

## SUIVI DE LA CONTAMINATION RADIOACTIVE DES SOLS EN RHONE ALPES

L'année 2016 a été marquée par la commémoration du trentième anniversaire de la catastrophe de Tchernobyl. Trente ans ont passé depuis que les rejets massifs de radionucléides ont touché le territoire français, soit la période radioactive<sup>1</sup> du césium 137, radionucléide encore présent aujourd'hui dans les sols français. L'activité du césium 137 mesurée dans les sols est donc théoriquement réduite de moitié par rapport à 1986. A cette date anniversaire clé, le laboratoire de la CRIIRAD a donc souhaité établir un état des lieux de la contamination des sols en région Rhône Alpes.

Des carottages de sol ont été effectués en 6 stations de la Région Rhône-Alpes, afin de disposer d'une photographie actualisée de la radioactivité des sols de manière à être en capacité d'évaluer, par comparaison les impacts d'éventuelles contaminations à venir.



MALAFRETAZ (01)



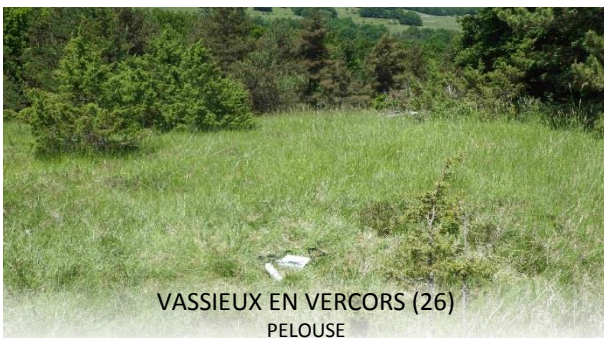
SEMNOZ (74)



ST GENEST MALIFAUZ (42)



ST JEAN DE MOIRANS (38)



VASSIEUX EN VERCORS (26)  
PELOUSE



VASSIEUX EN VERCORS (26)  
FORESTIER

<sup>1</sup> La période radioactive est le temps nécessaire pour que l'activité soit divisée par 2. Après 2 périodes, l'activité est divisée par 4 ; après 3 périodes par 8 ; après 4 périodes par 16, etc.

Afin d'étudier l'évolution de la contamination en césium 137 au cours des années, 5 stations parmi les 6 ont été choisies en des lieux déjà échantillonnés par la CRIIRAD entre 1988 et 2000.

Les échantillons de sol ont fait l'objet d'analyses par spectrométrie gamma, afin de détecter les principaux radionucléides naturels et artificiels.

Les commentaires ci-dessous intègrent également les résultats d'autres carottages effectués entre 2014 et 2015 par la CRIIRAD dans le cadre de l'exploitation de son réseau de balises, soit un total de 13 sites.

### CONTAMINATION ACTUELLE DES SOLS PAR LE CESIUM 137

Un seul radionucléide artificiel émetteur gamma a été détecté dans toutes les stations. Il s'agit du césium 137, produit de fission de période radioactive égale à 30 ans et présent dans les retombées des essais nucléaires atmosphériques (particulièrement intenses dans les années 50-60) et dans celles de Tchernobyl en 1986.

Les activités en césium 137 mesurées sur les 13 stations correspondent à des dépôts résiduels de 2 395 Bq/m<sup>2</sup> (Saint-Agrève) à 14 229 Bq/m<sup>2</sup> (Vassieux en Vercors, sol forestier).

Les activités surfaciques en césium 137 sont reportées dans le tableau 1 ci-dessous.

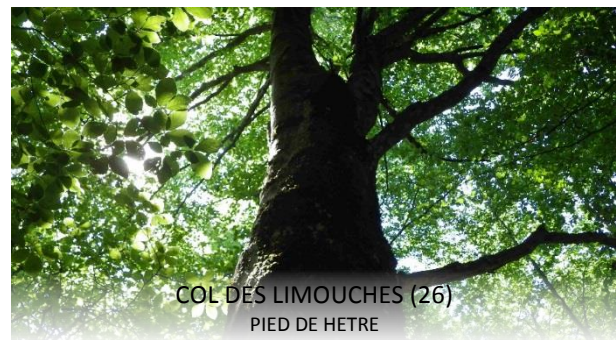
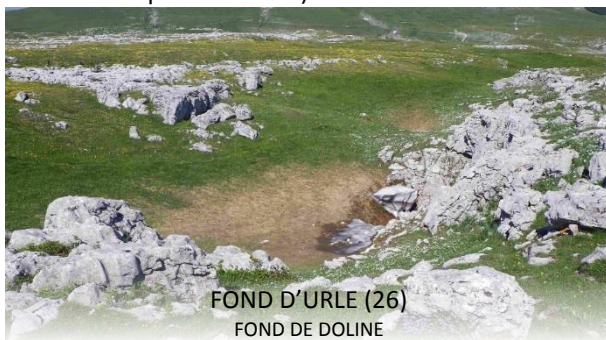
Tableau 1 : Activité surfacique résiduelle du césium 137 dans les sols de la région Rhône-Alpes en 2014-2015

