

SUIVI DE LA CONTAMINATION RADIOACTIVE DES SOLS ALSACIENS Rappel des résultats des études CRIIRAD 1990-1991 et 1998 Projet 2014 pour « Les Enfants de Tchernobyl »

Note CRIIRAD N°140211 / B. Chareyron

L'accident de la centrale nucléaire de Tchernobyl le 26 avril 1986 et la gestion de la crise en France dans les jours qui ont suivis, ont fortement marqué les alsaciens. Aussi, le Conseil Régional d'Alsace a décidé de se doter d'outils, de moyens de connaissance et d'information indépendants.

C'est ainsi que, afin d'éclaircir les connaissances sur les retombées radioactives, la Région Alsace a souhaité disposer de données fiables sur la radioactivité des sols et en particulier leur éventuelle contamination radioactive liée aux retombées de Tchernobyl en 1986.

Elle a ainsi confié à la CRIIRAD, dès 1989, la réalisation d'une étude de référence sur **66 communes** réparties de façon relativement homogène sur le territoire alsacien (voir carte C1 en annexe 3). Les prélèvements d'échantillons ont été effectués de **janvier 1990 à mars 1991**. Cet état zéro en Alsace est unique en France.

En 1998, La Région Alsace a souhaité disposer d'un nouveau suivi radioécologique pour apprécier l'évolution de la radioactivité des sols et l'éventuelle migration des radionucléides. Pour permettre la meilleure comparaison possible des résultats des deux campagnes de mesures et profiter de compétences en matière de sensibilisation dans le domaine de la radioactivité, cette seconde étude à été confiée une nouvelle fois à la CRIIRAD. Les mesures ont porté sur 28 communes des 66 de l'étude de 1990. La CRIIRAD a également analysé un sol forestier et les champignons situés à proximité, pour compléter son étude.

En **2014**, l'association « Les Enfants de Tchernobyl » a demandé au laboratoire de la CRIIRAD de dimensionner un nouveau projet permettant d'actualiser les données de 1998.

Le présent document rappelle les résultats des études de 1990-1991 et 1998 et présente les objectifs et la méthodologie du projet 2014.

A / Etude de 1990 : Etat des lieux initial

La contamination du sol varie en général selon l'éloignement par rapport à la source d'émission, mais compte tenu des changements dans la direction et la vitesse du vent, et de l'importance de la pluviosité (les dépôts humides sont prédominants par rapport aux dépôts secs), des territoires situés à grande distance de Tchernobyl ont pu être notablement touchés par les retombées, c'est le cas d'une bande située dans le quart Est de la France, de la Corse à l'Alsace.

TVA intracommunautaire n° FR80341802544

L'étude initiale confiée au laboratoire de la CRIIRAD avait un double objectif :

- établir un état des lieux de la contamination globale des sols en 1990/91, afin de disposer de données de référence pour des suivis ultérieurs,
- apprécier, a posteriori, l'intensité des retombées de Tchernobyl en 1986 sur l'Alsace.

Pour constituer l'échantillonnage, les stations ont été choisies de manière à couvrir de façon homogène le territoire Alsacien, en privilégiant les stations proches des stations météorologiques¹, la pluie ayant pu jouer un rôle primordial dans l'intensité des retombées de Tchernobyl en lessivant le ou les nuages contaminés et en entraînant les particules radioactives vers le sol.

Pour que les mesures soient les plus représentatives du niveau initial des retombées (afin de limiter les risques de déperdition ou au contraire de reconcentration des radionucléides) des critères stricts ont été appliqués au choix des terrains : terrain plat, dégagé, dépourvu de végétaux pérennes, non pâturé ou cultivé, non remanié et faiblement caillouteux.

Il est à signaler que ces travaux constituent des évaluations a minima, une partie des éléments radioactifs ou radionucléides entraînée avec les eaux d'infiltration lors de la phase initiale de contamination, n'ayant pu être mesurée. Par ailleurs, d'autres mécanismes ont pu conduire à un transfert des contaminants entre les dépôts de 1986 et les prélèvements effectués en 1990-1991.

Présence de césiums 134 et 137

En **1990**, il ne restait essentiellement dans les sols que 2 radionucléides émetteurs gamma artificiels pouvant provenir des retombées de **Tchernobyl** : les césium 137 et 134.

- Le **césium 134** lié au retombées des essais nucléaires militaires atmosphériques particulièrement intenses dans les années 50/ 60 a disparu compte tenu de sa courte période physique² (**2 ans**). Sa présence dans les sols en 1990 est donc, en l'absence de rejets récents effectués par des installations nucléaires, imputable aux retombées de Tchernobyl de mai 1986. Il ne pouvait subsister lors de la campagne de 1990 que 19 à 29 % du césium 134 de Tchernobyl³. L'activité résiduelle était encore facilement mesurable dans les échantillons de sols étudiés en 1990.
- Le césium 137 ayant une période physique relativement longue (30 ans), le résidu des retombées liées aux essais militaires s'ajoute aux retombées de Tchernobyl de mai 1986. Il ne pouvait subsister en 1990 que 89 à 92 % du césium 137 présent en 1986⁴. La carte C2 en annexe 4 donne les activités surfaciques en césium 137 total mesurées en 1990. Le rapport entre les césium 134 et 137 permet de quantifier la part de césium 137 imputable à Tchernobyl (en moyenne 58 % du césium 137 mesuré en 1990 dans les sols Alsaciens est imputable aux retombées de Tchernobyl).

