



# Commission de Recherche et d'Information Indépendantes sur la Radioactivité

## Synthèse des mesures de radioactivité réalisées en Montagne Noire

### Synthèse / Janvier 2003 / Version V3

Rédacteur : Bruno Chareyron / ingénieur en physique nucléaire

Étude réalisée par le laboratoire de la CRIIRAD à la demande de l'association les Amis de la Terre Midi Pyrénées

#### 1 / Objet de l'étude

Dans le cadre de la réalisation d'un Atlas de la contamination en césium 137 des sols français, monsieur André PARIS, géologue indépendant a réalisé entre 1999 et 2001 une campagne de mesures de terrain au moyen d'un spectromètre gamma (NaI). La calibration de l'appareil et l'interprétation des mesures ont été réalisées en collaboration avec le laboratoire de la CRIIRAD.

Dans le secteur de la montagne Noire, cette étude a mis en évidence une contamination en césium 137 non négligeable : 6 000 à 8 000 Bq/m<sup>2</sup> autour du col de Salettes, 7 200 Bq/m<sup>2</sup> dans la forêt de Montaud ; 7 000 Bq/m<sup>2</sup> au nord-est à Saint-Pons, etc..

Ces résultats étaient relativement élevés pour un secteur n'appartenant pas à la bande est de la France, (de la Corse à l'Alsace) beaucoup plus touchée par les retombées de Tchernobyl que le centre et l'ouest du territoire.

L'étude réalisée par Monsieur Paris avait mis en évidence également un phénomène d'accumulation de la contamination au pied des hêtres.

Courant 2001, l'association les Amis de la Terre Midi-Pyrénées (ATMP) a demandé au laboratoire de la CRIIRAD de poursuivre cette étude de la contamination en Montagne Noire. Il s'agissait de compléter les mesures de terrain par un échantillonnage de sols pour analyse en laboratoire.

En effet, les mesures en laboratoire permettent de confirmer la contamination en césium 137 et de mesurer la contamination par d'autres radionucléides artificiels difficilement détectables lors des mesures in situ (césium 134 et américium 241). Ces mesures complémentaires peuvent permettre de mieux comprendre l'origine des forts niveaux de césium 137.

#### 2 / Réalisation des mesures de terrain et échantillonnages

Il était prévu initialement de réaliser une seule campagne d'échantillonnage, du 11 au 14 décembre 2001, mais compte tenu des conditions météorologiques difficiles (neige) une seconde mission a dû être organisée en complément du 21 au 23 mai 2002. Les mesures de terrain ont été réalisées par monsieur Christian Courbon, technicien spécialisé du laboratoire de la CRIIRAD.

L'étude des données de pluviométrie du 1 au 5 mai 1986 montrant des niveaux relativement faibles de pluie sur la Montagne Noire, le choix des secteurs d'étude ne pouvait donc être guidé par ce paramètre.

Il s'agissait donc initialement d'étudier 2 secteurs représentatifs de la Montagne Noire en s'appuyant sur les résultats des campagnes de prospection (mesure de l'activité surfacique en césium 137) déjà conduites par monsieur André PARIS.

Compte tenu du temps imparti pour cette mission, il n'était pas envisageable par ailleurs d'effectuer des mesures de pré-détection sur des secteurs « nouveaux » de la Montagne Noire. Les secteurs retenus par la CRIIRAD ont donc été ceux déjà prospectés par monsieur André Paris dans le cadre de la réalisation de l'atlas. Sur ces secteurs, un technicien spécialisé de la CRIIRAD devait procéder à des mesures préliminaires de l'activité surfacique des sols (en particulier le césium 137) au moyen d'un spectromètre de terrain, de manière à apprécier les variations spatiales et à rechercher les terrains de meilleure conservation d'une part, et les points d'accumulation d'autre part.

