

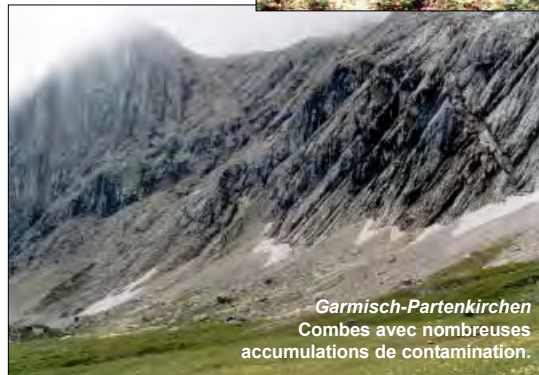
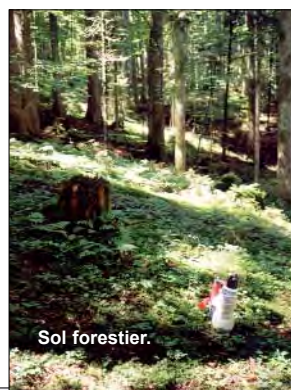
• À **Präg**, tout à fait au fond de la vallée, sur le sol forestier de sapins, on a mesuré la valeur de contamination uniformément répartie de **4 500 Bq/m²**.

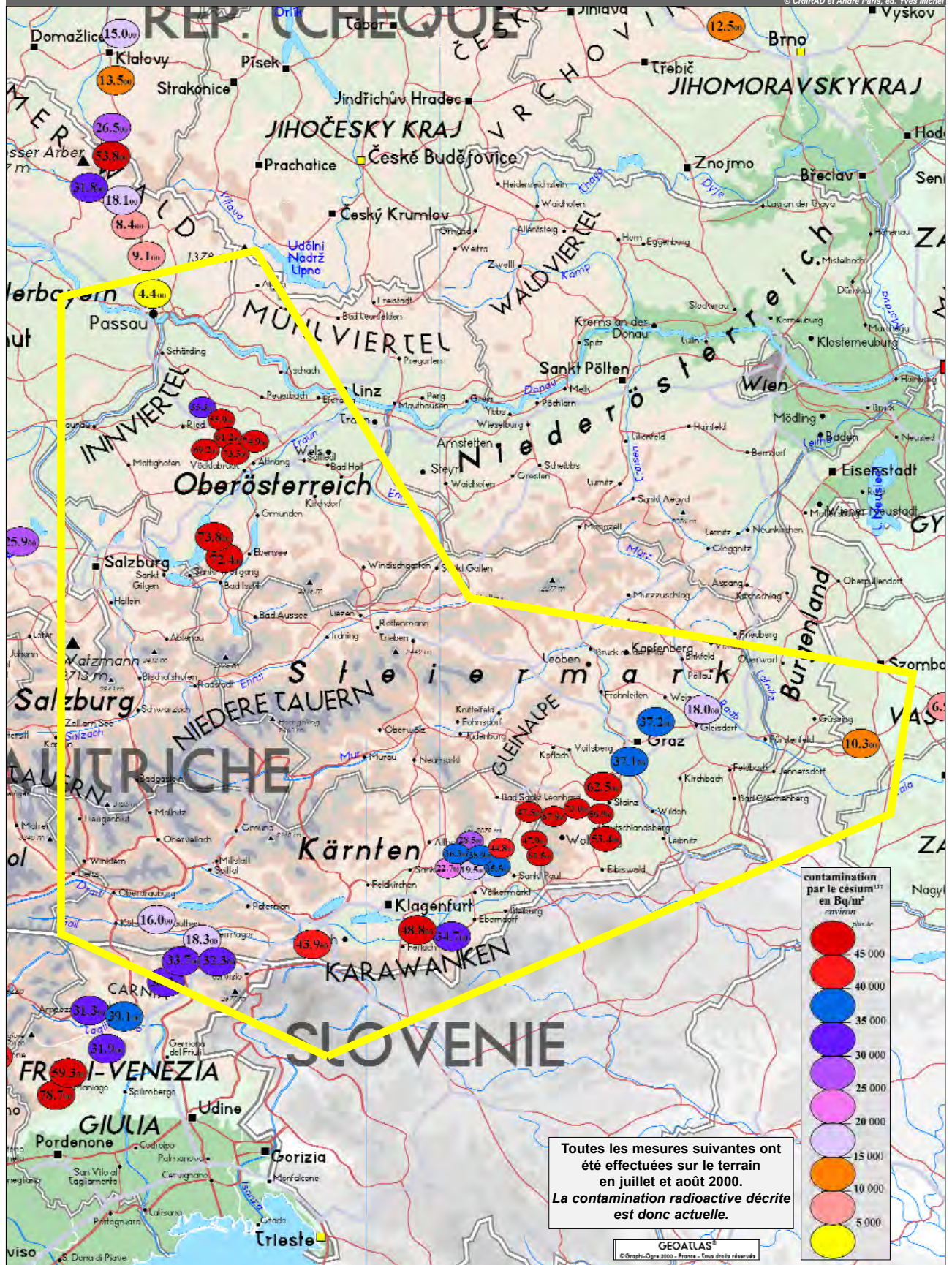
• À seulement 3 km en direction du sud, au **Weissenbachsattel**, le sol forestier des sapins présente une contamination uniformément répartie de **14 300 Bq/m²** :



Ces quelques secteurs de mesure, dans le **Breisgau**, montrent des variations notables de la contamination à quelques km de distance ; le même phénomène a été rencontré en **Alsace**.

Des accumulations de contamination aux pieds des hêtres présentant une valeur de plus de 10 fois celle de la contamination uniformément répartie, ne sont pas très fréquentes. Elles traduisent le phénomène d'une pluie abondante mais modérément chargée en contamination.



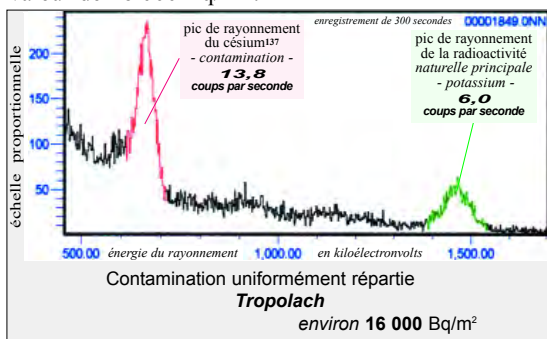


The measuring instrument registers an "image" of the radioactivity "seen" at the surface. This "image" allows direct visual evaluation of the importance of the described phenomena.

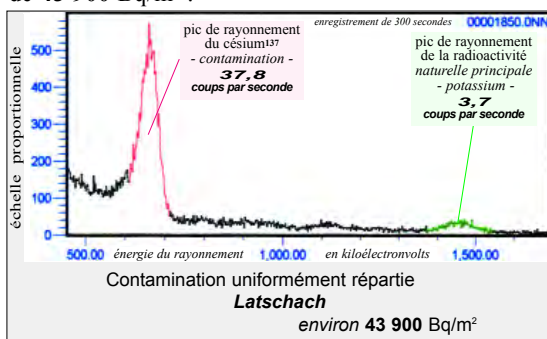
Radioactive contamination easily detectable from the surface is practically always due to cesium¹³⁷.
 - The measure of **evenly distributed contamination** concerns a state of identical contamination on the entire surface of the terrain in the area being measured.
 - The measure of a **contamination accumulation** corresponds to a local contamination value resulting from a particular redistribution mechanism which has caused the contamination to accumulate.

◆ KÄRNTEN (LA CARINTHIE)

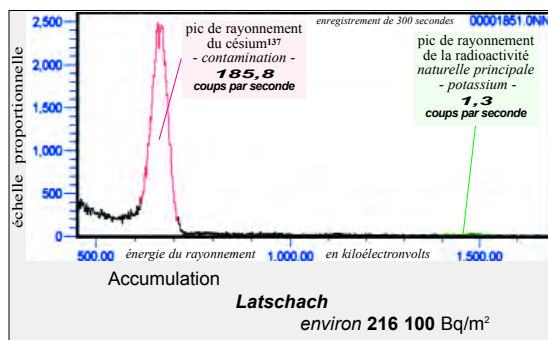
Au *Nassfeld-Pass (Passo di Pramollo pour les Italiens)*, à la frontière entre l'*Autriche* et l'*Italie*, on avait rencontré le niveau de contamination de **32 300 Bq/m²** en haut de ce col [*Italie du nord*, p. 165].
 • Dans le versant sud de ces *Alpes Carniques*, on avait remarqué que la contamination variait peu en fonction des différences d'altitude. Par contre, le flanc nord de cette crête montagneuse montre un effet d'abri relatif : À *Tropolach*, en contrebas nord du *Nassfeld-Pass*, sur le sol forestier des sapins, on a mesuré la contamination uniformément répartie à la valeur de **16 000 Bq/m²** :



• À *Latschach*, le sol forestier de la pinède présente la valeur de contamination uniformément répartie de **43 900 Bq/m²** :



Sur ce secteur de mesure, aux pieds des hêtres, localement, en raison du phénomène d'accumulation de contamination systématique aux pieds de ces arbres, on a mesuré la valeur de **216 100 Bq/m²** (ci-après) :



The **accumulation of contamination at the foot of beech-trees (*Fagus sylvatica*)** is caused by a specific characteristic that this tree species is practically the only one to have. The beech captures rain water on its top branches and drains the run-off along its trunk to the base, at a precise and constant location. The Beech tree contamination accumulations are located at this point and are more or less widely extended on the soil around it.
 The Beech tree contamination accumulations reflect the importance of rain-borne contamination.
 In elevation, this type of accumulation can diminish and disappear, when the contaminating precipitations were in the form of snow.
 Practically all the beech trees of Europe show a contamination accumulation at their base.

• À *St Margareten*, sur le sol forestier de feuillus bordant le camping, la contamination uniformément répartie est mesurée à la valeur de **48 800 Bq/m²**. Sur la pelouse du camping la valeur de la contamination est mesurée à **29 600 Bq/m²**. Cette différence est usuelle entre un milieu naturel et une prairie, ou une pelouse, régulièrement fauchée ou tondue.

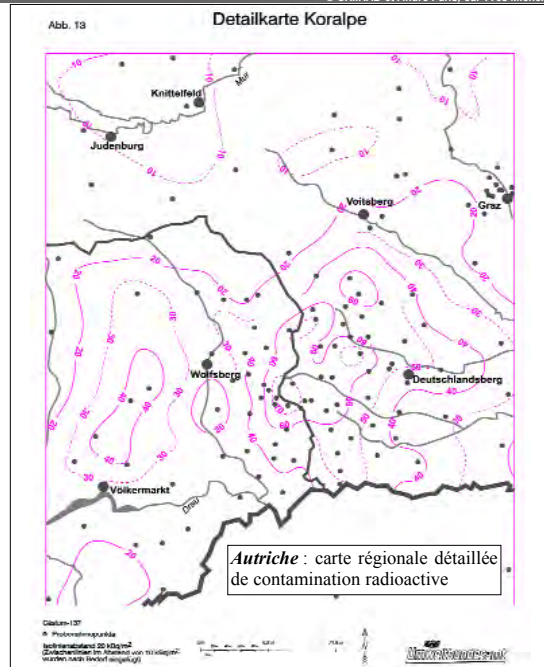
• À *Gallizen*, le sol forestier des sapins montre une contamination uniformément répartie de **34 700 Bq/m²**.

◆ ENTRE KLAGENFURT ET WOLFSBERG

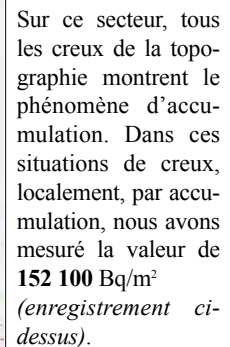
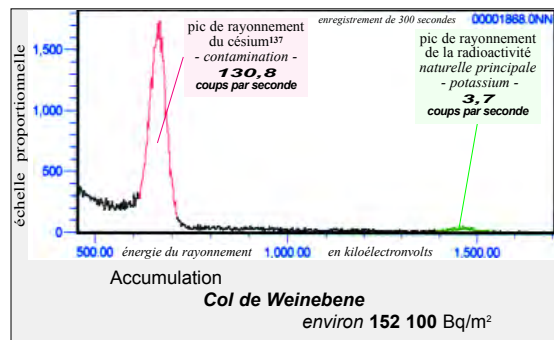
Les Services Officiels de l'Autriche ont produit une carte de contamination de l'ensemble du pays. Ces services ont également réalisé un certain nombre de cartes régionales détaillées dont une de celles-ci concerne la *Koralpe*.

• Sur la partie occidentale de cette carte, au nord de *Völkermarkt*, les 7 secteurs de mesure que nous avons implantés montrent des valeurs de contamination uniformément répartie comprises entre **19 500 Bq/m²** et **44 800 Bq/m²**.