Répartition du césium 137 dans le sol

L'analyse des échantillons de terre de l'ensemble des sites⁵ montre que :

- 69 % du césium 137 total se trouvait, en 1990, dans les 10 premiers centimètres du sol,
- 89 % du césium 137 total se trouvait dans les 20 premiers centimètres du sol, ce qui signifie que seulement 10 % du césium avait migré à une profondeur supérieure à 20 cm. Selon les sites, une disparité était cependant constatée.

Le césium 137 imputable aux retombées de Tchernobyl était localisé à plus de 90 % dans les dix premiers centimètres de sol. D'ailleurs, dans seulement 6 sites sur 66 le césium de Tchernobyl était encore mesurable à plus de 20 cm de profondeur.

LABORATOIRE D'ANALYSE

TVA intracommunautaire n° FR80341802544

¹ De manière à pouvoir effectuer, le cas échéant, des corrélations avec la pluviométrie.

² Temps nécessaire pour que la radioactivité de l'élément diminue de moitié.

³ En fonction de la date exacte du prélèvement.

⁴ En fonction de la date exacte du prélèvement.

⁵ Les prélèvements ont été effectués par strates de 5 à 10 centimètres d'épaisseur dans les 40 premiers centimètres du sol.

L'ampleur des retombées de Tchernobyl en Alsace en 1986

Les retombées en césium 137 imputables à Tchernobyl présentaient des valeurs moyennes assez homogènes sur les deux départements, même si globalement les niveaux moyens de contamination dans le Haut-Rhin s'avéraient légèrement supérieurs. Les retombées étaient comprises entre 979 Bq/m² et 30 260 Bq/m², le taux maximum mesuré se trouvant à Diébolsheim dans le Bas-Rhin (voir carte 3 en annexe 5).

La Communauté Européenne considère que les sites ayant subi des retombées en césium 137 supérieures à 10 000 Bq/m² sont parmi les plus contaminés d'Europe de l'Ouest. En Alsace, 13 sites sur 66 entraient dans cette catégorie.

La contamination mesurée en Alsace en 1990 s'avérait ainsi identique à celle mesurée par la CRIIRAD dans l'Ain, le Jura, les Hautes Alpes ou la Corse. Les départements alsaciens font partie des territoires du quart Est de la France les plus touchés par les retombées de Tchernobyl.

Note: Ces niveaux de contamination (qui correspondent à une activité massique de plusieurs dizaines à plusieurs centaines de Bq/kg) ont été mesurés sur une bande allant de l'Alsace Lorraine à la Provence et jusqu'en Corse. Les mesures effectuées dans l'Ouest de la France sont nettement inférieures. Il faut souligner que sur l'Arc Alpin, en altitude (Massifs des Ecrins et du Mercantour par exemple) certaines mesures effectuées par le laboratoire de la CRIIRAD en 1996-97 ont montré que des phénomènes de reconcentration pouvaient⁶ conduire à des activités massiques en césium 137 de plusieurs milliers à plusieurs centaines de milliers de Bq/kg.

Les mesures réalisées en 1990 ne rendent compte que d'une partie de la contamination liée à l'accident de Tchernobyl. De nombreux radionucléides à période courte ont disparu dans les mois qui ont suivi l'accident. Parmi ceux ci, **l'iode 131** (période physique égale à 8 jours) était en quantité 5 à 10 fois supérieure dans les dépôts au sol (pour les pays d'Europe Occidentale). On peut donc établir que pour 2 600 Bq/m² de césium 137, il y avait plus de 13 000 Bq/m² d'iode 131. Compte tenu des outils prédictifs et des normes sanitaires en vigueur à l'époque, il aurait été nécessaire de prendre des contre-mesures sanitaires, en particulier interdire la commercialisation du lait frais, afin de limiter l'exposition des jeunes enfants.

TVA intracommunautaire n° FR80341802544

BFCC VALENCE - 4259 - 00013 - 21 025846604 - 41 --

LABORATOIRE D'ANALYSE

⁶ Voir par exemple: <u>http://www.criirad.org/english/chernobyl-fallout.pdf</u>

B / Etude de 1998 : suivi de la contamination résiduelle en césium

Méthodologie

La deuxième étude engagée par la **Région Alsace** a porté sur **28 des 66 sites de 1990**. Le choix de ces sites a tenu compte de leur répartition géographique et des retombées mesurées à l'occasion de la première campagne de prélèvement.