Sur chaque secteur devaient être prélevés pour analyse ultérieure au laboratoire de la CRIIRAD :

- un sol de référence représentatif des retombées moyennes en césium 137 (contamination bien conservée et uniformément répartie),

- et des sols superficiels ayant subi de fortes accumulations en pied de Hêtre (marqueur H). Il est important en effet de disposer de ces échantillons d'accumulation pour tenter de détecter des traces de césium 134 et distinguer ainsi la part du césium 137 qui provient de Tchernobyl.

Il s'agissait de rechercher également dans ces échantillons des traces éventuelles d'américium 241 qui peut être le signe d'une contamination en plutonium.

#### Rappel sur les différences de sensibilité entre un radiamètre et un spectromètre de terrain

Les niveaux de contamination surfacique en césium 137 attendus dans la Montagne Noire ne sont pas détectables avec un radiamètre (même très sensible comme le DG5).

Le radiamètre ne permet de mettre en évidence que les plus forts taux de contamination, liés systématiquement à la présence de points d'accumulation, lorsqu'ils présentent un flux de rayonnement gamma supérieur d'au moins 50 % au niveau naturel du secteur. Le radiamètre enregistre en effet 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 naturelles<sup>1</sup> du flux gamma. Même une contamination surfacique homogène de 30 000 Bq/m<sup>2</sup> de césium 137 (qui correspond aux valeurs parmi les plus élevées mesurées par le laboratoire de la CRIIRAD en France), n'augmente le flux gamma que d'environ 40 %, à 1 mètre au dessus du sol. Un tel écart est difficilement interprétable sur le terrain, où des substratums différents, de par la variation de leurs teneurs en radionucléides naturels, induisent des variations équivalentes du flux gamma.

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 coûteuse<sup>2</sup>. Il faut utiliser 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 la même de discriminer la contribution du césium 137 au milieu du flot de rayonnements d'origine naturelle.

Les zones étudiées par la CRIIRAD en décembre 2001 et mai 2002 sont reportées sur [la carte en annexe](#).

<sup>1</sup> Présence dans les sols de radionucléides d'origine tellurique (chaînes de filiation de l'uranium 238 et du thorium 232, potassium 40, etc..).

<sup>2</sup> Pour le traitement et l'analyse des 8 strates d'un carottage de 40 centimètres, il faut compter environ 1 200 Euros.

#### A / Secteur du Col de Salette.

Monsieur Paris avait étudié ce secteur pour lequel il avait noté « *Les mesures effectuées situent la contamination [en césium 137] à la valeur de 6 000 Bq/m<sup>2</sup> dans les sapinières et à 8 000 Bq/m<sup>2</sup> dans les hêtraies.* ».

Le technicien CRIIRAD a réalisé sur ce secteur des mesures de terrain par spectrométrie portable en fin d'après-midi du mardi 11 décembre 2001 et toute la journée du mercredi 12. La mission s'est déroulée dans des conditions satisfaisantes. Sur de nombreuses parcelles explorées il a été possible de trouver des sols présentant une bonne conservation de la contamination (plus de 9 c/s sur la raie à 661 keV du césium 137 soit **plus de 10 000 Bq/m<sup>2</sup>**).

Un secteur (forêt de hêtres) a été retenu pour réalisation d'un **carottage en 3 points sur 40 cm de profondeur**, selon le protocole mis en œuvre par le laboratoire de la CRIIRAD depuis 1987. Les mesures par spectrométrie de terrain réalisées aux 3 sommets d'un triangle de 1 mètre de côté et au centre du triangle ont donné une estimation de la contamination en césium 137 de 12,0 à 16,9 c/s soit une moyenne de 14,1 c/s correspondant à environ **16 370 Bq/m<sup>2</sup>**.

Deux sols actifs en pied de hêtre ont également été prélevés (un des échantillons présentait une activité de 71,8 c/s sur la raie à 661 keV du césium 137).



Col de Salettes / Montagne Noire / Points d'accumulation en pied de hêtre / CRIIRAD le 11-12/12/01

#### B / Secteur de la forêt de Montaud et Loubatière (ouest).

Monsieur Paris a étudié ce secteur pour lequel il a noté « *une contamination uniformément répartie [en césium 137] d'environ 7 200 Bq/m<sup>2</sup>* ».