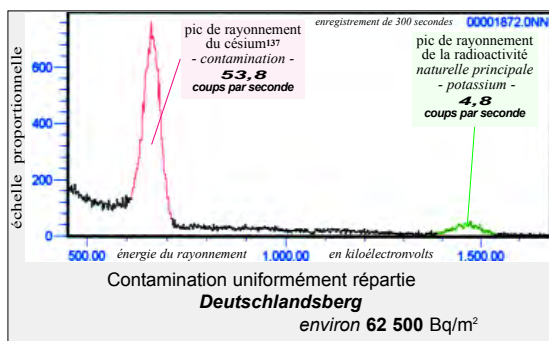
Nos mesures sont en accord avec la carte détaillée autrichienne. À titre d'exemple, voici l'enregistrement de la mesure réalisé sur le sol forestier des sapins, 5 km au nord de *Völkermarkt*, montrant la valeur de contamination uniformément répartie de **35 500 Bq/m²** :



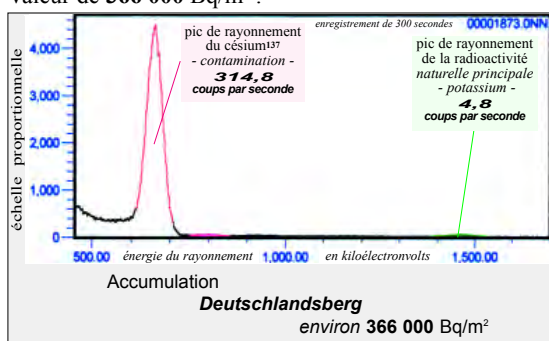
• À l'Est du **Col de Weinebene** (8 km), le sol forestier des sapins présente la valeur de contamination uniformément répartie de **73 000 Bq/m²** :



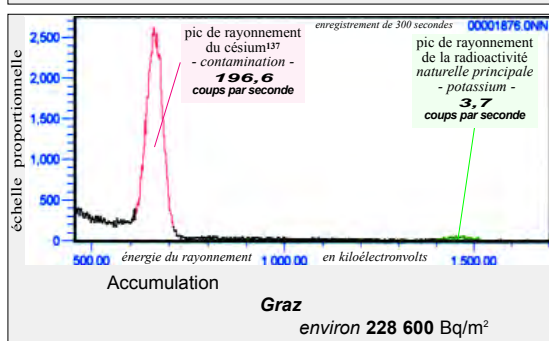
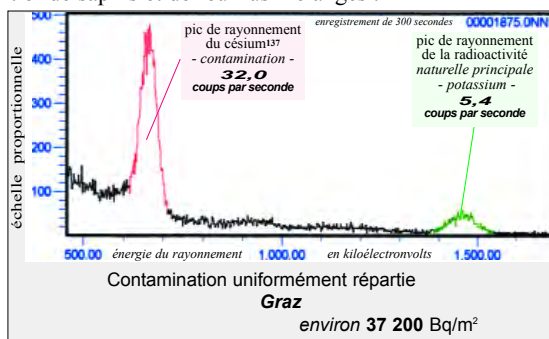
Atlas des contaminations radioactives



Sur ce secteur, aux pieds des hêtres, en raison du phénomène très habituel d'accumulation de contamination aux pieds de ces arbres, on a mesuré, localement, la valeur de **366 000 Bq/m²** :



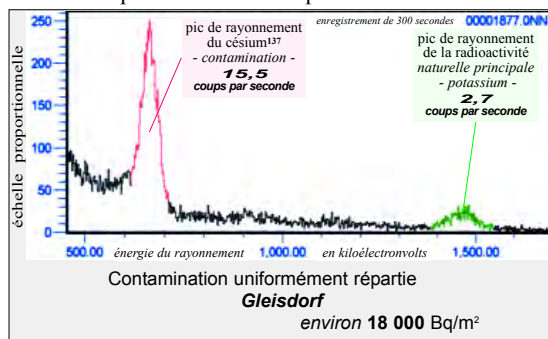
• À **Graz**, au Sud et au nord-est de la ville la contamination uniformément répartie a été mesurée à la valeur respectivement de **37 100** et de **37 200 Bq/m²**. Voici l'enregistrement de cette dernière mesure réalisée 1 km à la sortie nord-est de la ville, *route 65*, sur le sol forestier de sapins et de feuillus mélangés :



Sur ce même secteur, aux pieds des hêtres, localement, par effet d'accumulation, on a mesuré **228 600 Bq/m²** (*ci-contre*). Sur cet itinéraire entre **Wolfsberg** et **Graz**, les dix secteurs de mesures que nous avons implantés donnent des résultats en accord avec la carte détaillée de contamination réalisée par les Services Officiels autrichiens.

♦ À L'EST DE GRAZ

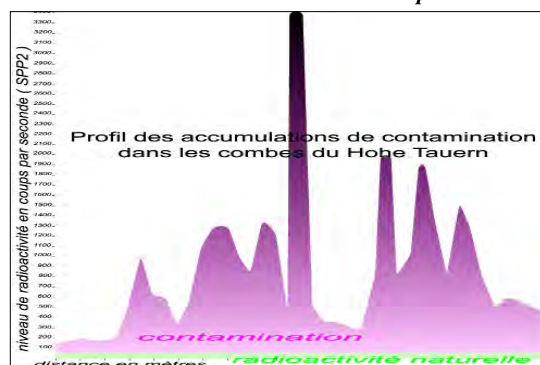
• À 20 km à l'Est de **Graz**, à **Gleisdorf**, le sol forestier de feuillus montre le niveau de contamination uniformément répartie de **18 000 Bq/m²** :



• En **Hongrie**, à peu de distance de la frontière, nous avons mesuré **10 300 Bq/m²** à **Rátót (Gasztony)**. Nous verrons, à travers la **Hongrie**, la **Slovaquie**, puis en **Ukraine**, ce qu'il advient jusqu'au-delà du **Dniepr**.

♦ MASSIF DES HOHE TAUERN

• En 1998, sur la base de mesures radiométriques, un échantillon de sol a été prélevé dans le versant sud parcouru par la **Grossglockner-Hochalpenstrasse**. Analysé par le laboratoire de la CRIIRAD, cet échantillon a donné un niveau de contamination de **163 000 Bq** de césium¹³⁷ *par kg de sol*, **2 411 Bq** de césium¹³⁴, **22 Bq** d'américium²⁴¹. L'échantillon de sol a été prélevé avec une surface précise. Mais le laboratoire d'analyse a préféré s'en tenir à l'expression de la contamination par kg de sol. En effet, le niveau de contamination analysé relève de phénomènes montagnards particuliers ayant provoqué de nombreuses accumulations de contamination ; celles-ci ont été rencontrées sur l'ensemble de l'**Arc Alpin**.



Mountains contamination accumulations are found in high elevations.

They appear starting at 1 500 meters above sea-level, approximately. They are frequently very intense towards 2 000 meters above sea-level.

This type of contamination accumulation results from a particular redistribution mechanism. The contamination, arriving via the atmosphere, landed on the residual snow cover. Afterwards, as the snow cover melted, the locations which absorbed and filtered the water of the melting snow formed this type of contamination accumulation.

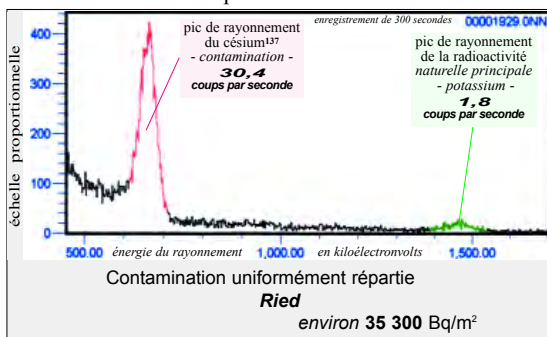
The mountainous accumulations show, locally but frequently, high values of contamination which can qualify the soil as radioactive waste.

Mountains contamination accumulations have been found in the entire *Alpine arc*.

◆ OBEROSTERREICH (LA HAUTE AUTRICHE) ENTRE RIED ET GMUNDEN

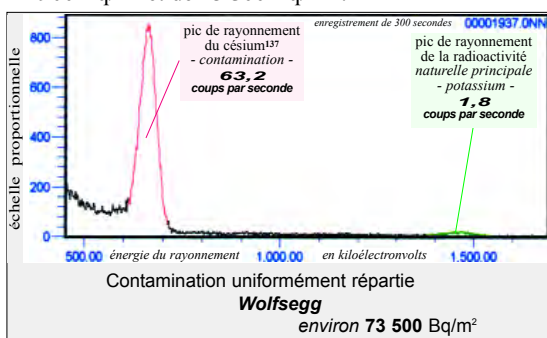
• Au nord de **Passau** (8 km), on avait mesuré la contamination uniformément répartie à la valeur de **4 400 Bq/m²** [Allemagne du Sud, p. 171].

• À **Ried**, 1 km à l'Est de la cité, sur le sol forestier des sapins, la contamination uniformément répartie montre la valeur de **35 300 Bq/m²** :



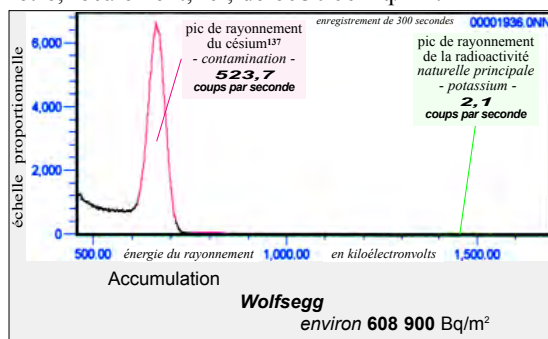
• Vers le Sud, nous avons rencontré : **55 900 Bq/m²** à 5 km au nord d'**Eberschwang** et **61 200 Bq/m²** à **Holzleithen** situé à l'ouest de **Wolfsegg**.

• À **Wolfsegg**, deux secteurs de mesure donnent les valeurs de contamination uniformément répartie de **74 900 Bq/m²** et de **73 500 Bq/m²** :



Aux pieds des hêtres, les accumulations de contaminations sont étendues, de dimension souvent

supérieure à 1 m, et présentent des valeurs pouvant être, localement, ici, de **608 900 Bq/m²** :

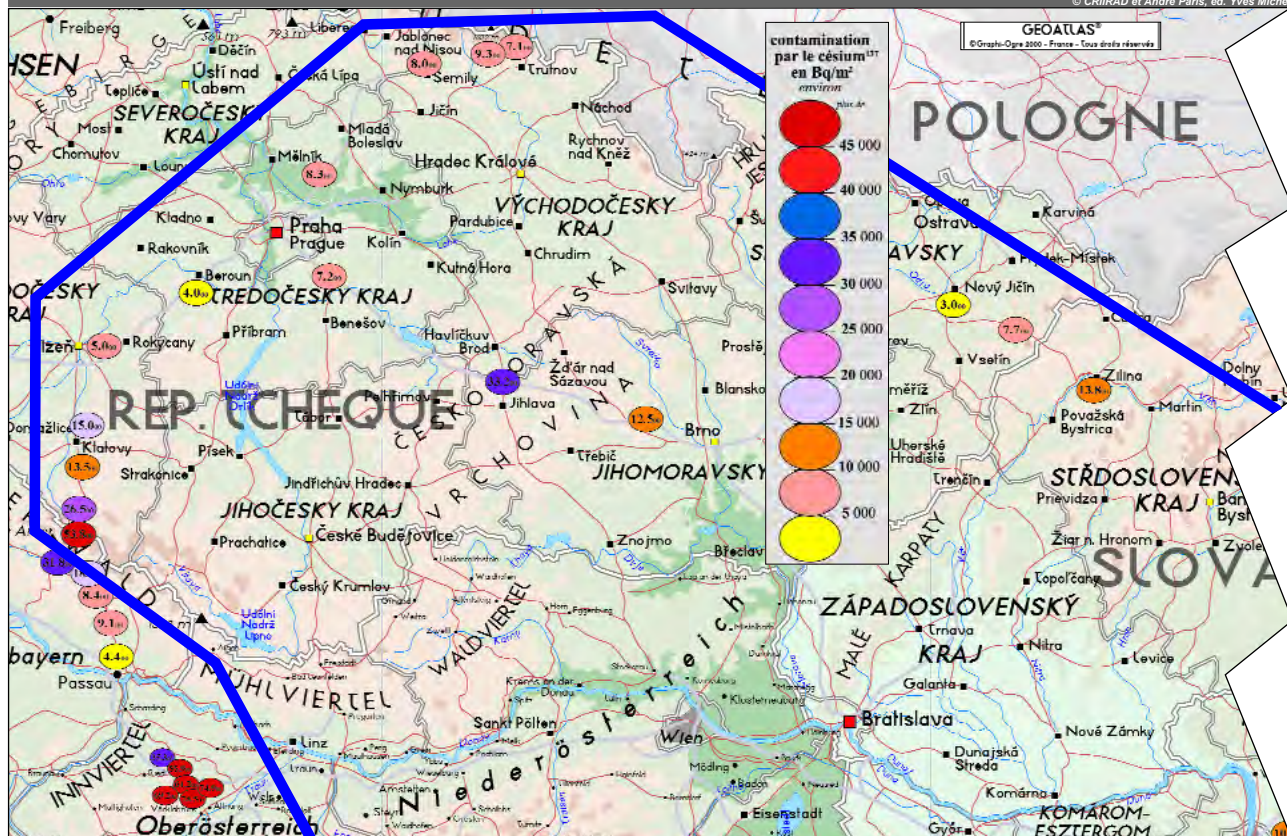


• À **Ramsau**, au sud de **Gmunden**, à proximité du **Traunsee**, la contamination uniformément répartie est mesurée avec les valeurs de **73 800** et de **72 400 Bq/m²**. Sur ce secteur, les accumulations de contamination, locales mais systématiques aux pieds des hêtres, ont été mesurées jusqu'à la valeur de **678 400 Bq/m²**. *C'est là que nous avons découvert le phénomène des accumulations de contamination aux pieds des hêtres.* Depuis, nous avons pu vérifier que ce phénomène se retrouvait, avec une intensité variable, sur la plus grande partie de l'Europe.



Hongrie, Slovaquie, République tchèque

© CRIIRAD et André Paris, éd. Yves Michel

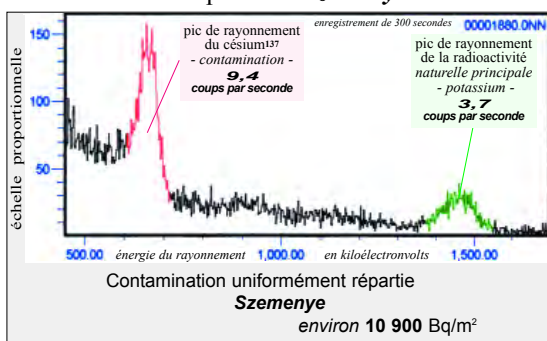


HONGRIE

DE L'AUTRICHE AU LAC BALATON

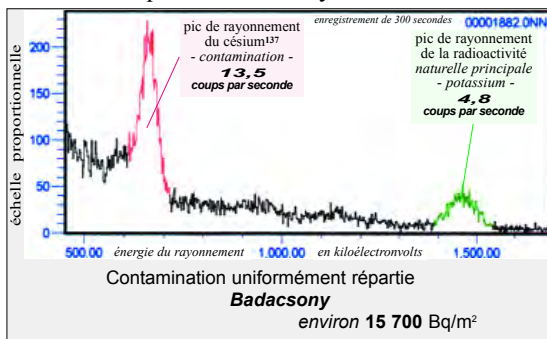
À l'est de l'Autriche, on a vu le niveau de contamination évoluer depuis 37 200 Bq/m² à *Graz* jusqu'à 18 000 Bq/m² à *Gleisdorf* en direction de la frontière avec la Hongrie.