Site de prélèvement	Département	Date du prélèvement	Césium 137 (Bq/m <sup>2</sup> ) <sup>(1)</sup>
Vassieux sol forestier	Drôme	04/06/2015	14 229 ± 1 890
Vassieux pelouse	Drôme	04/06/2015	12 468 ± 2 109
Péage de Roussillon	Isère	10/01/2014	11 116 ± 1 646
St Clair du Rhône	Isère	23/10/2015	10 973 ± 1 648
Semnoz	Haute Savoie	01/07/2015	8 723 ± 1 303
Montélimar	Drôme	03/12/2015	8 119 ± 1 133
Valence	Drôme	02/04/2015	7 612 ± 1 110
Malafretaz	Ain	03/09/2015	6 816 ± 955
Romans-sur-Isère	Drôme	28/08/2015	6 537 ± 897
St Marcel d'Ardèche	Ardèche	11/12/2014	5 592 ± 898
St Jean de Moirans	Isère	04/12/2015	4 186 ± 661
St Genest Malifaux	Loire	30/07/2015	2 768 ± 498
St Agrève	Ardèche	30/10/2014	2 395 ± 550

<sup>(1)</sup> Carottage de sol de profondeur comprise entre 30 et 50 cm

Pour ces 13 sites, les activités massiques en césium 137 dans la couche superficielle du sol (0 à 5 cm) vont de **12-13 Bq/kg sec** (Saint-Clair du Rhône et Saint-Agrève) à **187 Bq/kg sec** (Vassieux forestier).

Des analyses complémentaires ont été effectuées en outre dans le Vercors, sur des points d'accumulation (fond de doline et pied de hêtre).



En 2015, ces secteurs d'accumulation peuvent présenter des contaminations résiduelles nettement plus importantes par exemple dans le Vercors en fond de dolines (8 000 Bq/kg sec), au pied de hêtres (1 130 Bq/kg sec). Hors Rhône-Alpes, la CRIIRAD a mesuré en 2015 des contaminations pouvant dépasser 100 000 Bq/kg sec dans certains sols du Mercantour.



## EVOLUTION DE LA CONTAMINATION EN CESIUM 137

Sur la base de l'analyse des 13 carottages de sol effectués par la CRIIRAD entre 2014 et 2015 en Rhône-Alpes, on observe que 80 % du césium 137 reste présent dans les 20 premiers centimètres du sol. Sur certains sites, le césium 137 est détecté jusqu'à 50 centimètres de profondeur.

L'étude des 5 carottages pour lesquels on dispose de mesures antérieures a permis d'étudier la diminution de la contamination du sol en césium 137 (en 2015) par rapport aux prélèvements antérieurs. Elle correspond, aux marges d'incertitude près, à la décroissance radioactive pour 2 stations (Semnoz et Vassieux). Pour les stations de Malafretaz, Saint Genest Malifaux et Saint-Jean de Moirans on observe une déperdition supplémentaire de 28 à 64 % en 25 à 27 ans, soit un facteur 1,4 à 2,8. Cette déperdition peut provenir de divers mécanismes de transfert (transfert par les pluies plus en profondeur, exportation par le couvert végétal et l'action de la faune, etc.).

Tableau 2 : Activités surfaciques du césium 137 lors des 1<sup>ères</sup> études et lors de la présente étude, et facteur de déperdition du césium 137.

