

PREMIERS RESULTATS DES OBSERVATIONS CONSECUTIVES AUX DEPOTS
RADIOACTIFS DE MAI 1986 DANS LE BASSIN DU VAR

RESUME
H. MAUBERT

Dès le mois de Mai 1986 il fut décidé d'entreprendre des études radioécologiques dans les bassins versants de la Moselle, du Tavignano (Corse) et du Var, situés dans des zones supposées plus touchées par les retombées que le reste du territoire. Des bassins versants furent choisis car ils constituent des entités géographiques et économiques se prêtant au calcul de bilans.

Ce rapport est un état d'avancement des travaux concernant la première année d'observations dans le bassin du Var. D'une superficie de 3000 km² environ, il est situé en quasi totalité dans les Alpes-Maritimes. Il est caractérisé par un relief tourmenté. Dans la frange littorale se trouvent des cultures maraîchères mais le reste du bassin a surtout une vocation pastorale et forestière (Alpages).

Dans l'ordre de présentation des résultats il convient de commencer par les dépôts au sol, exprimés en Bq/m² et évalués à partir de prélèvements des couches superficielles. La quantité totale de radioactivité tombée sur le bassin peut être estimée à 8E13 Bq pour l'iode 131 (2000 Ci) et 1,3E13 Bq pour le césium 137 (340 Ci). Pour les isotopes à durée de vie suffisante, l'essentiel de la radioactivité est stockée dans les prairies, les écosystèmes forestiers et les sols. Ces compartiments vont servir dans l'avenir de terme source pour les productions agricoles, dans une mesure qui reste à préciser.

L'hétérogénéité des dépôts est le fait le plus marquant. En effet pour le césium 137, les valeurs varient de 2370 Bq/m² dans la plaine du Var à 63175 Bq/m² (1,7 µCi/m²) dans la forêt du Boréon, soit un facteur de 30. Les causes de variation sont multiples, l'altitude jouant un rôle important. L'existence de ces disparités à des distances relativement faibles remet en cause la représentativité de moyennes nationales ou même régionales. Dans ce cas précis des groupes de population vivant en montagne à quelques km seulement des stations de contrôle situées en plaine ont pu recevoir des irradiations supérieures d'un ordre de grandeur au moins aux estimations.

En ce qui concerne la migration verticale des isotopes du césium et du ruthénium dans les sols, on constatait à la fin de l'année 1986 que, conformément aux prévisions, la pénétration des radionucléides n'excédait pas quelque cm, sauf dans le cas de champs labourés, où l'activité est diluée sur 30 ou 40 cm. Les couches riches en matière organique, comme l'humus des forêts ou le mat des prairies permanentes constituent même des pièges quasi-absolus. Cela signifie que la simple prise en compte de la période radioactive physique de ces radionucléides pour estimer leur temps de résidence dans les sols constitue sans doute une approximation correcte.

Des végétaux cultivés ont été régulièrement prélevés à maturité, sur les marchés ou dans les champs. On peut distinguer deux phases dans la diminution de leur radioactivité.

La première concerne les végétaux qui ont été soumis à la contamination directe. Le modèle de la décroissance exponentielle

s'applique de façon satisfaisante. On note des demies vies effectives de l'ordre de 4 à 5 jours pour l'iode 131. Pour les radionucléides à période moyenne on retiendra les chiffres suivants: 5 jours pour les légumes feuilles, 20 jours pour les autres légumes, 25 à 30 jours pour l'herbe, 40 pour les fruits.

En ce qui concerne les niveaux initiaux on a obtenu (somme des émetteurs gamma) 16 kBq/kg sec pour les fourrages (dont 12 pour 131 I), 7 kBq/kg frais pour les légumes feuilles (dont 2,75 pour 131 I et 0,43 pour 137 Cs), et pour les autres légumes, les fruits et les céréales, de l'ordre de 10 à 20 Bq/kg frais.

La seconde phase concerne la contamination par voie racinaire exclusivement. Les campagnes de 1987 permettront de quantifier plus exactement cette voie mais on peut déjà affirmer que seuls les isotopes du césium sont mesurables et que les concentrations sont en dessous de 1 Bq/kg frais. Bien que les sols constituent le compartiment où sont fixés l'essentiel des produits radioactifs (à l'exception des vies courtes) il se confirme que pour l'ingestion la voie d'atteinte par absorption racinaire entraîne des nuisances plus faibles que celles dues à la contamination directe (foliaire).

Des produits laitiers (lait et fromages de Vache, de Chèvre et de Brebis) ont été mesurés. Seuls les isotopes du césium ont été détectés avec des concentrations de 13 à 52 Bq/kg frais (137 Cs) aux mois de Juin et Juillet, tombant au dessous de 1 Bq/kg au début de l'automne. La distribution de fourrages pendant l'hiver a permis de mettre en évidence une remontée des concentrations, les valeurs obtenues en Février dépassant parfois celles de l'été (66 Bq/kg).

Malgré les difficultés d'approvisionnement (peu de production locale) de la viande de Mouton a pu être obtenue, révélant des concentrations en césium toujours inférieures à 120 Bq/kg frais. Il est à noter que de l'argent 110m a été trouvé dans les fôies des bêtes, alors que ce radionucléide n'était plus détecté dans l'herbe depuis longtemps.