Cette évolution se poursuit dans l'ouest de la Hongrie où l'on a mesuré les valeurs de contamination suivantes : 10 300 Bq/m² à *Rátót*, 6 900 Bq/m² à *Vasvár* et 10 900 Bq/m² à *Szemenye*. Pour illustrer ces valeurs peu variables dans l'ouest de la Hongrie, voici l'enregistrement réalisé sur le sol forestier d'une pinède à *Szemenye* :



NORD DU LAC BALATON

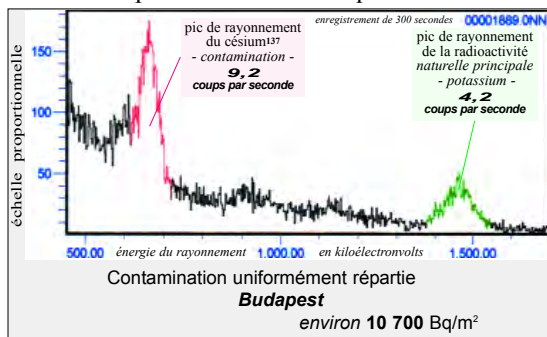
Dans les collines situées au nord-ouest du *Lac Balaton*, trois secteurs de mesure présentent des valeurs comparables : 13 200 Bq/m² à *Tapolca*, 15 700 Bq/m² à *Badacsony*, 18 000 Bq/m² à *Köveskál*. Voici l'enregistrement de la mesure montrant la contamination uniformément répartie de 15 700 Bq/m² à *Badacsony* :



DU LAC BALATON À BUDAPEST

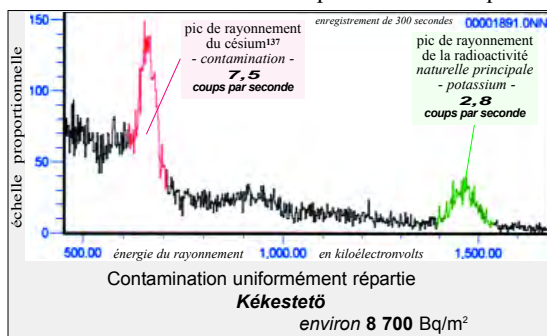
Entre la pointe nord-est du *Lac Balaton* et l'ouest de *Budapest*, la contamination uniformément répartie est mesurée à des valeurs comprises entre 4 500 et 8 100 Bq/m². Au sud-ouest de *Budapest*, deux secteurs de mesures produisent les valeurs de

contamination uniformément répartie de 14 700 et de 10 500 Bq/m². Le secteur de mesure situé au nord-est de la Capitale Hongroise présente la valeur comparable de 10 700 Bq/m² :

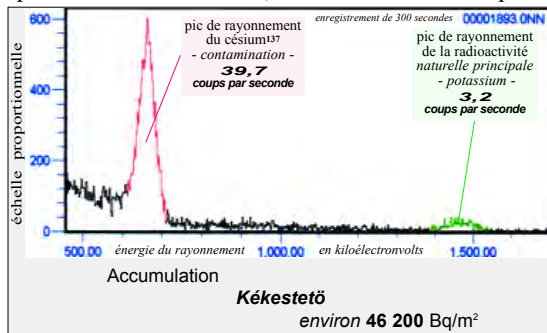


MÁTRA ET BÜKK

On a rencontré des valeurs comparables de la contamination uniformément répartie : 7 700 Bq/m² à *Mátrahaza*, 8 700 Bq/m² à *Kékestető*, 7 300 Bq/m² à *Felsőtárkány*. Voici l'enregistrement réalisé sur le sol forestier de la hêtraie de *Kékestető* montrant la valeur de contamination uniformément répartie de 8 700 Bq/m² :



Sur ce même secteur de *Kékestető*, les hêtres présentent systématiquement une accumulation de contamination à leur pieds où l'on a mesuré, localement, par effet d'accumulation, la valeur de 46 200 Bq/m² :



TOKAJ

Sur les pentes de ce relief remarquable domi-

nant une partie très basse de la **Plaine Hongroise** où serpente la **Tisza**, les deux secteurs de mesure ont donné les valeurs de la contamination uniformément répartie de **5 300** et **5 200 Bq/m²**. Très proéminent face à la plaine, ce **relief de l'est Hongrois** n'est distant que d'une soixantaine de kilomètres de la frontière avec l'**Ukraine**.

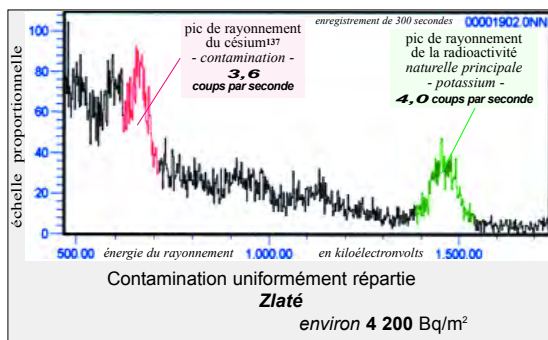
Cette trajectoire de mesures à travers la **Hongrie** ne nous montre aucun événement particulier s'écartant d'un niveau de contamination rencontré partout à une valeur proche de **10 000 Bq/m²**.

❑ RÉPUBLIQUE SLOVAQUE

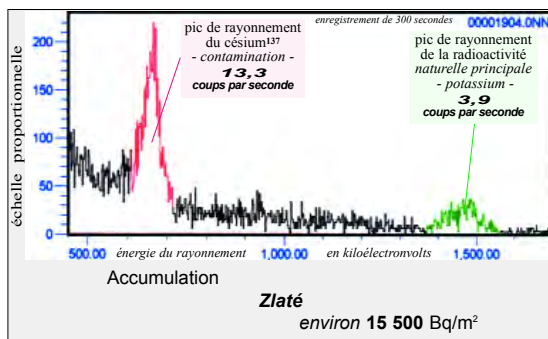
◆ LE NORD-EST DE LA SLOVAQUIE

La frontière entre la **Slovaquie** et la **Pologne** serpente sur les hauteurs d'un relief lourd qui correspond aux **Carpathes du nord**. Dans la région de **Bardejov**, nous sommes à une dizaine de kilomètres de la **Pologne** et à quelques dizaines de kilomètres de l'**Ukraine**.

• À **Zlaté**, au **nord de Bardejov**, deux secteurs de mesure donnent les valeurs de contamination uni-



formément répartie de **4 300** et de **4 200 Bq/m²** : Sur ces secteurs, les habituelles accumulations de contamination aux pieds des hêtres sont mesurées,



ici, à la valeur de **15 500 Bq/m²** :

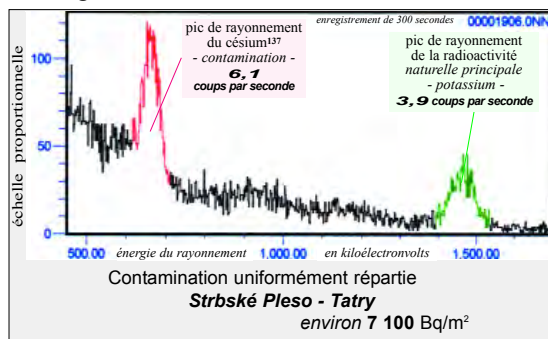
• Encore plus au sud-est, à une cinquantaine de kilomètres de la frontière avec l'**Ukraine**, le secteur de **Breznica** donne la valeur de contamination uniformément répartie de **3 100 Bq/m²**.

Atlas des contaminations radioactives

◆ TATRY

Les **Tatry** sont dus à une surélévation, dépassant largement **2 000 m**, de l'**Arc Karpathique** dans le nord de la **Slovaquie**. Ces reliefs sont très exposés aux grandes circulations atmosphériques européennes du fait qu'ils séparent les grandes plaines s'ouvrant vers la **Baltique** au nord des grandes **Plaines Hongroises** s'étendant au sud.

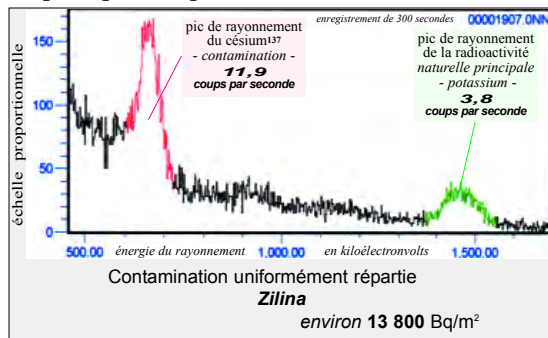
• À **Spišská Bela** et à **Strbské Pleso**, sur les deux secteurs de mesure implantés, l'un sur un sol forestier de pins en plaine à l'altitude de **700 m** et l'autre sur un sol forestier à **1 200 m** d'altitude, la contamination uniformément répartie est mesurée aux valeurs presque identiques de **7 700** et **7 100 Bq/m²**. Voici l'enregistrement de cette deuxième mesure effectuée



dans cette région des **Tatry** :

◆ NORD-OUEST SLOVAQUE

• À **Žilina**, à l'approche de la frontière avec la **République tchèque**, on a mesuré la valeur de conta-

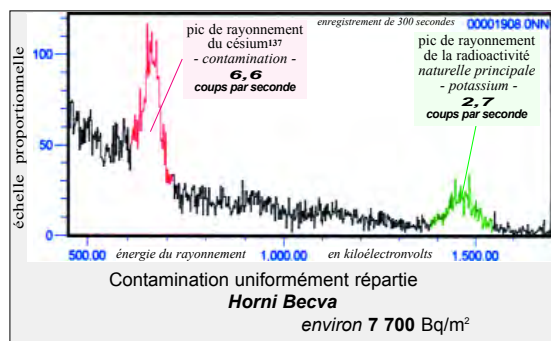


mination uniformément répartie de **13 800 Bq/m²** :

❑ RÉPUBLIQUE TCHÈQUE

◆ EST TCHÈQUE

• Sur les pentes nord-ouest du prolongement des **Carpathes**, entre **Ostrava** et **Slán**, la contamination uniformément répartie mesure la valeur de **7 700 Bq/m²** à **Horní Bečva**, près de la fron-

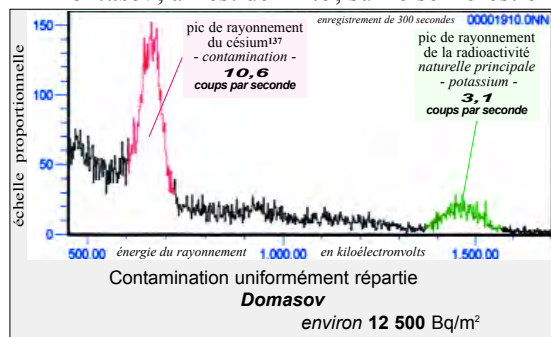


tière :

- Plus à l'ouest, en direction d'**Olomouc**, on a mesuré la valeur de 3 000 Bq/m².

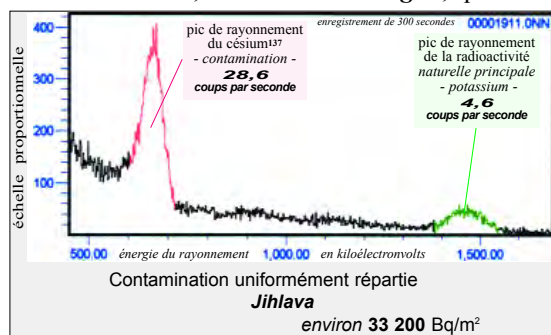
◆ ENTRE BRNO ET PRAGUE

- À **Domašov**, à l'est de **Brno**, sur le sol forestier



des sapins, la contamination uniformément répartie montre la valeur de 12 500 Bq/m² :

- C'est à **Jihlava**, entre **Brno** et **Prague**, que l'on



a rencontré la valeur de contamination uniformément répartie de 33 200 Bq/m² :

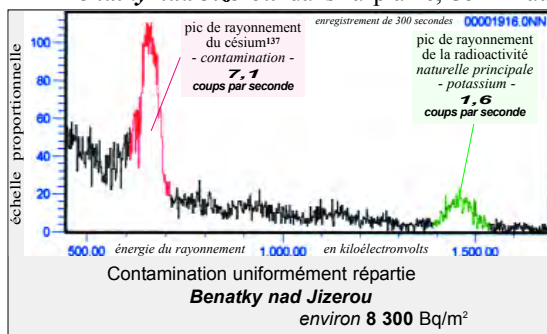
À **Chocerady**, au sud-est de **Prague**, on a mesuré la valeur de 7 200 Bq/m².

◆ NORD-EST DE PRAGUE

Depuis les plaines à la sortie de **Prague** jusqu'aux **Monts des Géants (Karkonosze)** à la frontière

avec la **Pologne**, on a mesuré des valeurs semblables de la contamination uniformément répartie.

- À **Benátky nad Jizerou** dans la plaine, 35 km au



nord-est de **Prague**, vers 300 m d'altitude, le sol forestier des pins présente la valeur de 8 300 Bq/m² :

- À **Jablonec nad Nisou**, on a mesuré 8 000 Bq/m².

- À **Rokytnice nad Jiz**, à l'altitude de 850 m, le sol forestier des sapins montre la valeur de 9 300 Bq/m².

- À **Misecky**, à l'altitude de 1 020 m, on a mesuré la valeur de 7 100 Bq/m².

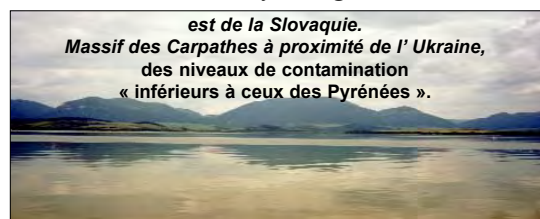
◆ PRAGUE, PLZEN, MONTS DE BOHÊME

- Entre **Prague** et **Plzen**, on a rencontré les valeurs de contamination de 4 000 Bq/m² à **Beroun**, au sud-ouest de **Prague**, et de 5 000 Bq/m² à **Rokycany** à l'est de **Plzen**.

Les valeurs de la contamination évoluent nettement à l'approche des **Monts de Bohême** ainsi que sur ce relief.