Le technicien CRIIRAD a réalisé sur ce secteur des mesures de terrain par spectrométrie portable le jeudi 13 décembre en présence de représentants des associations dont Madame Nadine Mikhaïloff (Les Amis de la Terre) et messieurs André Crouzet et Marc Saint-Aroman. L'objectif de cette journée était de réaliser le travail de mesure sur le terrain en même temps qu'un travail de sensibilisation et d'initiation des acteurs associatifs locaux à la mesure de terrain.

Le technicien CRIIRAD n'a pas pu localiser de zone présentant de bonnes garanties de conservation de la contamination. Mais il faut souligner le fait qu'il a été gêné par les conditions météorologiques (brouillard givrant) et par des ennuis techniques<sup>1</sup> (faux contacts intermittents sur le spectromètre de terrain et dysfonctionnement de l'afficheur à cristaux liquides du fait du froid). Il n'a donc pu effectuer que 2 heures de mesures effectives, ce qui est insuffisant pour explorer un secteur aussi étendu. Compte tenu de ces difficultés, la CRIIRAD considère que ce secteur n'a pas pu être étudié de façon satisfaisante.

Un carottage de sol a été effectué le 13 décembre 2001, au lieu dit « La Prune », sur un secteur présentant une activité apparente en césium 137 de 7,2 c/s soit environ **8 370 Bq/m<sup>2</sup>**. Il s'agit **d'un carottage en un seul point sur 30 cm de profondeur**. Il convient de souligner que ce carottage n'a pas pu être effectué sur un secteur présentant à la fois une bonne conservation de la contamination et une surface représentative.

### **C / Secteur de Saint-Pons (est) / Col du Cabarétou.**

Lors du bilan effectué en soirée du 13 décembre 2001, par téléphone, avec le responsable du laboratoire, monsieur Chareyron, l'équipe CRIIRAD a décidé de consacrer la dernière journée au secteur de Saint-Pons (étudié par monsieur Paris, avec un niveau de contamination uniformément répartie en césium 137 estimé à **7 000 Bq/m<sup>2</sup>**), et de ne pas retourner dans le secteur de la forêt de Montaud.

Une rencontre était prévue en début de matinée du vendredi avec un journaliste de FR3 Toulouse. Des images ont été tournées sur le secteur du Col de Salette. Mais compte tenu des conditions météorologiques (neige), l'équipe CRIIRAD a décidé d'interrompre la mission. Le secteur de Saint-Pons n'a donc pas été étudié lors de cette première mission.

Une seconde mission a été organisée du 21 mai 2002 (après-midi) au 23 mai 2002 (matin). Au cours de cette mission, monsieur Courbon a réalisé des mesures par spectrométrie de terrain.

Le 21 mai 2002, les mesures ont été réalisées au nord de Saint-Pons dans le secteur du Col du

Cabarétou. La présence d'accumulations en pied de hêtres est significative (54,1 c/s sur la raie à 661 keV du césium 137), mais les secteurs hors accumulation apparaissent peu marqués (2,6 c/s sur le pic du césium 137, soit environ **3 050 Bq/m<sup>2</sup>**). Les terrains étaient très pentus et peu propices à une bonne conservation de la contamination initiale.



Col de Salettes / Montagne Noire / Site de carottage / CRIIRAD le 12/12/01

Les prospections réalisées le matin du 22 mai 2002 sur le versant sud au **col de Balagou** confirmaient une faible conservation de la contamination (2,7 c/s sur le pic du césium 137 dans une pinède, soit environ **3 100 Bq/m<sup>2</sup>**).

En fin d'après-midi du 22 mai 2002, des prospections ont été effectuées à nouveau en bordure de chaussée. Un secteur de bonne conservation relative a été repéré sur une bande de 500 m environ avec une contamination en césium 137 comprise entre 2,1 et 6,6 c/s (forêts de hêtres et de pins), soit entre **2 400 et 7 700 Bq/m<sup>2</sup>**. La bonne conservation relative était liée au fait que le terrain était plat et peu humide.