L'emplacement précis des sites échantillonnés en 1990 a été systématiquement recherché et réutilisé dans la mesure du possible afin d'obtenir des données parfaitement comparables (dans 7 cas sur 28, le site retenu en 1998 n'est cependant pas exactement comparable à celui de 1990, du fait notamment des remaniements intervenus sur place). Un site forestier a été ajouté car les zones forestières ont pu recevoir des dépôts nettement supérieurs du fait de la capacité de captation de leur feuillage.

Le même protocole de prélèvement que celui utilisé la première fois a été mis en œuvre. De plus, afin de vérifier la cohérence des systèmes de mesures, la CRIIRAD a renouvelé l'analyse de certains échantillons de 1990 qui avaient été conservés dans des conditions spécifiques et adaptées.

Une analyse physico-chimique du sol a été ajoutée à cette deuxième campagne afin d'étudier, le cas échéant, une éventuelle influence de la composition du sol sur le comportement des radioéléments recherchés (césium).

Les analyses ont révélé la présence des deux radionucléides artificiels mesurés dès 1990 :

- le césium 137 mesurable sur 27 sites,
- le césium 134 mesurable dans 6 sites seulement (il ne pouvait subsister en 1998 que 2 % au plus du césium 134 déposé en 1986).

Les radionucléides d'origine naturelle (famille du potassium 40, de l'uranium 238, du thorium 232) ont également été recherchés.

La radioactivité naturelle

Les teneurs en radionucléides naturels du sol sont globalement comparables aux valeurs moyennes de l'écorce terrestre et relativement homogènes dans le Bas-Rhin, un peu plus dispersées dans le Haut-Rhin avec, entre autre, l'existence de quatre sites présentant des teneurs plus élevées que la moyenne en uranium 238 et thorium 232 : Breitenbach, Bitschwiller, Turckheim et Kruth. Ces quatre communes, toutes situées dans le Haut-Rhin, correspondent à un substrat granitique particulier, qui explique des concentrations supérieures à l'activité moyenne de la croûte terrestre. Dans ces secteurs, il est recommandé d'effectuer des contrôles de l'activité en radon (gaz radioactif naturel) dans l'habitat.

Le césium 137

L'analyse de l'évolution du césium 137 entre 1990 et 1998 a mis en évidence une décroissance moyenne d'environ 50 % supérieure à celle qui était attendue du seul fait de la décroissance physique de ce radioélément (diminution théorique de 17 à 18 %).

La carte présentant les activités surfaciques en césium 137 total figure en Annexe 6 (carte 7). La liste des communes figure dans le tableau T1 page suivante.

En moyenne, la répartition en profondeur du césium est la suivante :

- 86 % du césium 137 dans les 20 premiers centimètres du sol,
- 6 % du césium 137 dans les couches les plus profondes,
- on note un appauvrissement de la couche superficielle en césium 137 (0-5 cm) au profit de celles de 5-10 et 10-20 cm.

Dans la majorité des cas, la diminution du césium 137 s'est avérée nettement supérieure à celle attendue du fait de sa seule décroissance radioactive. En considérant comme significatifs les écarts

4

TVA intracommunautaire n° FR80341802544

(entre la décroissance mesurée et celle attendue) supérieurs à 25 %, on constate que 17 sites ont connu une décroissance du césium 137 supérieure à celle escomptée (dont 12 sites pour lesquels le carottage de 1998 a été réalisé en un site non modifié par rapport à 1990).

Ces résultats sont à mettre en relation avec différentes hypothèses de transfert :

- le transfert à la faune et la flore : la quantité de césium 137 absorbé par les plantes est fonction de nombreux paramètres dont la quantité de potassium 40 disponible dans le sol, le pH, le type et le mode de culture, etc,
- · L'érosion des sols,
- la migration en profondeur et/ou le lessivage du césium : ces phénomènes dépendent de la granulométrie du sol, son acidité, le taux de matière organique, le pourcentage d'argile, les précipitations, etc.

T1 / Liste des communes ayant fait l'objet d'un carottage de sol en 1998 (laboratoire CRIIRAD)