- À **Klatovy**, vers 750 m d'altitude, le sol forestier des sapins présente la valeur de contamination uniformément répartie de 15 000 Bq/m². À **Cachrov**, à 800 m d'altitude, on a mesuré la valeur de 13 500 Bq/m², tandis que le plateau des **Monts de Bohême** à **Zelezná Ruda**, près de la frontière avec l'**Allemagne**, vers 1 100 m d'altitude, montre la valeur de 26 500 Bq/m².

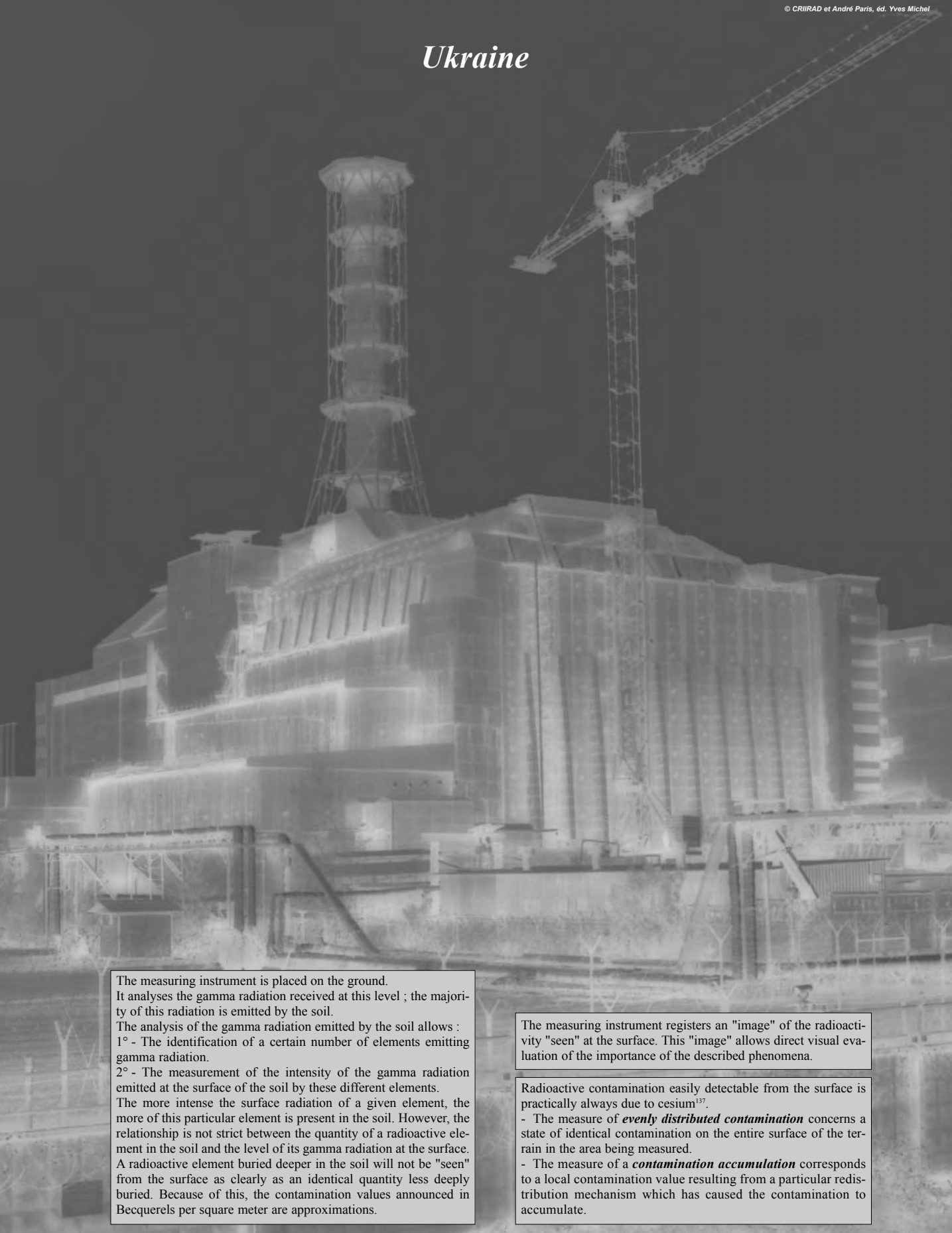
La partie de territoire parcouru en **République tchèque** montre, de manière étendue, des valeurs de contamination inférieures à 10 000 Bq/m². Ces valeurs sont indifférentes à l'altitude dans les reliefs karpathiques de l'est et du nord-est. Il faut signaler l'événement



Ce dont il s'agit ici

de valeur soutenue rencontré en situation centrale, à Jihlava, entre Brno et Prague.

Ukraine



The measuring instrument is placed on the ground. It analyses the gamma radiation received at this level ; the majority of this radiation is emitted by the soil.

The analysis of the gamma radiation emitted by the soil allows :
1° - The identification of a certain number of elements emitting gamma radiation.

2° - The measurement of the intensity of the gamma radiation emitted at the surface of the soil by these different elements.

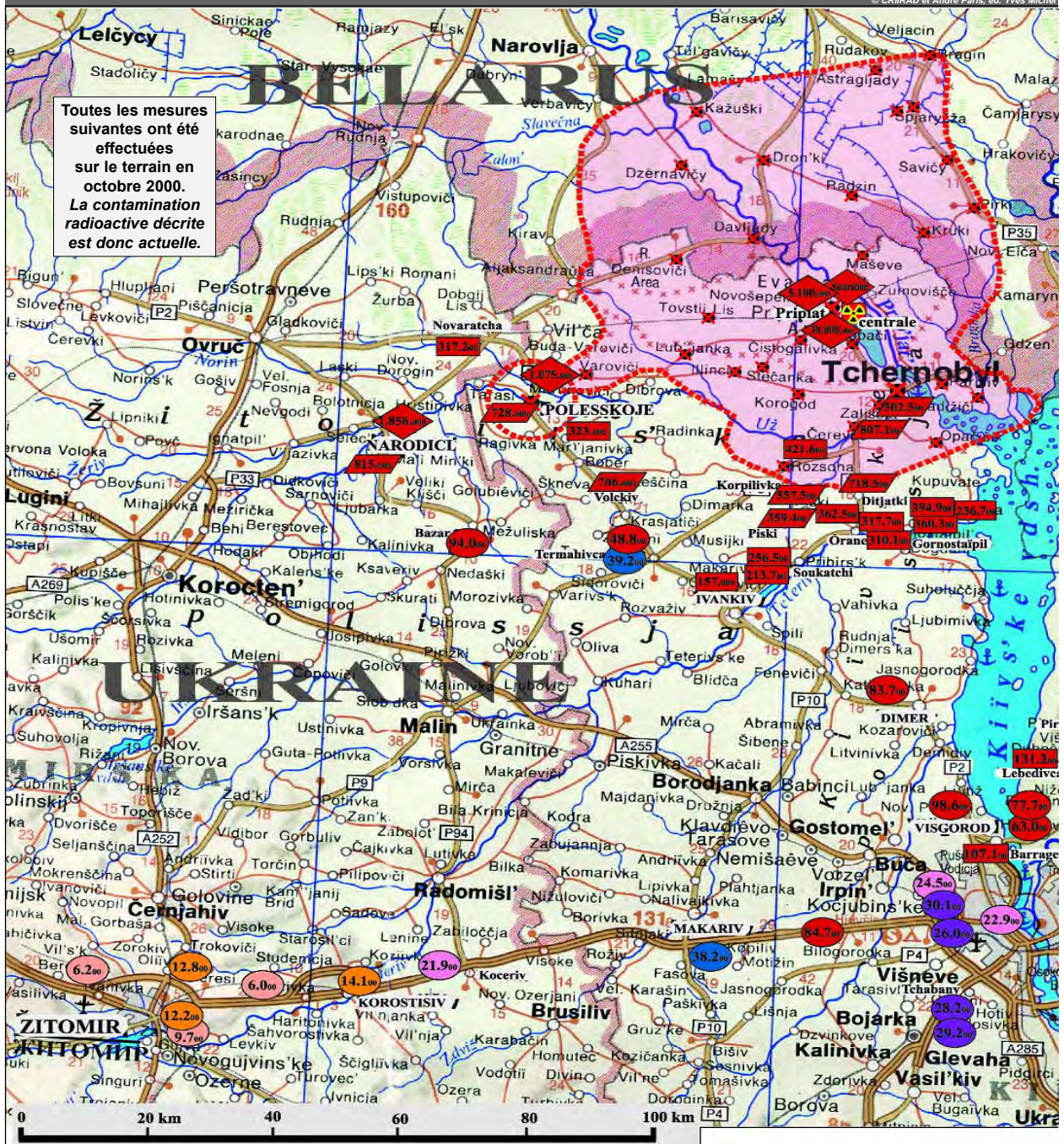
The more intense the surface radiation of a given element, the more of this particular element is present in the soil. However, the relationship is not strict between the quantity of a radioactive element in the soil and the level of its gamma radiation at the surface. A radioactive element buried deeper in the soil will not be "seen" from the surface as clearly as an identical quantity less deeply buried. Because of this, the contamination values announced in Becquerels per square meter are approximations.

The measuring instrument registers an "image" of the radioactivity "seen" at the surface. This "image" allows direct visual evaluation of the importance of the described phenomena.

Radioactive contamination easily detectable from the surface is practically always due to cesium¹³⁷.

- The measure of **evenly distributed contamination** concerns a state of identical contamination on the entire surface of the terrain in the area being measured.

- The measure of a **contamination accumulation** corresponds to a local contamination value resulting from a particular redistribution mechanism which has caused the contamination to accumulate.



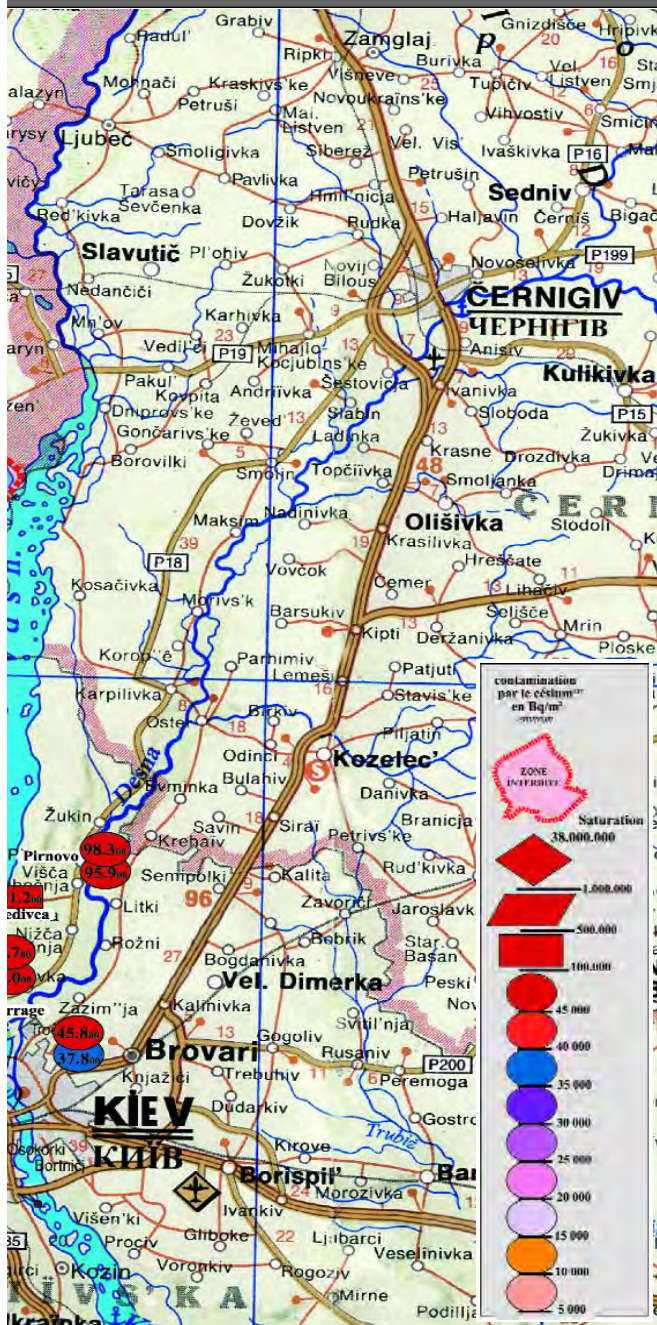
L'Ukraine est un pays dont la superficie et la population sont comparables à celles de la France.



Les mesures que nous avons réalisées sont situées dans le quadrilatère Kiev, Zhitomir, Ovruc, Tchernobyl.

Tchernobyl fait partie de la région administrative de Kiev ; cette cité est la capitale de l'Ukraine. Les régions de Kiev et celle de Cernigov, immédiatement à l'est, sont parmi les plus peuplées du pays.

Le bourg de Tchernobyl est proche de la frontière avec le Belarus. Pratiquement la moitié de la « zone interdite » liée à la centrale de Tchernobyl est située sur le territoire belarus voisin de l'Ukraine.



Les paysages de cette partie de l'*Europe orientale* sont différents de ceux que l'on peut connaître en *Europe occidentale*. Ceci est dû au fait que nous sommes sur une grande plateforme continentale ; la topographie, sur de vastes étendues, reste indécise. Ces régions, sans être véritablement de plaine, n'offrent pas de reliefs importants.

À part le *Dniepr* qui draine le continent vers le sud en direction de la *Mer Noire*, et qui est très aménagé par une succession de vastes retenues hydro-électriques, le réseau hydrographique reste, lui aussi, indécis. Les pentes continentales sont très faibles ; dans la région frontalière entre *Belarus* et *Ukraine*, les écoulements sont hésitants entre

Baltique au nord et *Mer Noire* au sud, les deux étant éloignées. Ruisseaux et rivières serpentent à la surface du terrain, souvent d'une zone humide à l'autre.

Au sud de *Kiev*, les terres noires (*tchernozioms*) prennent de l'importance et assurent la fertilité légendaire de l'*Ukraine*, grenier à blé du monde slave.

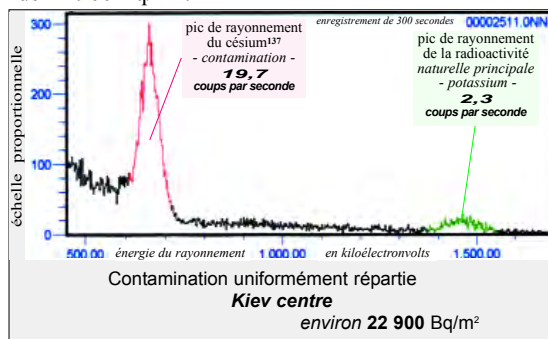
Au nord de *Kiev*, les terrains sont sableux. Ce sont les épandages délavés produits par les grandes érosions glaciaires. Ces sols sableux abondent dans la région de *Tchernobyl* où le terrain ressemble aux sables des *Landes de Gascogne* en *France*.