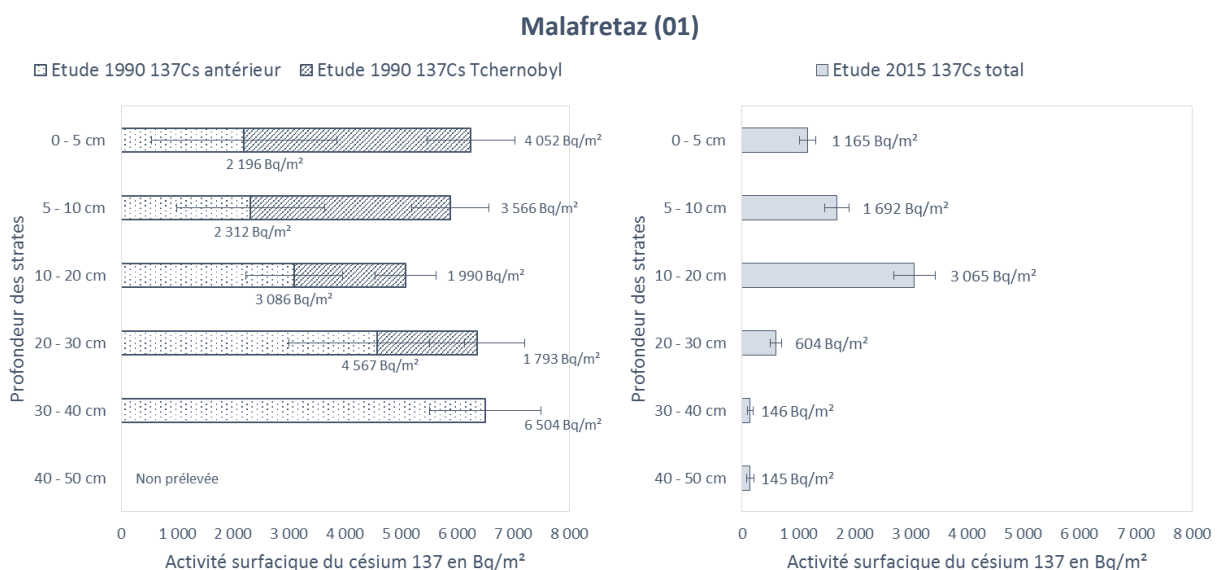
Sites de prélèvement	1 <sup>ère</sup> étude			Etude 2015		
	Dates	Activité surfacique <sup>137</sup> Cs (Bq/m <sup>2</sup> )	Activité surfacique <sup>137</sup> Cs théorique attendue en 2015	Dates	Activité surfacique <sup>137</sup> Cs (Bq/m <sup>2</sup> )	Ecart
Malafretaz	16/02/1990	30 394 ± 3 710	16 844 ± 2 056	03/09/2015	6 816 ± 955	-60%
Semnoz	15/10/1988	14 185 ± 1 930	7 653 ± 1 041	01/07/2015	8 723 ± 1 303	14%
St Genest Malifaux	26/01/1988	14 640 ± 2 715	7 754 ± 1 438	30/07/2015	2 768 ± 498	-64%
St Jean de Moirans	17/05/1990	10 477 ± 1 605	5 806 ± 889	04/12/2015	4 186 ± 661	-28%
Vassieux pelouse	27/10/2000	20 181 ± 2 018	14 402 ± 1 440	04/06/2015	12 468 ± 2 109	-13%

Ces résultats montrent que, même en sélectionnant des sols présentant des garanties de « bonne conservation » de la contamination, des carottages effectués plusieurs décennies après les retombées peuvent conduire à sous-estimer d'un facteur notable les retombées initiales.