					Retombées de
	Lieu	Latitude	Longitude	Altitude, en m	Tchernobyl en mai 1986 (Bq/m2)
	Ban de la Roche	N 48°24-828'	E 007°13-146'	616	6 256
	Brumath*	N 48°44-170'	E 007°44-565'	219	<mark>7 185</mark>
-	Diebolsheim	N 48°16-299	E 007°39-140'	196	30 261
	Diemeringen	N 48°56-339'	E 007°11-486'	258	<mark>9 504</mark>
	Erstein*	N 48°24-646'	E 007°40-307	238	11 528
	Neuve Église	N 48°19-845'	E 007°18-431'	362	5 407
K	Preuschdorf*	N 48°56-855'	E 007°47-849'	225	6 505
7	Reichshoffen	N 48°56-231'	E 007°39-392'	221	4 253
AS-RH	Romanswiller	N 48°38-526'	E 007°23-906	261	2 706
	Saales	N 48°20-640'	E 007°06-618'	515	8 675
4	Stattmatten	N 48°47-512'	E 008°00-257'	100	1 104
	Strasbourg*	N 48°34-511'	E 007°46-347'	222	18 171
	Wissembourg	N 49°02-193'	E 007°55-573'	183	2 974
	Aubure	N 48°12-221'	E 007°13-240'	751	12 222
	Bitschwiller	N 47°49-525'	E 007°04-080'	407	8 592
	Breitenbach	N 48°01-935'	E 007°06-056'	479	8 280
Z	Durmenach*	N 47°31-476'	E 007°19-022'	475	12 708
	Fessenheim*	N 47°55-211'	E 007°32-220'	205	5 246
	Guebwiller*	N 47°54-352'	E 007°13-707'	210	11 311
4	Kruth	N 47°56-414'	E 006°57-533'	380	18 780
ı 📗	Le Bonhomme	N 48°11-546'	E 007°07-038'	987	14 919
AUI-KH	Lutterbach	N 47°45-829'	E 007°17-126'	280	5 672
	Oberentzen	N 47°56-450'	E 007°22-752'	230	2 418
\P	Saint-Louis	N 47°36-421'	E 007°31-360'	246	4 643
	Schlierbach	N 47°40-859'	E 007°25-158'	195	4 141
7	Ste Marie aux mines	N 48°15-173'	E 007°12-002'	370	15 330
	Turckheim	N 48°04-780'	E 007°15-489'	354	11 361
	Wolfgantzen	N 48°01-732'	E 007°30-177	145	5 338

^{*}Sites de prélèvement ayant été modifiés entre 1990/91 et 1998.

Nombre de sites avec une retombée en césium 137 de Tchernobyl :

Entre > 5 000 Bq/m² et < 10 000 Bq/m² = 11 sites et > 10 000 Bq

 $> 10 000 \text{ Bq/m}^2 = 10 \text{ sites}$

4/111 = 10 sites

TVA intracommunautaire n° FR80341802544

BFCC VALENCE - 4259 - 00013 - 21 025846604 - 41 --

5

L'exposition de la population en 1998

En plus de la mission d'échantillonnage et de mesure qui lui avait été confiée par la Région Alsace, la CRIIRAD a effectué, sur les sites mesurés en 1998, des calculs permettant d'estimer le surcroît d'exposition imputable à la contamination résiduelle des sols par le césium 137.

La présence du césium 137 peut conduire à 2 types d'expositions :

• 1 / L'exposition externe liée au fait qu'en se désintégrant le césium 137 émet des rayonnements gamma relativement pénétrants qui s'ajoutent à l'irradiation naturelle subie par un individu qui évolue au dessus du sol. L'exposition annuelle ajoutée est calculée en faisant le produit de la durée passée au dessus du sol par le débit de dose ajouté à 1 mètre au dessus du sol.

En ce qui concerne l'exposition externe, la CRIIRAD a pu établir les fourchettes d'exposition suivantes :

Exposition annuelle ajoutée du fait de	dose	Dose
la présence résiduelle du césium 137	ajoutée	ajoutée
dans les sols en 1998 :	moyenne	maximale
	Alsace	(Le Bonhomme)
	en μSv/an	en μSv/an
Promenade hebdomadaire de 2		
heures par jour	0,3 à 1,15	1,6 à 2,9
1heure/jour pendant 365 jours	1,5 à 4	5,4 à 10,2
Exposition professionnelle en extérieur (8h/j pendant 220 j/an)	7 à 20	26 à 50
Exposition professionnelle forte (6 h/j pendant 365 j/an)	8,8 à 24	33 à 61

• 2/L'exposition interne par ingestion du césium 137 à travers la chaîne alimentaire.

Compte tenu des faibles facteurs de transfert entre le césium contenu dans le sol et les principaux produits cultivés (légumes, fruits, etc...), les niveaux résiduels de césium 137 n'atteignent généralement plus actuellement que quelques Becquerels par kilogramme et ne nécessitent aucune contre-mesure particulière. Il en va de même pour le fourrage, le lait, les produits laitiers et la viande. La CRIIRAD n'a pas effectué de mesures sur ces denrées dans le cadre de cette étude mais s'appuie sur les données de la littérature scientifique.

Par contre certaines denrées issues du milieu forestier peuvent receler encore un niveau de césium 137 qui peut conduire à des doses non négligeables pour les forts consommateurs de **gibier**, **baies ou champignons**. Il est donc recommandé dans les secteurs les plus touchés de l'Est de la France de contrôler la radioactivité de ces produits. C'est pourquoi la CRIIRAD a procédé à quelques contrôles sur les champignons.