Dans cette partie nord de l'*Ukraine*, la forêt est très présente. Les villages, les bourgs, les villes sont situés dans des clairières parfois vastes mais toujours bordées par un horizon forestier. Entre les hauts et les bas des ondulations du terrain, il n'y a que quelques dizaines de mètres et parfois moins. Dans les hauts, les pins sylvestres sont seuls à coloniser ces endroits plus secs. Dans les bas plus frais, les pins se mélangent à une proportion variable de feuillus surtout représentés par les bouleaux.

La forêt est également très présente culturellement et économiquement. La population y prélève une part notable (gibier, champignons) et très appréciée de son approvisionnement alimentaire. La pauvreté aidant, c'est aussi une nécessité.

◆ KIEV ET SES ENVIRONS

• Au centre-ville de *Kiev*, sur les pelouses du vaste *Parc Chevtchenko*, la contamination est mesurée à la valeur de 22 900 Bq/m² :



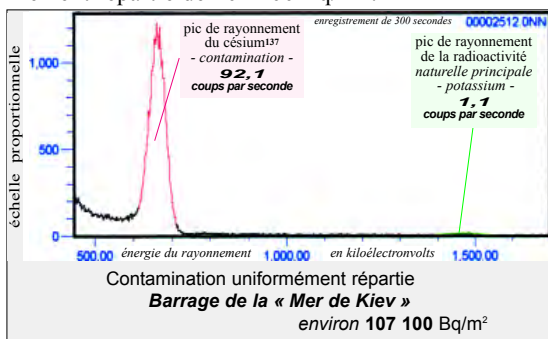
• Des secteurs de mesure distants implantés à l'est de la capitale (*les parcs forestiers sont vastes*) donnent des valeurs comprises entre 24 500 et 30 100 Bq/m².

• À *Tchabany*, à la *sortie sud de Kiev* en direction d'*Odessa*, le sol forestier des pins mélangés de feuillus permet de mesurer la contamination uniformément répartie avec les valeurs de 28 200 et de 29 200 Bq/m².

• À la *sortie est de la capitale*, en direction de *Cernigov*, cette fois sur des pelouses*, on a mesuré les valeurs de 37 800 et 45 800 Bq/m².

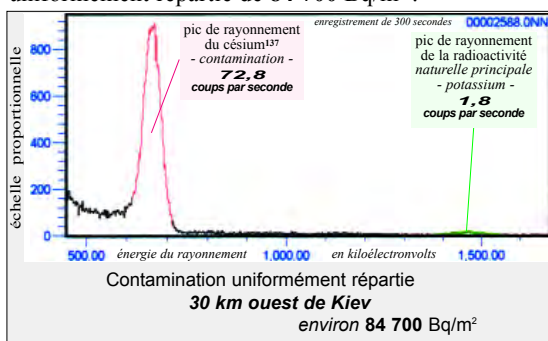
* *Pelouse*, milieu sauvage où pousse l'herbe rase.

• Les valeurs de contaminations peuvent évoluer rapidement en direction du nord. Entre le bourg de **Visgorod** et le **barrage hydro-électrique sur le Dniepr** retenant la « **Mer de Kiev** », le sol forestier des pins présente la valeur de contamination uniformément répartie de **107 100 Bq/m²** :

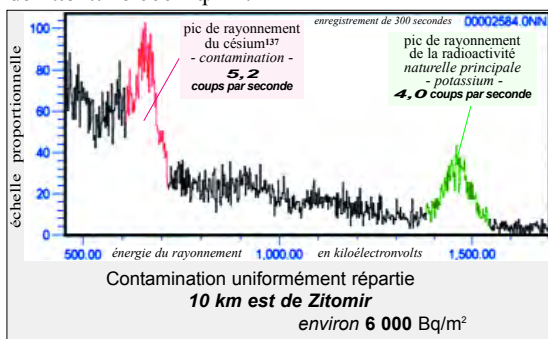


◆ DE KIEV À ZITOMIR (EN DIRECTION DE L'OUEST)

• La partie la plus densément urbanisée de l'agglomération de **Kiev** ayant montré des valeurs de contamination comprises entre **22 900** et **30 100 Bq/m²**, on observe, en direction de l'ouest, tout d'abord une montée de la valeur de la contamination : en effet, **30 km à l'ouest de Kiev**, on mesure une contamination uniformément répartie de **84 700 Bq/m²** :



• Ensuite, jusqu'à **Zitomir**, progressivement, les valeurs décroissent : **Makariv 38 200 Bq/m²**, **Koceriv 21 900 Bq/m²**, **Korostisiv 14 100 Bq/m²**, et **10 km à l'est de Zitomir 6 000 Bq/m²** :



• Autour de la ville de **Zitomir**, 5 secteurs de mesure donnent des valeurs de contamination comprises entre **6 000** et **12 800 Bq/m²**. Nous sommes à **150 km** de la **centrale de Tchernobyl**.

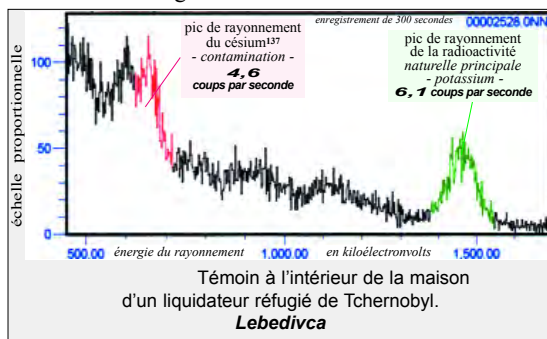
◆ AU NORD DE KIEV, À L'EST DE LA « MER DE KIEV »

• Au barrage de retenue de la « **Mer de Kiev** » situé au nord de la capitale, on a déjà signalé la valeur de contamination de **107 100 Bq/m²**.

• Dans les plantations de pins reboisant les vastes raclages de terrain ayant permis de construire les lourdes digues bordant la partie sud-est de la retenue, on a mesuré des valeurs de contamination de **63 000** et de **77 700 Bq/m²**. Ces valeurs correspondent certainement à une conservation partielle du niveau de la contamination car, sur les restes de ce chantier ancien, les sols ne se sont que très partiellement reconstitués ; dans ces situations, on a remarqué ailleurs, et à maintes occasions, qu'une partie de la contamination avait été lessivée.

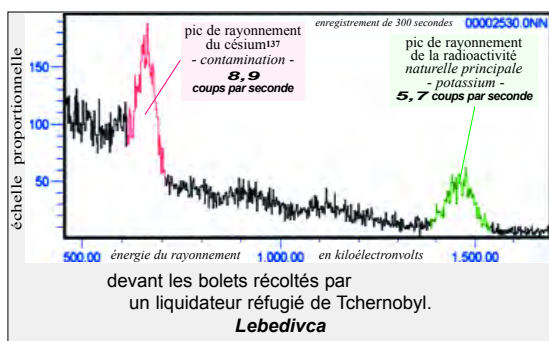
• À **Lebedivca**, au lieu d'implanter la mesure sur une surface très uniforme du terrain et d'effectuer l'enregistrement en « **balayant** » la surface de celui-ci, on préfère explorer aléatoirement la variation de la contamination. Six stations fixes de mesure dans les ondulations de la surface du sol montrent des valeurs de la contamination qui varient entre **95 600 Bq/m²** et **176 100 Bq/m²** et dont la moyenne se situe à **131 200 Bq/m²**.

• Des lotissements ont été construits à **Lebedivca** pour installer des familles déplacées de la **région de Tchernobyl**. Chez un « **liquidateur*** », il nous a été demandé d'apprécier la contamination des champignons récoltés en abondance et qui, sous des recettes infiniment variées, sont des mets quotidiens. Le césium¹³⁷ étant omniprésent et avec lui son rayonnement, le palier de l'escalier en bois, en hauteur à l'intérieur de la maison, s'est avéré être un endroit relativement préservé dont voici l'enregistrement servant de témoin :

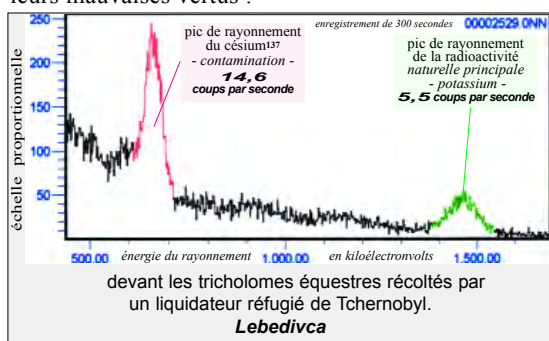


Devant **1 kg** environ de **Bolets** sortis du congélateur, l'enregistrement signale une contamination significative de ces champignons :

* **liquidateur** : nettoyeur du site accidenté de Tchernobyl.



La contamination est encore plus marquée pour une récolte récente de *Tricholomes équestres* (*canaris*) qui étaient mis à tremper pour être débarrassés de leurs mauvaises vertus :



Nous sommes loin des conditions sereines et normalisées d'un laboratoire mais dans des situations humaines éprouvantes.

• À **Pirnov**, 10 km au nord-est de **Lebedivca**, où vivent d'autres déplacés de **Tchernobyl**, deux secteurs de mesure sur le sol forestier des pinèdes présentent, en situation sèche, les valeurs de contamination de **95 900** et de **98 300 Bq/m²**.

Mais dans toutes les zones déprimées du terrain et soumises à une humidité plus ou moins stagnante, la contamination mesurée n'est plus que d'environ **10 000 Bq/m²**. Dans les zones basses et humides, la contamination est beaucoup moins bien conservée que dans les endroits secs situés plus en hauteur. Et il suffit, parfois, d'une dénivellation d'à peine 1 m pour constater un niveau de contamination qui peut varier de 1 à 10. Il ne s'agit pas d'une différence au niveau de l'apport de contamination mais de sa conservation, variable, dans la partie supérieure du sol.

◆ DE KIEV À POLESSKOJE

• Depuis **Kiev**, on se dirige vers le nord-ouest. Au **nord de Kiev**, on a déjà rencontré la valeur de contamination d'environ **100 000 Bq/m²** à **Visgorod**, à la pointe sud de la « **Mer de Kiev** ». On trouve à nouveau la valeur de **98 600 Bq/m²** au **nord-ouest de Visgorod**.

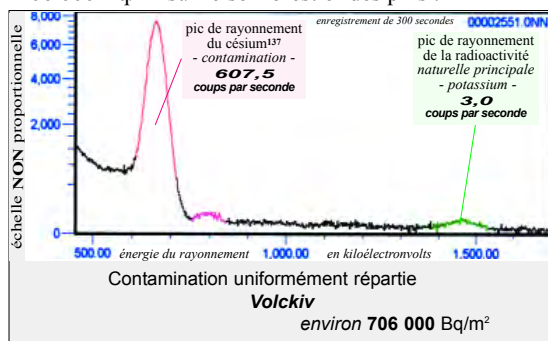
• À **Dimer** :

- Le sol forestier des pins, en situation sèche, présente la valeur de contamination de **83 700 Bq/m²**.
 - En situation basse et plus humide, la forêt de bouleaux donne une valeur de **42 400 Bq/m²**.
 - Le terrain labouré, semé d'une prairie très productive, montre un niveau de contamination de **10 900 Bq/m²**. Ceci montre comment, avec le temps, la contamination, telle qu'on peut la mesurer depuis la surface du sol, peut évoluer dans différents milieux.

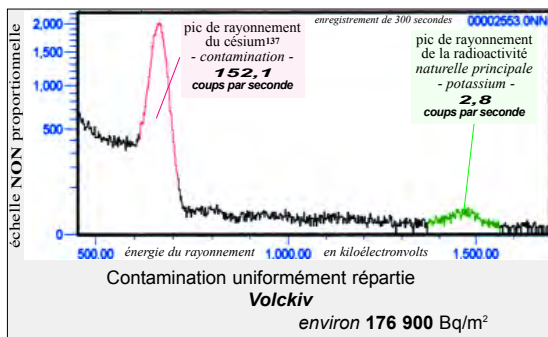
• À **Ivankiv**, sur un sol forestier de pins, en milieu tout à fait banal, étendu et uniforme, on mesure la valeur de contamination de **157 000 Bq/m²**. À peu de distance, sur un endroit forestier où l'humus mieux conservé entretient un sous-bois de framboisiers, la mesure donne la valeur de **213 700 Bq/m²**.

• À **Termahivca**, les valeurs de contamination évoluent et deux secteurs de mesures distants de 200 m permettent de mesurer **39 200** et **48 800 Bq/m²**. Ces rapides variations régionales des niveaux de contamination proviennent de ce que l'on peut se trouver sur une traînée de contamination, donc avec de fortes valeurs, ou entre deux traînées avec des valeurs qui deviennent plus faibles.

• À **Volckiv**, 3 km au nord du village, on mesure **706 000 Bq/m²** sur le sol forestier des pins :



À côté s'étend le grand domaine de culture d'un kolchoze. La friche est ancienne mais il est possible que le terrain ait été travaillé après sa contamination. Ce terrain de culture, maintenant abandonné, montre la valeur de contamination uniforme de **176 900 Bq/m²** :



• La contamination varie ; certains hameaux sont habités, d'autres sont désertés.

• La zone de **Polesskoje** est une zone interdite annexe de la zone interdite principale de **Tchernobyl**. La raison est qu'une traînée importante de contamination a pris cette direction.

• Au poste de la Milice assurant l'interdiction du site, le personnel exige quelques mesures de son environnement ; la préoccupation porte surtout sur des poteaux métalliques, visiblement de récupération, servant à clôturer le poste de garde. Ces objets ne présentent aucune particularité en dehors du rayonnement d'ambiance. Le bourg de **Polesskoje** est vidé de ses habitants.