Le **carottage de référence** a été effectué le 23 mai 2002 dans ce secteur. Les mesures de terrain réalisées aux 3 sommets d'un triangle de 1 m de côté indiquaient une contamination en césium 137 relativement homogène (4,5 – 5,2 – et 5,9 c/s), soit entre **5 260 et 6 900 Bq/m<sup>2</sup>**.

Le carottage n'a pu être effectué que sur une **profondeur de 10 cm**. Au delà, la présence de cailloux empêchait l'enfoncement de l'outil. Les mesures de spectrométrie de terrain effectuées en fond de trou indiquaient qu'il n'y avait pas de contamination en césium 137 mesurable dans la strate inférieure.

<sup>1</sup> Le problème des faux contacts avait été identifié par la CRIIRAD avant la mission. C'est pourquoi l'appareil avait été renvoyé pour réparation 15 jours avant. A réception au laboratoire le 10 décembre 2001, il a subi des tests en intérieur qui n'ont pas révélé d'anomalie. Les défauts ne sont apparus qu'au cours de l'utilisation sur le terrain, pendant la mission.

Deux sols correspondant à des accumulations en pied de hêtre ont également été échantillonnés respectivement à une centaine de mètres à l'est du carottage (21,9 c/s sur la raie à 661 keV du césium 137) et à environ 1 km plus au sud du col (54,1 c/s).

#### D / Secteur du pic de Nore (refuge de Triby).

A la demande de madame Nadine Mikhaïloff (ATMP), le début d'après-midi du 22 mai 2002 a été consacré à des prospections dans le secteur du pic de Nore, à l'ouest du col de Salettes. Il s'agissait de confirmer les valeurs de contamination obtenues au col de Salettes. La présence de nuages de brume épaisse a rendu difficile les repérages. La contamination en césium 137 relevée sur un sol forestier de hêtraie était de l'ordre de 2,6 c/s (soit environ **3 050 Bq/m<sup>2</sup>**) et de 27,6 c/s au pied d'un hêtre en zone d'accumulation.

### 3 / Résultats des analyses au laboratoire CRIIRAD

#### A / Préparation des échantillons

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. Après dessiccation, les gros cailloux sont 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 de boîtes de Petri de contenance 66 cc (pour certains carottages en 1 point).

#### B / 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 spectres ont été dépouillés en mode manuel sur une gamme d'énergie des rayonnements gamma entre 20 keV et 2 MeV.

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).

#### C / Interprétation des résultats : le césium 137

Nous avons reporté dans le tableau T1 ci-dessous les activités massiques en césium 137 (Bq/kg sec)

mesurées au laboratoire dans les différentes strates des 3 carottages réalisés, en Montagne Noire, sur des sols présentant a priori de bonnes capacités de conservation de la contamination passée.

A partir des activités massiques, et de la surface du carottier, les activités surfaciques ont été calculées pour chaque strate et l'intensité résiduelle du dépôt a été déterminée en ajoutant les contributions de chaque strate.

T1 / Activité du césium 137 dans les 3 carottages de référence / Montagne Noire

	0/10 cm	10/20 cm	20/30 cm	30/40 cm	Total ( Bq/m <sup>2</sup> )
<b>Col de Salette / décembre 2001</b>					
Cs 137 (Bq/kg sec)	189	10,8	3,8	< 1,6	
Cs 137 (Bq/m <sup>2</sup> )	14 525	1 191	440	< 159	16 156
<b>Forêt de Montaud / décembre 2001</b>					
Cs 137 (Bq/kg sec)	180	51,8	10,7	NP	
Cs 137 (Bq/m <sup>2</sup> )	7 786	3 846	911	NP	12 543
<b>Col du Cabarétou / mai 2002</b>					
Cs 137 (Bq/kg sec)	80,6	NP	NP	NP	
Cs 137 (Bq/m <sup>2</sup> )	5 865	NP	NP	NP	5 865

NP : Non Prélevé

Les activités surfaciques ainsi obtenues sont comprises entre **5 865 Bq/m<sup>2</sup>** (Col du Cabarétou) et **16 156 Bq/m<sup>2</sup>** (Col de Salettes). De telles valeurs sont relativement élevées pour une portion du territoire français qui n'appartient pas à la bordure Est de notre territoire et qui de plus n'a pas été l'objet d'une forte pluviométrie au début du mois de mai 1986.