La contamination des champignons: des investigations ont été effectuées sur un sol forestier (Kruth) et à partir de 7 lots de champignons prélevés dans cette commune. Les résultats obtenus sont cohérents avec la classification établie par la CRIIRAD suite aux multiples prélèvements effectués en France (classement des espèces en fonction de leur capacité à concentrer le césium 137 du sol). Ainsi, la coulemelle ne présente aucune activité détectable tandis que la contamination en césium 137 de la chanterelle en tube et du laqué améthyste dépasse 600 Bq/kg frais. Il faut signaler que plus du quart des champignons collectés à Kruth présente une contamination en césium 137 supérieure à la limite européenne (600 Bq/kg). Or le secteur de Kruth n'est pas le secteur le plus contaminé au terme de l'étude sur la contamination des sols. Ces investigations conduisent à s'interroger sur l'ampleur de la contamination des champignons alsaciens La sélection des espèces à la cueillette peut être une bonne façon de se protéger face à une ingestion importante de champignons contaminés. En effet,

LABORATOIRE D'ANALYSE

TVA intracommunautaire n° FR80341802544

une consommation élevée (8 kg/an) d'espèces contaminées (chanterelles en tube à 870 Bg/kg) conduirait à une dose efficace annuelle de 90,5 microSieverts pour un adulte. Cette dose serait abaissée à 13,3 microSieverts pour une consommation ciblée sur les espèces les moins contaminées.

La prise en compte des doses liées à l'exposition externe et à l'ingestion de champignons permet de dégager les conclusions suivantes :

- Les expositions imputables au césium 137 résiduel se situent en 1998, dans la gamme dite des « très faibles doses » de rayonnements ionisants,
- Pour la majorité des habitants, ce surcroît d'exposition reste très faible, mais avoisine et peut dépasser le seuil du risque négligeable (10 microSieverts par an),
- Pour les groupes les plus exposés, les doses efficaces sont de l'ordre de quelques dizaines à quelques centaines de microsieverts par an, mais ne devraient pouvoir dépasser le seuil du risque jugé inacceptable (1 000 microSieverts par an) que dans des cas très isolés.

Il est recommandé d'effectuer des contrôles ciblés sur le milieu forestier (baies, gibier, champignons) afin d'avoir une vision plus précise des risques d'incorporation du césium 137 et de pouvoir limiter les expositions au niveau le plus faible possible par une information appropriée des consommateurs. Ces contrôles complémentaires devraient être ciblés sur les produits et espèces les plus consommés et sur les secteurs les plus prospectés.

Rappel des conclusions de l'étude CRIIRAD de 1998

Les 28 sites d'Alsace avant fait l'objet de la seconde étude connaissent une tendance générale à la diminution des activités en césium 137, et à la disparition quasi complète du césium 134.

On note entre les données de 1990 et celles de 1998 une diminution du césium 137, plus importante que celle attendue du fait de sa seule décroissance radioactive. La mobilité du césium étant liée à de nombreux facteurs, l'hypothèse la plus probable concernant la disparition du césium est le lessivage vers les couches profondes du sol et/ou des nappes phréatiques. Cependant, il paraît peu probable que le césium perdu par les sols alsaciens entre 1990 et 1998 ait provoqué une contamination mesurable des eaux souterraines et a fortiori de la nappe phréatique. La capacité de dilution de cette dernière et son fort taux de renouvellement permettent de considérer a priori qu'il n'y a pas de risque d'accumulation des éléments radioactifs dans l'eau. La présence éventuelle de cas particuliers pourrait être recherchée dans le cadre d'une campagne spécifique de contrôle de la radioactivité des eaux souterraines à l'échelle régionale.

Les deux études ont mis en évidence la nécessité de suivre l'évolution du césium 137 de Tchernobyl dans les sols alsaciens. Ces données sont d'autant plus précieuses que peu de sols français ont fait l'objet d'un tel suivi.

Ces résultats devraient faire l'objet d'une explication sommaire à l'adresse de chacune des 66 communes d'Alsace sur lesquelles un carottage a été réalisé et qui ont été informées des prélèvements réalisés sur leur territoire.

Une nouvelle étude de suivi de la radioactivité dans les sols serait à envisager dans quelques années, afin de compléter ces premières observations. Il serait utile à plus brève échéance de vérifier la contamination résiduelle de denrées issues du milieu forestier (gibier, champignons, baies).

BFCC VALENCE - 4259 - 00013 - 21 025846604 - 41 -- TVA intracommunautaire n° FR80341802544

C / Projet 2014

L'association les « Enfants de Tchernobyl » a demandé au laboratoire de la CRIIRAD de dimensionner une nouvelle étude à réaliser à l'automne 2014 afin d'effectuer une actualisation de l'étude de 1998. L'objectif est de déterminer le niveau de contamination résiduelle globale en césium 137 et de déterminer s'il existe un impact mesurable des retombées imputables à la catastrophe de Fukushima en 2011.

Afin de limiter les coûts, le laboratoire de la CRIIRAD propose d'effectuer des prélèvements de sol sur 21 des sites contrôlés en 1998. La sélection est effectuée en retenant ceux dont les retombées initiales en césium 137 de Tchernobyl dépassaient 5 000 Bq/m² (voir tableau T2 page suivante) ou qui présentaient les meilleures conditions de conservation de la contamination. C'est ainsi que la station Lutterbach est remplacée par Saint-Louis.