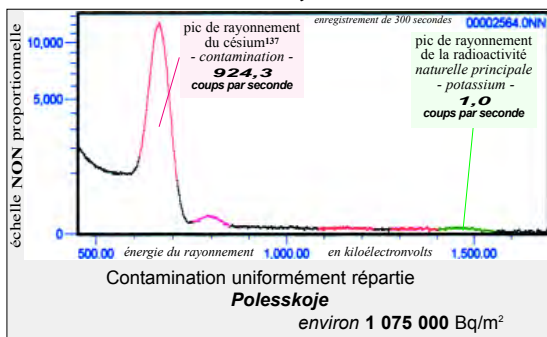
• Dans le jardin d'une datcha abandonnée, nous mesurons un niveau de contamination uniforme de **728 000 Bq/m²**.

• Dans des endroits particuliers, on remarque de nombreux phénomènes de redistribution pluviale de la contamination ; sous l'égout de toiture d'un bâtiment public, on peut mesurer, localement et en raison du phénomène d'accumulation, **3 095 000 Bq/m²**.

• Certains bâtiments publics sont réoccupés par des personnels de surveillance forestière ; les incendies de massifs forestiers peuvent remobiliser la contamination. Une partie de ce personnel insiste pour que nous fassions des mesures sur son mobilier, peut-être de récupération. On constate simplement, étant donné les conditions ambiantes, que du césium¹³⁷ est véhiculé par les salissures de chaussures et que le rayonnement venant de l'extérieur est plus détectable en face des fenêtres que plus en profondeur dans les bâtiments.

• Sur la pelouse de l'esplanade centrale du bourg de **Polesskoje**, plusieurs mesures donnent les valeurs de **1 337 600 Bq/m²**, **1 040 000 Bq/m²**, **1 152 100 Bq/m²**, **710 400 Bq/m²**.

• À la limite nord de **Polesskoje**, le sol forestier montre la valeur de contamination de **1 075 000 Bq/m²** ; cette mesure est effectuée en « balayant » la surface du sol :



Sur ce sol forestier, afin d'explorer la variation possible de la contamination d'un endroit à l'autre, 5 mesu-

res sont effectuées en point fixe. Les valeurs de contamination ainsi mesurées sont : **1 190 000 Bq/m²**, **1 123 000 Bq/m²**, **951 400 Bq/m²**, **923 800 Bq/m²**, **1 162 000 Bq/m²**.

• À **Novaratcha**, au nord de **Polesskoje**, la valeur de **317 200 Bq/m²** montre que l'on s'éloigne, vers le nord, de l'axe de la traînée de contamination.

• À **Narodici**, à l'ouest de **Polesskoje**, on retrouve cette traînée avec la valeur mesurée de **1 856 000 Bq/m²**.

• Puis on s'éloigne de cet axe avec la valeur de **815 000 Bq/m²** mesurée au sud de **Narodici**.

• À **Bazar**, avec la valeur de **94 000 Bq/m²**, on quitte cette traînée de contamination.

♦ À LA BORDURE SUD DE LA ZONE INTERDITE DE TCHERNOBYL

• À **Soukatchi**, au nord-est de **Ivankiv**, la disposition variée du terrain, qui n'est pas fréquente, se prête à des mesures détaillées. Ceci sur une distance d'une centaine de mètres.

- Le sol forestier permet de mesurer la valeur de référence de la contamination en bonnes conditions de conservation ; dans cette situation, deux mesures donnent les valeurs de **256 500** et **213 700 Bq/m²**.

- La pelouse très humide à joncs donne la valeur de **5 900 Bq/m²**.

- La roselière asséchée donne la valeur de **6 500 Bq/m²**. Dans ces milieux naturels, on constate que le trop plein d'humidité, soit n'a pas permis à la contamination de se fixer, soit ne lui a pas permis de se conserver.

- Tout à côté, les lopins cultivés activement, vu les moyens disponibles, tous labourés et semés de céréales ou de prairie, présentent des niveaux de contamination compris entre **18 000** et **20 000 Bq/m²**.

Dans ces terrains sableux, la contamination des sols cultivés est, maintenant, de l'ordre du 1/10 de celle des sols forestiers.

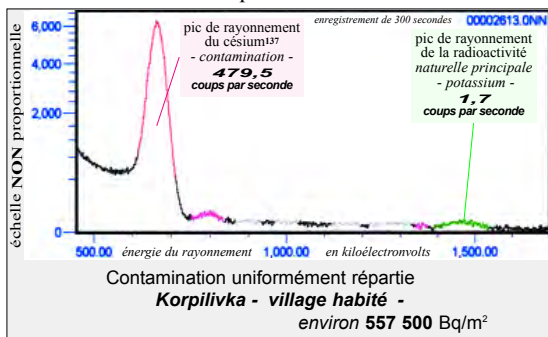
• Dans cette région habitée située au sud de la zone interdite, les niveaux de contamination que nous avons mesurés dans les milieux naturels sur de multiples secteurs sont compris entre **236 700 Bq/m²** et **718 500 Bq/m²**.

KORPILIVKA

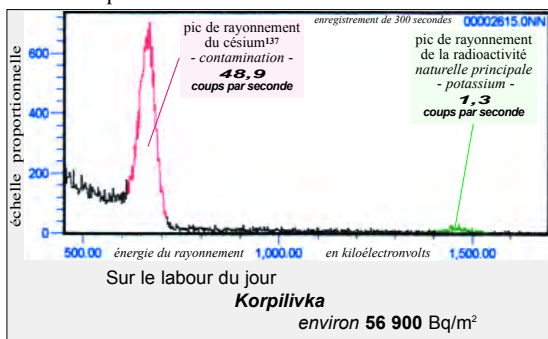
• **Korpilivka** est un village d'agriculteurs ; les datchas colorées sont alignées le long d'une petite route. Vers le nord, la petite route est barrée par un amoncellement de terre. C'est la zone interdite de **Tchernobyl**. **Korpilivka** vit au bord de la zone interdite. **Korpilivka** se nourrit là. Face à la contamination, les autorités ont

enlevé les toits de chaume. On a mis des ondulés en fibrociment à la place.

Sur le sol forestier, derrière les maison de **Korpilevka**, on a mesuré **557 500 Bq/m²** :



Sur le labour du jour, à côté des choux, on a mesuré **56 900 Bq/m²** :



Des enfants vivent à **Korpilevka**.

◆ LA ZONE INTERDITE DE TCHERNOBYL

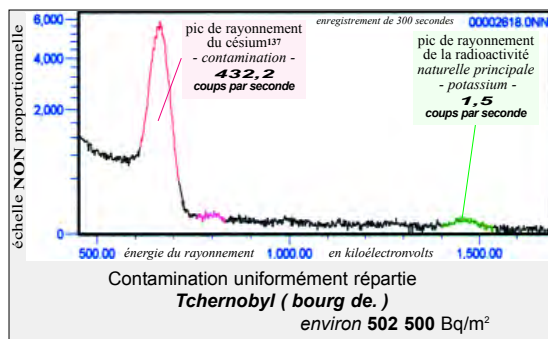
• Il y a les formalités permettant de pénétrer et de circuler dans la zone interdite de Tchernobyl. La clôture délimitant cette zone est distante de 30 à 40 km de la centrale accidentée.

• Sur le sol forestier des pins, 5 km à l'intérieur de la zone interdite, nous mesurons une contamination de **421 600 Bq/m²**.

• À mi-distance entre le poste de contrôle et le bourg de **Tchernobyl**, soit 15 km, le sol forestier des pins présente le niveau de contamination de **807 100 Bq/m²**.

• À l'entrée du bourg de **Tchernobyl**, sur la pelouse du vieux verger abandonné, le niveau de contamination par le césium-137 est mesuré à la valeur de **502 500 Bq/m²** (ci-après).

• Le **sarcophage** recouvrant le réacteur nucléaire accidenté se visite depuis un bâtiment installé à cet effet à quelques centaines de mètres. Face au **sarcophage**,



depuis la petite terrasse du bâtiment de visite, aucune appréciation qualitative du fort rayonnement n'est possible : le débit des impulsions est trop important pour que leur analyse puisse être effectuée.

On se contente de noter **302 000 coups par seconde** sur le détecteur dont la dimension est de 7,5 cm.

• Derrière le bâtiment permettant le regard sur le **sarcophage**, l'esplanade est un terrain visiblement reconditionné avec des plantations récentes. Sur cette esplanade, on relève un pic d'irradiation de césium-137 correspondant à **1 531 000 Bq/m²**.

• Dans la partie arrière de cette esplanade, on observe des entonnoirs de tassement du terrain, profonds de plusieurs mètres. Ces affaissements du terrain laissent voir, en plusieurs endroits, des morceaux informes de béton et de ferraille. Le rayonnement est puissant et, depuis le bord de ces entonnoirs, en plus de la forte émission radioactive du césium-137, on peut identifier celle du cobalt⁶⁰.

Des morceaux du réacteur accidenté ont été enterrés là, en urgence.

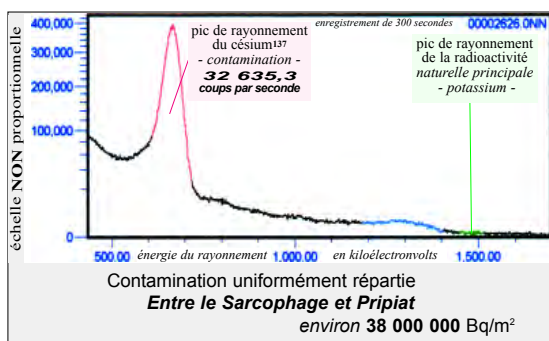
• En direction de **Pripiat**, entre 1 et 2 km de distance depuis la centrale, tout le terrain est raclé. Le dessus a été raclé et on l'a enterré. Des pins ont été semés. Ils sont jeunes. Sur ce terrain « décontaminé », on mesure le niveau de contamination de **560 600 Bq/m²**. Un pylône électrique, sur la surface de son emprise au sol, a empêché le raclage de « décontamination ». À cet endroit *préservé*, le niveau de contamination est mesuré à la valeur de **25 900 000 Bq/m²**.

• Puis, toujours en direction de **Pripiat**, on rencontre la première *forêt laissée en place*. Partout le sol forestier rayonne puissamment entre **150 000** et **190 000** coups par secondes.

La mesure du pic de césium révèle un niveau de contamination de **38 000 000 Bq/m²**.

D'autres corps radioactifs sont présents.

L'instrument est en limite de sa capacité de mesure ; il est « aveuglé » par un flux trop élevé de rayonnement durant 96% du temps de la mesure :



◆ LA VILLE DE PRIPIAT

C'était une ville moderne d'environ 50 000 habitants où logeaient les personnels construisant le centre d'énergie nucléaire qui devait être le plus puissant d'*Europe*. Désormais, la ville est déserte. Cette infrastructure silencieuse et inanimée, à part les chiens, est gardée par un poste et des patrouilles de la Milice.

- Sur la pelouse d'un rond-point, à l'entrée de la cité, on mesure la valeur de **1 390 000 Bq/m²**.

- Sur la pelouse devant « l'Atom Complex » dont la grande enseigne évocatrice voisine avec celle, non moins expressive, du « *Prometheum* » qui était la salle de spectacle, nous mesurons le niveau de contamination de **4 650 000 Bq/m²**. (*Prométhée vola le feu aux Dieux, qui en furent fâchés, pour le donner aux hommes, enfermé dans un bâton. S'agissant du feu nucléaire, le passage du témoin laisse à désirer.*)

- Dans le grand bac à fleurs de plusieurs mètres, devant l'hôpital-maternité de **Pripiat**, la contamination est mesurée à la valeur **5 111 000 Bq/m²**.

- À la sortie de **Pripiat**, l'aire de loisirs présente des niveaux de contamination que nous avons mesurés aux valeurs de **32 900 000** et **32 700 000 Bq/m²**.

- À une centaine de mètres de cette base de loisirs, et également à une centaine de mètres au nord d'un monument, la radioactivité est particulièrement forte. Une fugace, ultime et peu fiable digitalisation nous a donné le chiffre de **4 700 000 coups par seconde**. À cet endroit les mesures ne sont possibles qu'en capotant les détecteurs avec 1 cm de plomb.

◆ LES PAROLES DU RADIO-ÉCOLOGISTE DE LA CENTRALE DE TCHERNOBYL

« L'eau artésienne (profonde) est encore à la norme mais la contamination s'enfonce et cette eau ne sera plus à la norme d'ici deux ans.

Les "points chauds" de la contamination par le **plutonium** sont nombreux, de 10 à 100 Curies au km² (de 370 000 à 3 700 000 Bq/m², il s'agit bien de la contamination par le **plutonium**), voire plus ; mais la nature nous aide et ils restent fixés en haut du sol parce qu'ils sont gros » (le 13 octobre 2 000).