Nous avons reporté dans le tableau T2 ci-dessous, pour comparaison, les activités surfaciques rémanentes du césium 137 mesurées sur les carottes ramenées au laboratoire et les activités déduites directement des mesures de terrain effectuées avec le spectromètre NaI.

T2 / Activité surfacique du césium 137 en Montagne Noire  
comparaison entre les analyses en laboratoire et les mesures de terrain

Cs 137 ( Bq/m <sup>2</sup> )		Ratio :	% Cs 137
Analyse Laboratoire	Mesure de terrain	Terrain / labo	strate 0 / 10 cm
<b>Col de Salette / décembre 2001</b>			
16 156	16 370	1,01	90
<b>Forêt de Montaud / décembre 2001</b>			
12 543	8 373	0,67	62
<b>Col du Cabarétou / mai 2002</b>			
5 865	6 037	1,03	100

On observe une très bonne corrélation entre les 2 estimations pour les carottages du Col de Salette et du Col du Cabarétou (écart inférieur à 4 %). Cet excellent accord s'explique par le fait que plus de 90 % du césium 137 est retenu dans les 10 premiers centimètres de ces carottes.

Par contre, dans le cas du carottage de la forêt de Montaud, la mesure de terrain sous-estime de 33 % la valeur réelle. Ceci est dû au fait que la strate de surface ne retient que 62 % de la contamination.

Ces résultats confirment le bien fondé des estimations publiées antérieurement par monsieur Paris et la CRIIRAD.

**D / Interprétation des résultats : le césium 134 et l'américium 241**

Nous avons reporté dans le tableau T3 ci-dessous les activités massiques de 2 autres radionucléides artificiels émetteurs gamma couramment rencontrés dans la couche supérieure des sols, en France, du fait des retombées de Tchernobyl et / ou des essais nucléaires militaires des années 50 et 60.

**T3 / Activité du Cs 137, Cs 134 et Am 241 dans les carottages de référence de la Montagne Noire**

	0/10 cm	10/20 cm	20/30 cm	30/40 cm
--	---------	----------	----------	----------

**Col de Salette / décembre 2001**

	0/10 cm	10/20 cm	20/30 cm	30/40 cm
Cs 137 (Bq/kg sec)	189	10,8	3,8	< 1,6
Cs 134 (Bq/kg sec)	< 0,16	< 0,09	< 0,27	< 1,1
Am 241 (Bq/kg sec)	2,9 +/- 0,8	< 0,2	< 1,0	< 2,0

**Forêt de Montaud / décembre 2001**

	0/10 cm	10/20 cm	20/30 cm	30/40 cm
Cs 137 (Bq/kg sec)	180	51,8	10,7	NP
Cs 134 (Bq/kg sec)	< 0,85	< 1,1	< 1,3	NP
Am 241 (Bq/kg sec)	6,5 +/- 2,7	2,8 +/- 2,2	< 1,9	NP

**Col du Cabarétou / mai 2002**

	0/10 cm	10/20 cm	20/30 cm	30/40 cm
Cs 137 (Bq/kg sec)	80,6	NP	NP	NP
Cs 134 (Bq/kg sec)	< 0,23	NP	NP	NP
Am 241 (Bq/kg sec)	0,9 +/- 0,6	NP	NP	NP

NP : Non Prélevé

Le **césium 134** a une période physique égale à 2 ans. Le césium 134 issu des retombées des essais militaires des années 50 / 60 n'est plus détectable aujourd'hui. Par contre, si l'intensité des retombées de Tchernobyl en 1986 a été suffisamment importante, le césium 134 associé peut encore parfois être détecté.