Sur chaque site, le technicien CRIIRAD qui a effectué la campagne de 1998 (Christian Courbon) et le géologue indépendant André Paris, effectueront les opérations suivantes :

- Recherche du site exact retenu en 1998
- Vérification de l'homogénéité de l'activité surfacique rémanente en césium 137 mesurée au moyen d'un spectromètre portatif posé au contact des sols dans l'environnement proche du futur site de carottage
- Mesure du débit d'équivalent de dose (Hp10 exprimé en microSievert par heure) au contact du sol et à un mètre du sol au moyen d'un compteur proportionnel compensé en énergie
- Réalisation d'un carottage en 3 points sur une profondeur de 50 cm et recueil des strates de 0-5 cm, 5-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm, 30-40 cm et 40-50 cm

Les carottages de sol seront ramenées au laboratoire de la CRIIRAD à Valence pour traitement (tri, broyage, dessiccation) et détermination de l'activité massique des principaux radionucléides artificiels et naturels émetteurs gamma (dont le césium 137). Le laboratoire de la CRIIRAD est agréé par l'ASN (Autorité de Sûreté Nucléaire) pour les mesures de radioactivité de l'environnement — portée détaillée de l'agrément disponible sur le site internet de l'Autorité de sûreté nucléaire ».

Deux options sont proposées dans le projet :

Option 1 : l'analyse de denrées comestibles : 6 échantillons de champignons, si possible en forêt de Kruth (pour comparaison avec les résultats de 1998) et - en fonction des conditions de terrain - 4 échantillons de gibier et/ou baies, car ce type de denrées à risque n'a pas été contrôlé en 1998.

Option 2 : le dosage du strontium 90 dans 6 échantillons de sol. Ce radionucléide émetteur bêta pur de période physique égale à 30 ans n'est pas détectable par spectrométrie gamma. Il était présent dans les retombées des essais nucléaires atmosphériques et potentiellement dans les retombées de Tchernobyl, mais il existe très peu de données sur cette question. La CRIIRAD propose de soustraiter à un autre laboratoire agréé le dosage de ce radionucléide. Il sera recherché tout d'abord dans une sélection d'échantillons de la campagne de 1990 (archivés à la CRIIRAD) et en fonction des résultats obtenus, sera recherché dans une sélection des strates de la campagne de 2014.

L'étude sera coordonnée par Bruno Chareyron, ingénieur en physique nucléaire, responsable du laboratoire de la CRIIRAD.

Un rapport d'étude et une synthèse grand public seront rédigés par la CRIIRAD et mis en ligne sur le site de l'association « Les Enfants de Tchernobyl » et sur le site de la CRIIRAD.

TVA intracommunautaire n° FR80341802544

T2 / Liste des communes ayant fait l'objet d'un carottage de sol en 1998 et retenues pour la campagne de 2014

					Retombées de
	Lieu	Latitude	Longitude	Altitude, en m	Tchernobyl en mai 1986 (Bq/m2)
	Ban de la Roche	N 48°24-828'	E 007°13-146'	616	6 256
	Brumath*	N 48°44-170'	E 007°44-565'	219	<mark>7 185</mark>
-	Diebolsheim	N 48°16-299	E 007°39-140'	196	30 261
	Diemeringen	N 48°56-339'	E 007°11-486'	258	<mark>9 504</mark>
	Erstein*	N 48°24-646'	E 007°40-307	238	11 528
	Neuve Église	N 48°19-845'	E 007°18-431'	362	<mark>5 407</mark>
S-RH	Preuschdorf*	N 48°56-855'	E 007°47-849'	225	<mark>6 505</mark>
BA	Saales	N 48°20-640'	E 007°06-618'	515	<mark>8 675</mark>
	Strasbourg*	N 48°34-511'	E 007°46-347'	222	<mark>18 171</mark>
	Aubure	N 48°12-221'	E 007°13-240'	751	12 222
	Bitschwiller	N 47°49-525'	E 007°04-080'	407	8 592
	Breitenbach	N 48°01-935'	E 007°06-056'	479	8 280
\mathbf{Z}	Durmenach*	N 47°31-476'	E 007°19-022'	475	12 708
	Fessenheim*	N 47°55-211'	E 007°32-220'	205	5 246
	Guebwiller*	N 47°54-352'	E 007°13-707'	210	11 311
	Kruth	N 47°56-414'	E 006°57-533'	380	18 780
AUT-RHI	Le Bonhomme	N 48°11-546'	E 007°07-038'	987	14 919
HAU	Saint-Louis	N 47°36-421'	E 007°31-360'	246	4 643
	Ste Marie aux mines	N 48°15-173'	E 007°12-002'	370	15 330
	Turckheim	N 48°04-780'	E 007°15-489'	354	11 361
	Wolfgantzen	N 48°01-732'	E 007°30-177	145	5 338

^{*}Sites de prélèvement ayant été modifiés entre 1990/91 et 1998.