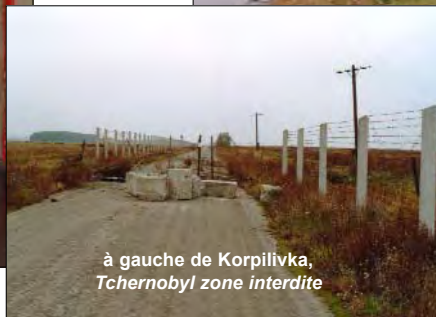
Tchernobyl zone interdite
terrain racle au premier plan :
560 600 Bq/m²
terrain non racle sous le pylône :
25 900 000 Bq/m²
À l'arrière-plan, chantier à finan-
cement international pour
le stockage-enfouissement.



bourgs et villages
rayés de la carte



Tchernobyl zone interdite
entrée du bourg de Tchernobyl
502 000 Bq/m²



à gauche de Korpilivka,
Tchernobyl zone interdite



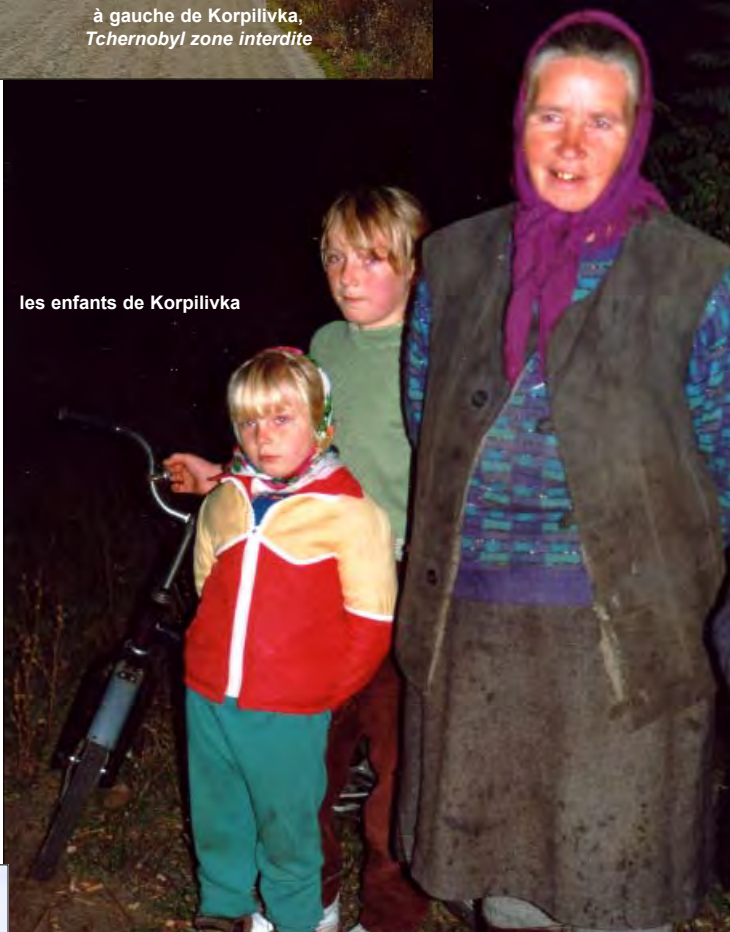
Tchernobyl zone interdite
Pripiat, ATOMCOMPLEX déserté,
dans la pelouse, 4 650 000 Bq/m²



Polesskoje zone interdite
dans le jardin de la datcha
728 000 Bq/m²



derrière les maisons de Korpilivka,
557 500 Bq/m²



les enfants de Korpilivka



à droite de Korpilivka,
Tchernobyl zone interdite

Contre les barbelés de
la zone interdite
de Tchernobyl,
en l'an 2 000,
européens
disposant de 1/3 d'Euro
par mois
pour « acheter »
de la nourriture
« non contaminée ».

▣ INSTRUMENTS UTILISÉS

Trois instruments sont utilisés sur le terrain : **1 radiamètre de type ictomètre**, modèle SPP2 fabriqué par *SAPHYMO*, **1 discriminateur alpha-bêta** à grande fenêtre fabriqué par *Ludlum*, **1 spectromètre portable** de marque *nanoSPEC*. On ne précisera ici que la méthodologie relative à ce dernier instrument, quoique les deux autres s'avèrent utiles pour l'approche de certains phénomènes, notamment pour inventorier rapidement les accumulations de contamination.

◆ LE SPECTROMÈTRE PORTABLE

Le spectromètre *nanoSPEC* utilisé pour les mesures sur le terrain est de type à cristal d'iodure de sodium (NaI). La taille du cristal est de 3'' x 3'', soit environ 7,5 x 7,5 cm pour les deux dimensions d'un cylindre. La résolution en énergie, typique pour ce genre d'instrument, est comprise entre 7 et 8 %. L'analyseur d'énergie dispose de 1024 canaux.

L'appareil est utilisé uniquement en mode « paramètres constants », en excluant la fonction d'« autocalibration ». Ces paramètres sont fixés par voie informatique (*aucun bouton ne peut être tourné accidentellement car il n'y en a pas*). Chaque mise en route fait passer obligatoirement l'instrument par une série d'autotests de contrôle et de validation des paramètres de fonctionnement.

*Une fonction intéressante de l'instrument est à signaler : le « comptage rapide » des impulsions reçues détermine avec précision le « temps mort » lors d'un comptage (proportion d'événements détectés mais non analysés). Cette caractéristique prend de l'importance lorsque le niveau de détection s'élève (fort niveau de contamination uniformément répartie, accumulations de contamination) ; ceci d'autant que le cristal de type NaI possède une bonne « efficacité intrinsèque » et que celui utilisé est de grande taille (lorsque le niveau de détection s'élève, trop d'impulsions arrivent pour pouvoir être analysées par l'électronique annexe). Pour des niveaux de détection élevés, signalons, sur le sol en France **38 000 coups par seconde** dus essentiellement au césium¹³⁷ avec un « temps mort » de 78 % et, toujours sur le sol, en Ukraine, **180 000 coups par seconde** dus surtout au césium¹³⁷ avec un « temps mort » de 96 %.*

◆ STABILITÉ DE FONCTIONNEMENT DU SPECTROMÈTRE

Elle a été contrôlée à plusieurs reprises durant la campagne de mesure : juillet 1999, juin 2000, septembre 2000, octobre 2000. En site toujours identique, ce contrôle consiste à mesurer le niveau de détection devant une source de césium¹³⁷ de 250 nSv / Heure (constituée d'un peu de sol alpin serti dans un tube). D'une part, les mesures de test sont répétées à géo-

métrie constante, d'autre part, on fait évoluer le niveau de détection en éloignant la source du détecteur selon des pas en progression géométrique entre le contact et 32 cm. Durant toute la campagne des mesures de terrain (*2,5 ans environ*), les mesures de test ont été reproduites à 2 % près.

◆ DÉRIVE EN ÉNERGIE DU SPECTROMÈTRE

Elle peut être de l'ordre de 3% de l'énergie considérée. Cette dérive est apportée surtout par les contraintes thermiques qui sollicitent le photomultiplicateur (*pour cette raison le corps de l'appareil est capoté par un isolant*). Ce fait n'a aucune incidence sur la mesure, d'autant que les spectres enregistrés sont obligatoirement recalibrés en énergie lors du dépouillement. De plus, en conditions thermiques stabilisées, cette dérive est quasi nulle.

◆ TEMPS D'ENREGISTREMENT D'UNE MESURE

Usuellement, la mesure d'une valeur de **contamination uniformément répartie** est acquise en **300 secondes** ou **500 secondes**.

Une valeur d'**accumulation de contamination** est acquise en **100 secondes**.

Bien d'autres temps d'enregistrement ont été pratiqués mais l'expérience montre que bien peu d'amélioration de l'information est apportée par l'allongement du temps d'enregistrement au-delà de 500 secondes ; et ceci, tant en ce qui concerne la résorption des écarts statistiques entre les canaux, qu'en ce qui concerne l'amélioration du rapport signal / bruit.

▣ DÉVELOPPEMENT INFORMATIQUE DES ENREGISTREMENTS

Les enregistrements effectués avec le spectromètre *nanoSPEC* sont traités avec le logiciel dédié *WINTMCA*.

◆ LE CALIBRAGE EN ÉNERGIE DES SPECTRES ENREGISTRÉS

Il consiste, pour chaque spectre enregistré, à fixer 3 valeurs bien repérées sur la bande d'énergie explorée, c'est-à-dire entre 20 et 2 000 kiloélectronvolts.

L'omniprésence du potassium⁴⁰ donne le point de haute énergie à 1460,8 keV.

L'omniprésence du césium¹³⁷ donne le point d'énergie moyenne à 661,6 keV (*dans les cas, rares, où le césium est déficient, on lui substitue le repérage sur le pic de 609,3 keV du bismuth²¹⁴ appartenant à la filiation de l'uranium²³⁸*).

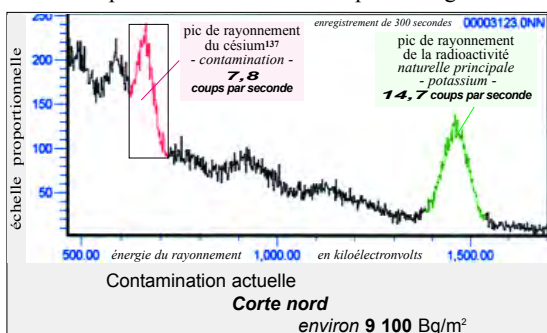
En basse énergie, le repérage peut être obtenu rapidement de deux manières : soit sur le pic de 32 keV du césium¹³⁷ lorsque l'activité de cet isotope est notable, soit de manière rapide mais suffisamment précise sur le canal 5 d'énergie 0 correspondant à la coupure des informations de basse énergie par le filtre électronique à front raide.

En règle générale, l'étalonnage en énergie des spectres ne présente aucune difficulté.

◆ DÉTERMINATION DE LA VALEUR DU PIC DE CÉSIMUM¹³⁷

La définition logicielle du pic de césium¹³⁷ à 662 keV est généralement correcte à partir des niveaux de détection situés autour de 5 coups / seconde (*correspondant à environ 5 000 Bq/m² de Cs¹³⁷*). ; elle peut aussi dépendre du niveau de bruit de fond naturel sur lequel s'effectue l'enregistrement.

Des retouches manuelles de la définition du pic de césium¹³⁷ sont nécessaires pour certaines configurations des spectres, notamment lorsque l'activité naturelle du bismuth²¹⁴ à 609 keV est suffisamment soutenue pour interférer avec le pic du césium¹³⁷. Les retouches manuelles de la zone d'intérêt du pic de césium¹³⁷ sont effectuées très généralement dans le sens de la restriction. Dans ces types de configurations spectrales et pour des niveaux de contamination du type 2 000 à 8 000 Bq/m², il apparaît utile de comparer la détermination du pic de césium¹³⁷ obtenue par l'intégration de



En raison de la très forte radioactivité naturelle d'ensemble et la forte radioactivité uranifère, le pic de césium¹³⁷ interfère à sa gauche (*côté basse énergie*) avec le pic du bismuth²¹⁴. De ce fait, la hauteur du pic de césium¹³⁷ à droite (*côté haute énergie*) est un facteur d'appréciation du pic de césium plus fiable que son intégration. *Cette hauteur devient un des paramètres majeur de déconvolution de l'interférence des deux pics.*

sa surface avec la détermination n'utilisant que la hauteur du pic. Le coefficient exprimant le rapport hauteur / surface du pic n'est valable que pour un temps d'enregistrement donné. Les coefficients utilisés qui relient la hauteur à la surface (*exprimées en impulsions*) du pic de césium¹³⁷ sont les suivants : 0,027 pour 1 000 secondes, 0,055 pour 500 secondes, 0,087 pour 300 secondes. Pour un temps d'enregistrement donné,

la droite de régression qui détermine ce coefficient a été obtenue sur toute la gamme des niveaux de détection entre les plus faibles (*128 cm de la source de 250 nSv / H*) jusqu'au niveau de détection introduisant 2 % de Temps Mort (*4 cm de la même source*).

Ainsi, pour une réitération de 3 mesures de 500 secondes en conditions constantes (*fiche de test / calibrage du 17 septembre 2000*), la moyenne du niveau de détection s'établit à 7,8 Becquerels (+/- 3 %) par intégration conventionnelle de la surface du pic de césium¹³⁷ à 662 keV. En considérant la hauteur du pic, la moyenne de détection s'établit à 7,9 Bq (+/- 1 %).

Pour un niveau de détection très faible (*fiche de test / calibrage du 26 juin 2000*), une réitération de 5 mesures de 500 secondes en conditions constantes permet de déterminer une moyenne de détection de 1,5 Becquerel de césium¹³⁷ dont le pic de 662 keV - à ce faible niveau de détection - ne peut être défini que par sa hauteur. Malgré ce faible niveau de détection, les mesures restent reproductibles de manière acceptable (+/- 14 %).

Pour les faibles niveaux de détection, les mesures gardent donc une bonne reproductibilité métrologique ; cet avantage provient d'un détecteur de bonne dimension pourvu d'une efficacité élevée.

Mais à conditions constantes, le degré de convolution (*interférence*) des pics reste lui-même constant. La situation est différente, d'un enregistrement à l'autre, lorsque le spectromètre est déplacé sur les différents secteurs. Sur les faibles radioactivités naturelles, des niveaux modestes de contamination peuvent être déterminés avec une bonne fiabilité (*cas du littoral atlantique sableux*). Avec la montée du niveau de radioactivité naturelle, toujours pour les bas niveaux de détection de la contamination, certaines configurations spectrales perdent de leur fiabilité, tandis que d'autres peuvent être raisonnablement exploitées.

Plus délicate est l'**intégration de la partie photoélectrique du pic** par le logiciel WINTMCA (*enlèvement du niveau de bruit sous le pic intégré*).

Cette opération logicielle fait apparaître des « *valeurs d'intégration pas à pas* » s'écartant d'environ 15% entre elles et sensibles à une faible variation du calibrage en énergie du spectre. Afin de ne pas tomber semi-aléatoirement, d'un enregistrement à l'autre, sur un pas d'intégration ou l'autre du pic, pour chaque spectre les deux valeurs sont systématiquement déclenchées et c'est leur moyenne qui est validée.

Autrement dit, en raison du mode de fonctionnement du logiciel WINTMCA, les intégrations de la zone d'intérêt d'un pic (*même si c'est le pic de césium qui est, ici, la préoccupation majeure, le phénomène décrit concerne, en fait, tous les pics*) peuvent un peu s'écarter (*soit par en dessus soit par en dessous*) de l'optimum souhaité.

Pour un pic donné, une faible variation - volontaire ou involontaire - du calibrage en énergie fait déclencher

une valeur d'intégration un peu PLUS ou un peu MOINS ample et dont l'écart entre ces deux valeurs a été signalé de l'ordre de 15 %.

C'est donc afin d'éviter de tomber - de manière non maîtrisée - sur une valeur soit un peu haute, soit un peu basse que, pour chaque intégration, les deux valeurs sont déclenchées par léger décalage du calibrage en énergie, et que c'est leur moyenne qui est retenue.

▣ PROTOCOLE DE MESURE SUR LE TERRAIN

Fondamentalement, le spectromètre est posé sur le sol, donc - *au niveau du principe* - le protocole est simplifié à l'extrême en ce qui concerne la relation (*sensible pour les mesures de radioactivité*) entre l'objet à mesurer et l'appareil de mesure lui-même.

Il découle de ce protocole simple que la mesure effectuée exprime la valeur du pic de césium (*ou des autres pics s'il en existe*) détecté au niveau du sol, à l'endroit où est posé l'instrument.

S'agissant d'une mesure ciblant une valeur particulière et ponctuelle - *comme par exemple une valeur d'accumulation de contamination* - cette partie rudimentaire du protocole est suffisante.

◆ MESURE DE LA CONTAMINATION UNIFORMÉMENT RÉPARTIE

Pour valider une mesure de contamination uniformément répartie, on doit s'assurer que la mesure se reproduit à l'identique d'un m² à l'autre du terrain. Dans ce but, des mesures exploratoires sont effectuées sur une surface étendue du terrain : plusieurs m², plusieurs dizaines de m², plusieurs centaines de m². Parfois, ces mesures exploratoires sont enregistrées (*mesures en rafale sur le terrain*) ; la plupart du temps, elles ne le sont pas.