Dans le cadre de cette étude, il n'a été détecté dans aucune des 3 carottes étudiées (< 0,09 à < 1,3 Bq/kg sec).

L'**américium 241**, émetteur alpha et gamma de période physique égale à 433 ans est produit par la désintégration du plutonium 241 qui a contaminé les sols au moment des retombées atmosphériques des années 50 / 60 (et peut être, mais de façon moindre des retombées de Tchernobyl).

L'américium 241 est détecté dans les strates de surface des 3 carottes étudiées en Montagne Noire. Son activité est comprise entre 0,9 Bq/kg sec au Col du Cabarétou et 6,5 Bq/kg sec en Forêt de Montaud. Ces résultats sont entachés d'une forte marge d'incertitude dans la mesure où l'américium 241 est un faible émetteur gamma.

Les analyses par spectrométrie gamma effectuées au laboratoire de la CRIIRAD devraient être complétées par des analyses par spectrométrie alpha et bêta afin de confirmer l'activité de l'américium 241 et de quantifier le strontium 90 et les isotopes émetteurs alpha du plutonium (Pu 238, 239 et 240) qui sont certainement présents dans les sols. Ces mesures complémentaires relativement onéreuses n'ont pu être réalisées en l'état actuel de l'étude pour des raisons budgétaires.

**E / Interprétation des résultats : l'origine du césium 137**

Afin de distinguer le césium 137 imputable aux retombées de Tchernobyl et celui lié aux retombées des années 50 / 60, il est possible d'utiliser le césium 134.

En effet, le ratio césium 137 / césium 134 était proche de 2 dans les retombées de Tchernobyl en avril / mai 1986. Mais le césium 134 disparaissant plus vite que le césium 137, ce ratio évolue au cours du temps, il était de 266 en décembre 2001 et 305 en mai 2002.

Le césium 134 n'ayant été détecté dans aucun des carottages de référence, nous avons prévu d'analyser les sols situés au pied des hêtres en zone d'accumulation. En fait la présence d'une plus forte concentration en césium 137 laissait penser que l'isotope 134 serait encore mesurable.

Les résultats des mesures de césium 137, césium 134 et américium 241 effectuées sur 4 points d'accumulation en pied de hêtre sont reportés dans le tableau T4 ci-dessous. Pour mémoire les résultats obtenus sur les strates de surface des 3 carottages de référence sont également reportés.

**T4 / Activité du Cs 137, Cs 134 et Am 241 dans les carottages de référence et les points d'accumulation en pied de hêtre : Montagne Noire**

Carottage strate 0/10 cm	H : point d'accumulation en pied de hêtre
--------------------------	---

**Col de Salette / décembre 2001**

	Carottage strate 0/10 cm	H1 à 100 m	H2
Cs 137 (Bq/kg sec)	189	1 382	1 823
Cs 134 (Bq/kg sec)	< 0,16	< 0,26	< 0,28
Am 241 (Bq/kg sec)	2,9 +/- 0,8	9,6 +/- 1,8	16,9 +/- 2,6
Cs 137 / Am 241	65	144	108
Ratio Cs 137 / Cs 134 <sup>(1)</sup>	266	266	266
Cs 134 de Tchernobyl <sup>(2)</sup>	0,71	5,20	6,85

**Forêt de Montaud / décembre 2001**

	Carottage strate 0/10 cm	H1 à 100 m	H2
Cs 137 (Bq/kg sec)	180	NP	NP
Cs 134 (Bq/kg sec)	< 0,85	NP	NP
Am 241 (Bq/kg sec)	6,5 +/- 2,7	NP	NP
Cs 137 / Am 241	28		
Ratio Cs 137 / Cs 134 <sup>(1)</sup>	266		
Cs 134 de Tchernobyl <sup>(2)</sup>	0,68		