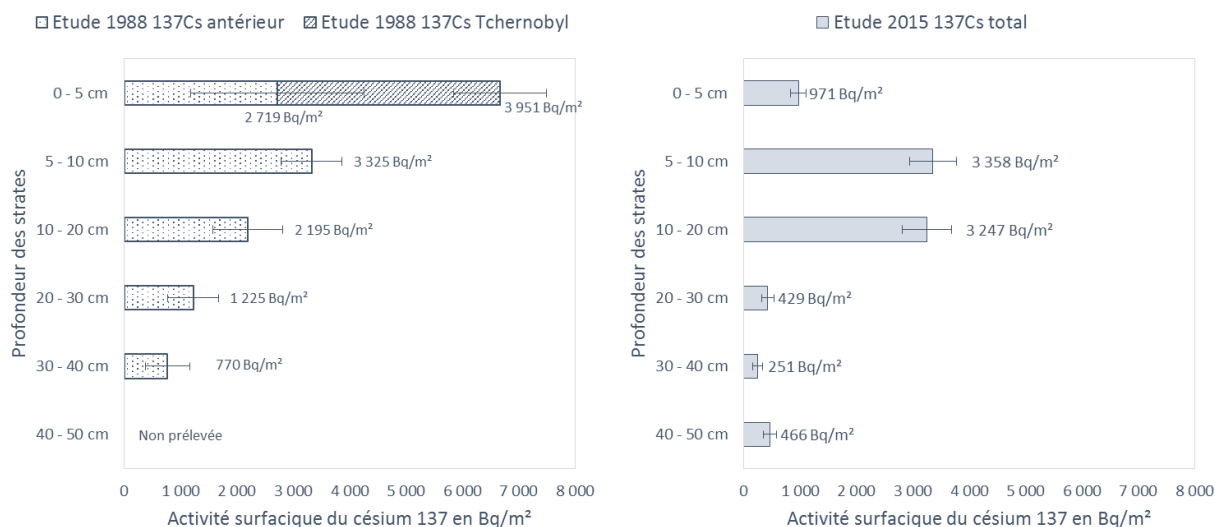
## EVOLUTION DES PROFILS

La figure 1 permet d'examiner l'évolution des profils de contamination de 2 des 5 carottages effectués en Rhône-Alpes. On peut noter, une diminution en 2015 de l'activité des couches supérieures, de 0 à 10 cm, au profit des strates plus profondes pour lesquelles on n'observe pas le même taux de diminution. Ces observations traduisent des phénomènes plus ou moins marqués de migration du césium en profondeur.

Figure 1 : Evolution de la répartition du césium 137 en fonction de la profondeur de sol (activités exprimées en Bq/m<sup>2</sup> et ramenées aux dates de prélèvements)



## Semnoz (74)



NB : l'ordonnée n'est pas représentée à l'échelle, les deux strates de surface ne faisant que 5 cm de profondeur, les suivantes 10 cm.

La contamination par le césium 137 restera présente encore longtemps dans les sols. En effet, compte tenu de sa période physique de 30 ans, il faut en théorie attendre 300 ans (soit 10 périodes) pour que l'activité en césium 137 initialement déposée soit divisée par mille. A cette échelle de temps, et compte tenu de la contamination résiduelle mesurée en 2015, le césium 137 ne sera plus mesurable (limite de détection de 0,1 Bq/kg sec) dans les sols de Rhône Alpes (hors points d'accumulation). Tel ne sera pas le cas des sols nettement plus contaminés de la Biélorussie, de l'Ukraine et d'une partie de la Russie. Et 300 ans représentent peu de chose en regard de la dangerosité du corium du réacteur numéro 4 de Tchernobyl et des déchets radioactifs enfouis dans les sols alentours.

### PRESENCE D'AMERICIUM 241

Outre le césium 137, il est à noter la détection, dans les fonds de doline du Vercors, de l'américium 241 ( $7,0 \pm 4,3$  Bq/kg sec), radionucléide artificiel, probablement lié aux retombées des essais nucléaires atmosphériques, et qui suggère la présence de plutonium. L'étude réalisée par la CRIIRAD a porté uniquement sur les radionucléides émetteurs gamma. Cependant, ce constat mériterait des analyses complémentaires et une reconstitution de l'exposition des populations aux retombées passées.

### IMPACT ACTUEL DU CESIUM 137

En Rhône-Alpes, la contamination résiduelle des sols par le césium 137 de Tchernobyl et des essais nucléaires, entraîne une exposition externe faible mais pouvant, dans certains cas, ne pas être négligeable.

Il faut y ajouter les doses par expositions internes, et notamment par ingestion de denrées alimentaires contaminées. En effet, il faut garder à l'esprit le fait que l'exposition interne peut constituer la part la plus importante de la dose, compte tenu de la contamination résiduelle de certaines denrées issues des milieux forestiers (baies, champignons, gibiers) qui restent contaminées en France à des niveaux qui peuvent atteindre des dizaines à quelques centaines de becquerels par kilogramme frais. En fonction des régimes alimentaires, la consommation de ces produits peut induire une exposition non négligeable, ce qui nécessite une vigilance pendant encore de nombreuses années.

Concernant l'impact spécifique de Tchernobyl, on ne peut que déplorer que la réglementation en vigueur au niveau européen, plus de 30 ans après la catastrophe, ne porte que sur les produits importés, avec des limites d'activité massique inchangées depuis 1986 et particulièrement élevées (370 Bq/kg de césium 137 dans le lait et les aliments pour nourrissons, 600 Bq/kg dans les autres produits, viandes, baies, champignons par exemple). La réglementation aurait dû être étendue aux productions et cueillettes issues des Etats membres de l'Union européenne dont certains ont été fortement impactés par les retombées de Tchernobyl et les niveaux de contamination « admissible » auraient dû être notablement abaissés en application du principe d'optimisation et compte tenu de l'évolution des connaissances sur les effets sanitaires d'une contamination interne chronique.

Rédaction : Marion JEAMBRUN, docteur en géochimie et bruno CHAREYRON, ingénieur en physique nucléaire.