Retombée en césium 137 de Tchernobyl : Entre > 5 000 Bq/m2 et < 10 000 Bq/m² > 10 000 Bq/m² RIB: BFCC VALENCE - 4259 - 00013 - 21 025846604 - 41 -- TVA intracommunautaire n° FR80341802544

ANNEXE1 / CARACTERISTIQUES DES ETUDES DE SUIVI

	ETUDE 1990	ETUDE 1998	
Nombre de communes	66 communes	28 communes	
Date de prélèvement	Janvier 1990 à mars 1991 12 janvier 1990 au 7 juin 1990 pour le Bas Rhin	Avril à juin 1998	
	12 janvier 1990 au 31 mars 1991 pour le Haut Rhin		
Types de Carottages	Stratification sur 5 à 10 cm d'épaisseur et sur 40 cm de profondeur Trois carottages par site distants d'environ 1 m	Stratification sur 5 à 10 cm d'épaisseur et sur 50 cm de profondeur Trois carottages par site distants d'environ 1 m	
Radionucléides recherchés	Césium 137 Césium 134	Césium 134 Césium 137 Américium 241 Radionucléides naturels	
Remarques		Analyses physico- chimiques du sol	
Méthode utilisée	Mélange et concassage des échantillons, séchage Analyse par spectrométrie gamma	idem	

RIB: BFCC VALENCE - 4259 - 00013 - 21 025846604 - 41 -- TVA intracommunautaire n° FR80341802544

ANNEXE 2: QUELQUES NOTIONS

Unités de mesures de la radioactivité

Le becquerel (Bq) désigne l'activité d'un élément radioactif, c'est-à-dire le nombre de désintégrations spontanées qui se produisent par unité de temps :

1Bq = 1 désintégration par seconde.

- L'activité massique est exprimée en becquerel par kilogramme (Bq/kg),
- L'activité surfacique est exprimée en becquerel par unité de surface (Bq/m²).

Unités de mesures de l'exposition

L'exposition aux rayonnements ionisants émis par des substances radioactives se mesure en microSieverts. Selon la Commission Internationale de Protection Radiologique, si 100 000 personnes sont exposées à une dose de 1 000 microSieverts, le nombre cas de cancer attendu est de l'ordre de 17.

La directive Euratom 96/29 fixe à 10 microSieverts par an, la dose en dessous de laquelle l'exposition liée à une pratique conduit à une augmentation négligeable des risques sanitaires, et à 1 000 microSieverts par an la dose maximale annuelle admissible (en plus de l'exposition d'origine médicale et naturelle), c'est-à-dire la dose au delà de laquelle le risque sanitaire est jugé inacceptable. Une des règles de base en radioprotection est le principe d'optimisation qui consiste à tout mettre en œuvre pour maintenir l'exposition des personnes au niveau le plus faible possible.

Césium 137

Le césium 137 est un produit de fission de période physique égale à 30 ans. Il peut avoir 4 origines principales :

- Les retombées des essais nucléaires des années 50/60. On considère que seulement 10 à 15 % des retombées ont été locales, dans les zones proches des sites d'essai, mais les radionucléides ont été propulsés pour l'essentiel dans les couches hautes de l'atmosphère et transportés ainsi loin de leur lieux d'émission, ce qui a entraîné des retombées relativement homogènes sur l'ensemble de chaque hémisphère. L'Agence Internationale pour l'Energie Atomique estime que les dépôts de césium 137 se situent autour de 5 000 Bq/m² dans nos contrées,
- Les rejets autorisés des installations nucléaires. En Alsace, la centrale de Fessenheim mais aussi les laboratoires de recherche universitaires, ainsi que certaines activités industrielles sont des sources d'émissions locales.
- l'accident de Tchernobyl en 1986. Les retombées ont été variables et fonction de la trajectoire des masses d'air contaminées et de la pluviosité (lessivage des nuages).
- La catastrophe de Fukushima en mars 2011, dont les retombées ont atteint le territoire français fin mars 2011.

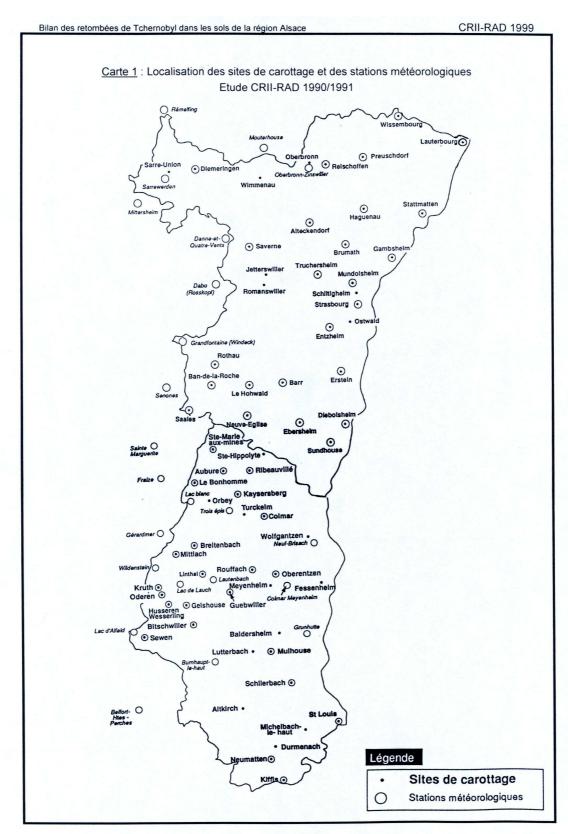
Césium 134

Le Césium 134 est un isotope radioactif du césium de période physique égale à 2 ans, formé par activation et non par fission.