Les enregistrements des mesures de contamination uniformément répartie sont toujours effectués en plusieurs stations sur lesquelles le spectromètre est successivement glissé sans interrompre l'enregistrement. Le nombre de ces stations est compris entre 3 et 10 (le plus souvent aux sommets d'un triangle de un à quelques m, voire s'étalant sur quelques dizaines de m). Le temps d'enregistrement est partagé autant de fois qu'il y a de stations et l'enregistrement global intègre les enregistrements partiels de plusieurs stations.

Eventuellement, sur le même secteur de mesure, plusieurs enregistrements peuvent être effectués.

De plus, un contrôle des valeurs de contamination mesurées est apporté par la cartographie qui impose aux

mesures de rester cohérentes entre elles. Les niveaux varient régionalement d'un secteur de mesure à l'autre ; parfois cette variation est rapide, c'est-à-dire d'ampleur importante sur des courtes distances. Ces faits cartographiques ne peuvent être validés que lorsqu'ils sont recouverts selon diverses trajectoires de mesures.

◆ L'EXPRESSION EN Bq/m² DE LA CONTAMINATION MESURÉE DEPUIS LA SURFACE DU SOL

En toute rigueur, ce qui est effectivement mesuré, c'est la grandeur du pic de césium¹³⁷ en coups par seconde ; cette valeur est donnée sur les enregistrements.

Celle-ci a l'inconvénient de dépendre des caractéristiques de l'instrument de mesure utilisé et de n'être ni usuelle ni explicite.

Si le sol avait partout les mêmes caractéristiques et si la contamination était distribuée toujours de la même manière dans l'épaisseur du sol, le pic d'irradiation mesuré en surface correspondrait à une quantité de contamination donnée dans celui-ci. Mais, comme les caractéristiques des sols sont variables, leur contamination est diversement distribuée dans leur épaisseur ; de ce fait, le pic de césium¹³⁷ mesuré en surface ne traduit qu'approximativement la quantité de contamination contenue dans le sol. **L'expression du niveau de contamination en Bq/m² est donc une approximation. Ce fait est signalé par le terme « environ » précédant le niveau de contamination traduit sur les enregistrements.** L'ordre de grandeur de cette approximation est le suivant, en fonction de la structure du terrain : sur les sols extrêmement minces, souvent posés sur un substratum dur, le niveau de contamination peut être surestimé par exemple de 20 % ; sur les sols « normaux et habituels », le niveau de contamination peut être sous-estimé plus fréquemment jusqu'à environ 20 %, sous-estimation qui pourrait atteindre, voire dépasser 50% dans les cas où le césium est plus enfoui.

Le coefficient forfaitaire permettant de convertir le niveau de détection mesuré à la surface du sol en Bq/m² est de **1 160** fois les coups par seconde de la valeur nette du pic de césium¹³⁷ à 662 keV. *[En fait - et ce qui revient au même - le coefficient est de 1000 fois le niveau de détection dans le pic net exprimé logiquement en Bq au taux de 86 % d'émission gamma pour le pic de 662 keV du césium¹³⁷].*

En **moyenne**, l'expression en Bq/m² dans le sol, de la grandeur du pic de césium¹³⁷ mesuré à la surface de celui-ci, et dont nous faisons état, s'écarte peu des résultats obtenus par d'autres méthodes ([pages 57 à 62](#)).

L'appréciation de cette approximation fait appel à la comparaison des résultats entre, d'une part la mesure depuis la surface du terrain discutée ici et, d'autre part, la mesure au laboratoire de carottes de sols prélevées dans des conditions précises.

Ce **facteur 1 000** (rapport entre les Becquerels rigoureusement détectés depuis la surface du sol et la densité surfacique des Becquerels du sol en Bq/m²) a été établi en deux temps.

1°/ une approche progressive par intercomparaison entre les mesures de surface et les mesures de laboratoire a été menée pas à pas et hors confrontation méthodologique dure et systématique. Des mesures depuis la surface ont été conduites sur des sites ayant fait l'objet d'analyses de laboratoire par la CRIIRAD, soit anciennement (*sud-est, Jura*), soit récemment (*Jura, Vosges*); des échantillons ont été prélevés (*Champsaur, Briançonnais, Gapençais*) et conduits au laboratoire de la CRIIRAD dans le but d'une intercomparaison de méthode déjà plus resserrée.

2°/ Une confrontation méthodologique serrée - entre mesures de surface et analyses de carottages au laboratoire de la CRIIRAD - a été conduite sur de multiples secteurs : *Col des Bagenelles* (Vosges), *Vassieux* (Vercors), *La Robine-sur-Galabre* (nord de Digne, sud-est), *Sisteron* (sud-est), *Aspres-sur-Buëch* (sud-est), *Sari-Solenzara* (Corse). Les résultats de cette confrontation méthodologique sont discutés **pages 57 à 66**.

Un des avantages de la méthode de mesure depuis la surface du sol, c'est de pouvoir multiplier le nombre des mesures et donc de pouvoir questionner assez rapidement un environnement donné. Et ceci malgré le handicap méthodologique qui fait exprimer la **densité surfacique** de la contamination à travers une approximation qui vient d'être discutée. Autrement dit, on peut considérer que la mesure directe (*et rapide*) depuis la surface du sol connaît bien ce qu'elle mesure mais la mesure avec une certaine approximation, tandis que la méthode par carottages et analyses au laboratoire mesure avec une meilleure précision une cible qui peut être prélevée avec un certain hasard, circonstance qui peut - **ou non** - être considérée comme un avantage et une position de neutralité. Cette deuxième méthode, plus lourde, parce qu'elle ne permet guère de multiplier les analyses, questionne moins l'environnement de prélèvement de la mesure.

Le principal résultat du questionnement d'un environnement c'est de mettre en évidence le degré de variabilité du niveau de contamination sur l'étendue du secteur de mesure.

Les figures ci-dessous représentent les catégories principales de répartition de la contamination telles qu'on peut les constater et ces schémas, malgré leur simplicité, traduisent bien et décrivent bien la réalité du phénomène.

Hormis les cas des accumulations qui ont été discutés, l'altération de l'uniformité de la contamination se développe en même temps que l'ampleur des affaissements qui affectent le plateau de conservation idéale (*de [1] à [6]*).

C'est très volontairement que ces schémas sont donnés sans précision de distance tant le phénomène de l'alté-

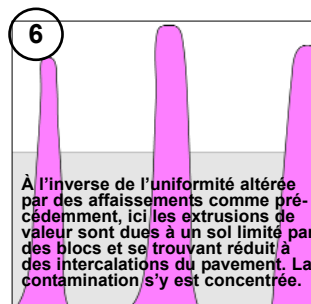
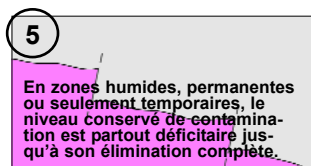
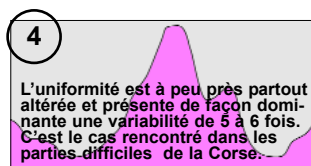
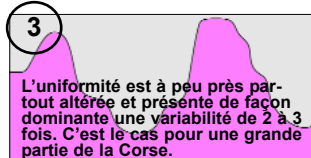
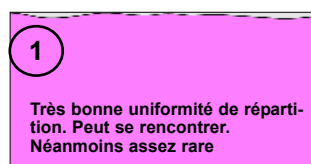
ration de l'uniformité de la contamination peut se manifester à toutes les échelles, depuis le décimètre jusqu'à l'hectomètre. Des dimensions très différentes du phénomène peuvent, aussi, se superposer et s'emboîter.

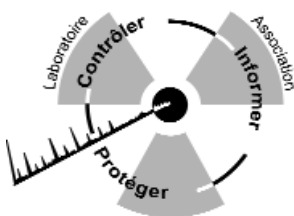
Le plateau idéal et parfaitement conservé [1] existe rarement ; il peut se rencontrer dans des grandes pelouses homogènes et légèrement inclinées (*Mont Colombis à l'ouest de Serre-Ponçon*).

Un peu plus fréquemment que pour les pelouses, des sols forestiers peuvent s'approcher de cet idéal d'uniformité et de conservation du niveau de contamination. Le type [2] est celui dont on doit se contenter le plus souvent avec une variabilité de l'ordre de 25 % qu'il est souvent difficile de réduire sur l'étendue d'un secteur donné. On peut s'étonner qu'avec le temps et les innombrables sollicitations que subissent les différents milieux, une telle uniformité ait pu subsister.

Les types [3] et [4] correspondent à des contraintes fortes sur les milieux. Celles-ci ont inexorablement altéré l'uniformité du niveau de contamination. De ce fait, la cartographie conventionnelle s'avère impossible. **Cet aspect des choses est abordé frontalement au chapitre de la Corse.**

C'est un fait constant que les zones humides, même temporairement humides, présentent un niveau de contamination toujours déficitaire de type [5]. Le type [6] correspond à un sol réfugié dans les interstices entre des blocs pouvant constituer un pavement. De ce fait, la contamination se trouve concentrée dans ces interstices. Ce type de répartition de la contamination assure la transition entre la **contamination uniformément répartie** et les **accumulations de contamination**.





CRIIRAD

Commission de Recherche et d'Information
Indépendantes sur la Radioactivité

La CRIIRAD est née en mai 1986, au lendemain de la catastrophe de Tchernobyl, de la mobilisation de simple citoyens choqués par le discours lénifiant des autorités, la minoration systématique des chiffres et le refus de protéger les enfants. Estimant qu'ils avaient le droit d'être correctement informés du niveau de contamination des produits alimentaires et de choisir de les consommer ou non, ils ont décidé de créer une structure capable de traiter toute question relative aux rayonnements ionisants, aux pollutions radioactives et aux risques qu'elles génèrent.

La CRIIRAD n'est ni pro, ni anti-nucléaire.

Sa mission est de mettre à disposition du public des éléments d'information et de réflexion afin que chacun puisse se forger sa propre opinion.

Une association à but non lucratif

Association loi 1901, la CRIIRAD est dirigée par un conseil d'administration composé de bénévoles et présidée, depuis 1997, par Roland Desbordes, professeur de physique.

Les adhérents constituent le fondement de la CRIIRAD et garantissent son indépendance vis-à-vis de l'Etat et du lobby nucléaire. Leurs cotisations permettent à l'association de conduire ses propres investigations et d'intervenir pour préserver l'environnement ou améliorer la radioprotection.

Un laboratoire spécialisé dans les analyses de radioactivité

Le laboratoire de la CRIIRAD effectue des analyses, études et contre-expertises pour tous ceux qui veulent savoir : particuliers, associations, collectivités, industriels, tribunaux, etc.

Il est agréé par le ministère de la Santé pour les mesures de radioactivité dans l'environnement.

A votre disposition
pour tous contrôles sur :

- Sols, chaîne alimentaire, matériaux, déchets, etc.
- Eaux de surface, eaux de nappe et eaux potables
- Habitations, locaux de travail, mines et environnement naturel.

ces combats nous concernent tous

Pour continuer son action,
la CRIIRAD a besoin de vous.

Adhérer vous permet :

- de participer à la lutte pour la protection de l'environnement, de la santé et du droit de savoir ;
- de recevoir des informations sous forme de publications concernant les dossiers, études et actions suivies par la CRIIRAD.

Pour nous rejoindre, nous aider, vous informer -
renvoyez nous vos coordonnées sur papier libre

(Nom - Prénom - Adresse - Tél. - Fax - E-mail)
accompagnées de votre règlement

Adhésion / don :

Pour soutenir la CRIIRAD, rendez-vous sur :

<http://espace-adherents.criirad.wbmu-002.fingerprint-technologies.net/don-ou-adhesion/>

CRIIRAD, 29 cours Manuel de Falla, 26000 VALENCE
Téléphone : 04 75 41 82 50 - E-Mail : contact@criirad.org
Site web : www.criirad.org Youtube : <https://www.youtube.com/user/criirad>

* Les prix indiqués sont révisables au 01/06/2002.

Contaminations radioactives : atlas France et Europe

CRIIRAD et André Paris

A-t-on menti aux populations françaises, en 1986, sur les dépôts de radioactivité consécutifs à la catastrophe de Tchernobyl ? La contamination des sols était-elle vraiment négligeable, les risques infimes et toute mesure de protection inutile ? Quelles sont les régions, les communes épargnées par les retombées de Tchernobyl ? **Que reste-t-il, aujourd'hui, dans les sols ?** Peut-on désormais se fier aux informations diffusées par les services officiels ?

La CRIIRAD - Commission de Recherche et d'Information Indépendantes sur la Radioactivité - présente en première partie le **dossier accablant** qu'elle a constitué, tout au long des années, passant au crible les informations et les cartes publiées par les services officiels, étayant ses démonstrations sur le résultat des investigations et contre-expertises de son laboratoire.

Avoir accès à **une information indépendante et argumentée sur la radioactivité** est une **revendication citoyenne légitime** et nécessaire face aux dysfonctionnements des services de l'Etat. Cet atlas de référence fournit des cartes et des **informations inédites** utiles à tous ceux qui veulent comprendre le débat sur les conséquences sanitaires de la catastrophe de Tchernobyl. C'est le résultat de plus de 3000 mesures réalisées de 1999 à 2001 par le géologue **André Paris** dans toute la France, et jusqu'en Ukraine, au cœur de la zone interdite. Ces mesures ont été effectuées selon une méthodologie unique qui **en garantit la reproductibilité**.

Le travail réalisé, immense et incontournable, vient combler, autant qu'il est encore possible, les carences des services officiels dans l'évaluation de l'impact de Tchernobyl.

André Paris est géologue indépendant, animé d'un infatigable souci de savoir.

Association à but non lucratif, créée au lendemain de l'accident de Tchernobyl, la CRIIRAD se bat depuis 16 ans pour que toute la lumière soit faite sur ce dossier. Elle a mobilisé les compétences de son laboratoire d'analyse - laboratoire spécialisé et certifié par le ministère de la santé - pour apporter à André Paris un soutien scientifique en procédant notamment, in situ et en laboratoire, à plusieurs séries d'intercomparaisons.

ISBN 2 913492 15 0



Editions
Yves Michel

28 €