**Col du Cabarétou / mai 2002**

	Carottage strate 0/10 cm	H3 à 100 m	H4 à 1 km
Cs 137 (Bq/kg sec)	80,6	689	1 245
Cs 134 (Bq/kg sec)	< 0,23	< 0,41	< 0,42
Am 241 (Bq/kg sec)	0,9 +/- 0,6	6,3 +/- 2,0	7,6 +/- 2,2
Cs 137 / Am 241	90	109	164
Ratio Cs 137 / Cs 134 <sup>(1)</sup>	305	305	305
Cs 134 de Tchernobyl <sup>(2)</sup>	0,26	2,26	4,08

NP : Non Prélevé

(1) : ratio théorique dans l'hypothèse où 100 % du césium 137 serait dû aux retombées de Tchernobyl

(2) activité résiduelle du césium 134 si 100 % du césium 137 était Tchernobylien

On observe dans les points d'accumulation en pied de hêtres de fortes accumulations en césium 137 (de 689 à 1 823 Bq/kg sec). **Ces valeurs sont 7 à 9 fois supérieures à celles obtenues dans les strates de surface des carottages de références** réalisés à une centaine de mètres.

Ces accumulations sont liées au fait que le feuillage des hêtres a intercepté les retombées sèches et humides sur une grande surface et qu'elles ont ensuite été entraînées par les pluies le long des

branches, puis du tronc pour finalement s'accumuler dans le sol au pied de l'arbre, dans la zone de coulure.

Malgré cet effet de concentration, le césium 134 n'est toujours pas mesurable. Dans les 4 points d'accumulation, son activité est inférieure à la limite de détection (< 0,26 à < 0,42 Bq/kg sec).

Si le césium 137 détecté dans les points d'accumulation était imputable à 100 % à Tchernobyl, l'activité résiduelle du césium 134 devrait être selon les échantillons comprise entre 2,2 et 6,8 Bq/kg sec (cf calculs dans le tableau T4).

L'absence du césium 134 suggère que dans le cas des points d'accumulation du Col de Salette, plus de 90 % du césium 137 n'est pas imputable a priori à Tchernobyl. Pour les échantillons du Col du Cabarétou, cela concernerait plus de 80 % du césium 137.

**Il est donc raisonnable de penser, en l'état actuel de l'étude, que la plus grande partie du césium 137 rémanent dans les points d'accumulation collectés en Montagne Noire provient d'une autre source de pollution que Tchernobyl. La présence systématique d'américium 241 dans les 4 points d'accumulation (6,3 à 16,9 Bq/kg sec) suggère une origine militaire.**

Pour comparaison, nous avons procédé à l'analyse d'autres points d'accumulation (en général en pied de hêtres), échantillonnés en 1998 par monsieur Paris dans les Pyrénées (Col du Tourmalet), le Vercors (forêt de Saou), les Alpes françaises (Parc de Charance), et les alpes Autrichiennes.

Les résultats d'analyse pour le césium 137 et 134 et l'américium 241, réalisés au laboratoire de la CRIIRAD en mai 2002, sont reportés dans le tableau T5 ci-dessous. Pour comparaison y sont reportés les résultats obtenus sur les points d'accumulation en Montagne Noire.

On constate à l'examen de ce tableau que pour les sols provenant du Vercors et des Alpes autrichiennes et françaises, la presque totalité du césium 137 mesuré est imputable à Tchernobyl (ratio césium 137 / 134 égal au ratio théorique spécifique des retombées de Tchernobyl). Dans ces échantillons, l'américium 241 n'est pas détectable le plus souvent et lorsqu'il l'est, le ratio Cs 137 / américium 241 est supérieur à 1 000.

Par contre pour l'échantillon du Tourmalet, comme pour les 4 points d'accumulation de la Montagne Noire le constat est inverse, la majorité du césium 137 ne provient pas de Tchernobyl (absence de césium 134) et le ratio césium 137 / américium 241 est compris entre 108 et 173.