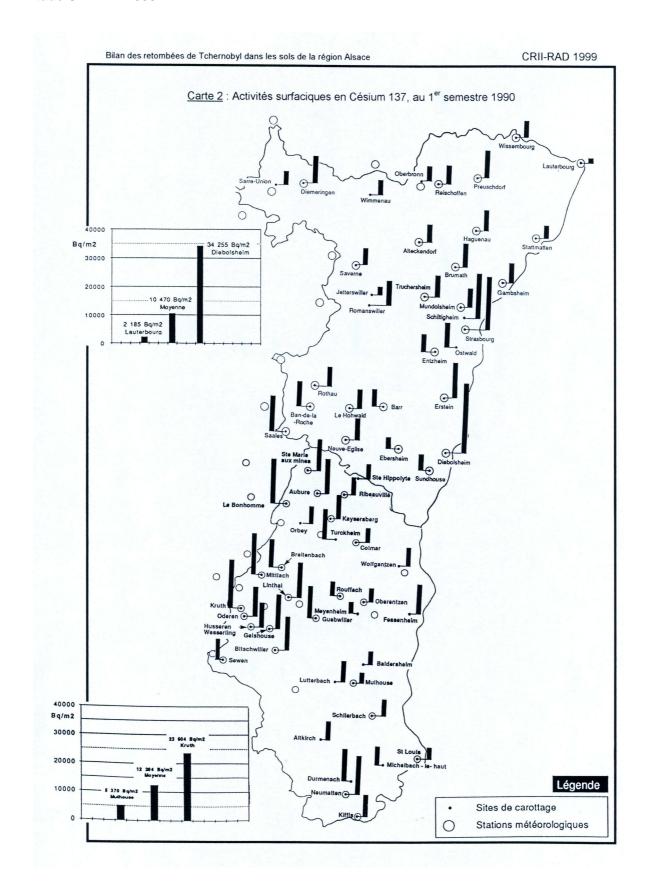
Compte tenu de sa faible période radioactive, le césium 134 mesuré dans les années 90 ne pouvait provenir des essais nucléaires militaires. Sauf en cas de présence d'installations susceptibles de rejets récents, le césium 134 détecté à cette époque pouvait être attribué aux retombées de Tchernobyl. A partir de mars 2011, il faut tenir compte d'une contribution possible de la catastrophe de Fukushima

TVA intracommunautaire n° FR80341802544

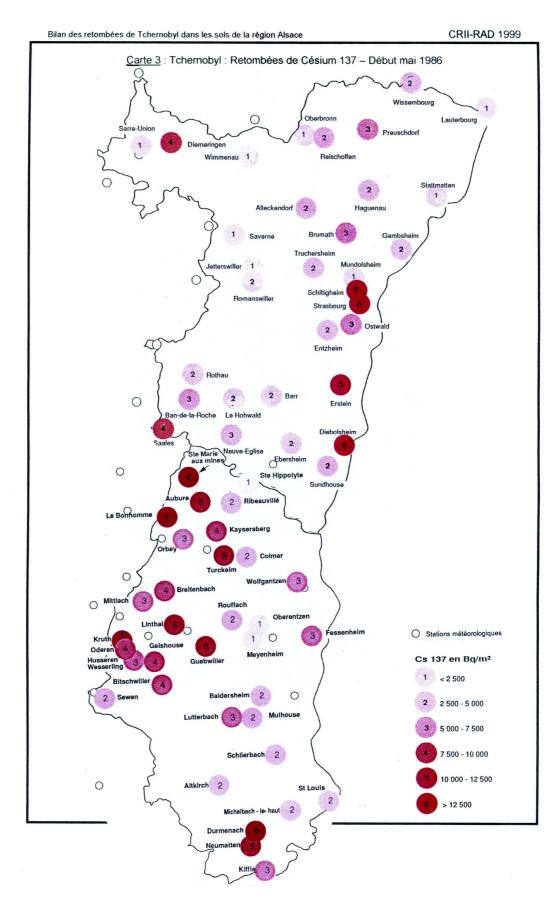
ANNEXE 3 : Carte C1 / Localisation des sites de carottage et des stations météorologiques / Etude CRIIRAD 1990



ANNEXE 4: Carte C2 / activités surfaciques globales en césium 137 au 1^{er} semestre 1990 / Etude CRIIRAD 1990



ANNEXE 5: Carte C3 / reconstitution des activités surfaciques en césium 137 déposées suite à la catastrophe de Tchernobyl début mai 1986 / Etude CRIIRAD de 1990



ANNEXE 6: Carte C7 / Activités surfaciques en césium 137 exprimées à la date de prélèvement (Etude CRIIRAD 1998)