T5 / Activité du Cs 137, Cs 134 et Am 241 dans des points d'accumulation en pied de hêtres : Montagne Noire, Pyrénées, Vercors, Alpes

	Col de Salette (déc. 2001)		Col Tourmalet
	H1 à 100 m	H2	août-98
Cs 137 (Bq/kg sec)	1 382	1 823	2 485
Cs 134 (Bq/kg sec)	< 0,26	< 0,28	< 5,3
Am 241 (Bq/kg sec)	9,6 +/- 1,8	16,9 +/- 2,6	14,4 +/- 4,6
Cs 137 / Am 241	144	108	173
Ratio Cs 137 / Cs 134 <sup>(1)</sup>	266	266	93
Cs 134 de Tchernobyl <sup>(2)</sup>	5,2	6,9	26,7

	Col du Cabarétou (mai 2002)		Vercors	Alpes (Char.)
	H3 à 100 m	H4 à 1 km	oct-98	oct-98
Cs 137 (Bq/kg sec)	689	1 245	1 843	5 590
Cs 134 (Bq/kg sec)	< 0,41	< 0,42	18,7	52,2
Am 241 (Bq/kg sec)	6,3 +/- 2,0	7,6 +/- 2,2	< 2,6	4,2 +/- 2,2
Cs 137 / Am 241	109	164	-	1 331
Ratio Cs 137 / Cs 134 <sup>(1)</sup>	305	305	98	99
Cs 134 de Tchernobyl <sup>(2)</sup>	2,26	4,08	18,7	56,6

	Autriche (Carottage juillet 98)		
	0 / 5 cm	5 / 10 cm	10 / 20 cm
Cs 137 (Bq/kg sec)	11 569	25 133	15 309
Cs 134 (Bq/kg sec)	145,0	309,0	173,0
Am 241 (Bq/kg sec)	< 7,1	< 4,6	< 3,5
Cs 137 / Am 241	-	-	-
Ratio Cs 137 / Cs 134 <sup>(1)</sup>	91	91	91
Cs 134 de Tchernobyl <sup>(2)</sup>	127	275	167

NP : Non Prélevé

(1) : ratio théorique dans l'hypothèse où 100 % du césium 137 serait dû aux retombées de Tchernobyl

(2) activité résiduelle du césium 134 si 100 % du césium 137 était Tchernobyl

## Conclusions / recommandations

Cette étude confirme, par des analyses en laboratoire, les estimations de la contamination rémanente en césium 137 en Montagne Noire (pour des sols présentant de bonnes capacités de conservation). Cette contamination est relativement élevée (de l'ordre de 6 000 à 16 000 Bq/m<sup>2</sup>).

L'étude des points d'accumulation en pied de hêtres confirme que la majorité de cette contamination n'est pas imputable à l'accident de Tchernobyl mais provient très probablement des retombées des essais nucléaires des années 50 / 60.

Des études complémentaires sont nécessaires pour mieux apprécier cette contamination. Il conviendra en particulier

- de rechercher des radionucléides spécifiques émetteurs bêta (strontium 90 et plutonium 241) et alpha (isotopes 238 à 240 du plutonium) associés aux retombées militaires,
- d'effectuer des contrôles sur la chaîne alimentaire (champignons, baies, gibiers).

Pour poursuivre ces travaux, la CRIIRAD et les ATMP devront rechercher un partenariat auprès des collectivités locales. La CRIIRAD s'est battue depuis sa création en 1986 pour faire toute la lumière sur l'impact réel des retombées de Tchernobyl en France. L'impact des essais militaires anciens doit également faire l'objet d'évaluations indépendantes. Les retombées radioactives des années 50 / 60 doivent être évaluées car elles pourraient contribuer à expliquer l'augmentation de certaines pathologies thyroïdiennes antérieurement à 1986.

**Localisation des secteurs ayant fait l'objet de mesures de terrain et échantillonnages de sol en Montagne Noire / Mesures CRIIRAD / Décembre 2001 - mai 2002**