De façon générale, les tentatives d'interprétation des résultats sur les produits animaux ont fait apparaître nombre de difficultés, liées à la relative pauvreté des outils disponibles dans la littérature, qui sont adaptés à l'études des conditions de rejets de routine mais non à celles d'accidents. Pour ces raisons il nous semble qu'il serait utile d'entreprendre des études expérimentales de transfert aux petits animaux (Poules et Lapins).

Enfin les eaux, les sédiments et certains végétaux sauvages ont été échantillonnés. Signalons le cas des Champignons dont la contamination au mois d'octobre dépassait de deux ordres de grandeur au moins celle des légumes à la même époque. (362 Bq/kg frais en 137 Cs)

Les travaux se poursuivent d'une part sur le terrain pour observer l'évolution des radionucléides encore détectables, et d'autre part pour effectuer un calcul des activités ingérées basé le plus possible sur les mesures. Le but est d'en tirer non seulement des éléments de vérification des modèles, mais aussi des informations sur les effets à long terme, la contribution à l'exposition totale des différents compartiments et les points sensibles à surveiller.

Une durée de deux cycles annuels d'observations et d'interprétation est nécessaire pour améliorer la qualité de l'information et diminuer les incertitudes.

REMERCIEMENTS

Je souhaite remercier ici tous ceux qui ont rendu possible la réalisation de ce rapport .

En particulier:

Les agriculteurs et habitants qui m'ont toujours bien reçu et ont compris les buts et motivations de l'étude.

Les laboratoires de mesure, notamment l'Antenne de Métrologie de Cadarache où un effort important a été consenti.

Monsieur Richard Lion, qui s'est chargé avec allant et talent de certaines campagnes de prélèvements.

Et tous mes collègues à des titres divers.

AVERTISSEMENT

La radioactivité étant un phénomène aléatoire il est d'usage de présenter les résultats sous la forme:

$$A \pm a$$

Force est de constater à la lecture de nombre de rapports que l'utilisation statistique des précisions sur l'incertitude de comptage est généralement absente.

Les limites réglementaires de concentrations en éléments radioactifs sont des valeurs discrètes et non des fonctions de répartition.

Les modèles utilisés dans le calcul des risques engagés utilisent également des valeurs discrètes, les évaluations probabilistes en étant encore au stade de la recherche.

Enfin, les mesureurs travaillent mieux qu'ils ne veulent bien l'admettre, mon expérience dans le domaine de la radioactivité de l'environnement m'ayant appris que les niveaux trouvés pour un type d'échantillons sont très reproductibles.

Pour ces raisons et pour alléger le texte seules les valeurs "moyennes" des mesures sont rapportées ici, comme étant malgré tout les plus probables.

Néanmoins les bordereaux complets de mesure existent et le lecteur pointilleux pourra s'y rapporter sur demande.

SOMMAIRE

I. INTRODUCTION	6
I.1. généralités	6
I.2. Travail effectué	6
I.3. Description succincte du bassin du VAR	6
II. LES SOLS	9
II.1. Méthodes	9
II.2. La radioactivité des sols exprimée en concentrations	11
II.2.1. Valeurs relatives à la couche superficielle	11
II.2.2. La migration verticale	18
II.3. La radioactivité surfacique des sols	23
II.3.1. Calculs et limites de l'interprétation	23
II.3.2. Valeurs numériques	23
II.3.3. Variation des activités surfaciques avec l'altitude	25
III. L'HERBE ET LES FOURRAGES	30
III.1. Présentation des résultats	30
III.1.1. Généralités	30
III.1.2. Variations de la radioactivité en fonction du temps	30
III.1.2.1. Radionucléides trouvés occasionnellement	30
III.1.2.2. Isotopes du Césium et du Ruthénium	32
III.2. Quantification de la décroissance de la radioactivité de l'herbe	34
III.3. Interprétation des résultats; conséquences sur la modélisation	36
III.4. Conclusion relative à l'herbe et aux fourrages	38
IV. LES VEGETAUX COMESTIBLES	41
IV.1. Présentation des résultats. Valeurs brutes de mesure	41
IV.1.1. Généralités	41
IV.1.2. Les radionucléides à vie courte	41
IV.1.3. Les isotopes du Césium et du Ruthénium	41
IV.2. Interprétation des résultats; conséquences pour la modélisation	42
IV.2.1. Présentation du modèle et généralités	42
IV.2.2. Résultats	44
IV.2.3. Conclusion sur la modélisation pour les légumes	52

V. LES PRODUITS ANIMAUX	5
V.1. Introduction et généralités	5
V.2. Le lait et les produits laitiers	5
V.2.1. Valeurs brutes de mesure	5
V.2.2. Conséquences sur les facteurs de transfert	5
V.3. La viande de mouton	5
V.3.1. Valeurs brutes de mesure	5
V.3.2. Conséquences pour la modélisation	5
VI. LES VEGETAUX NON CULTIVES	6
VI.1. Les champignons	6
VI.2. Autres végétaux	6
VII. L'EAU ET LES SEDIMENTS	6
VII.1. L'eau	6
VII.2. Les sédiments	6
VIII. LES MESURES DU STRONTIUM 90	6
IX. CONCLUSION	7

I. INTRODUCTION

I.1. Généralités

Après l'accident de TCHERNOBYL il apparut que le Sud-Est de la France fut sensiblement touché par des dépôts comme devait le publier le Laboratoire de l'AIEA à Monaco. Les premières mesures réalisées à Cadarache début Mai devaient confirmer ce fait.

Il fut alors décidé, avant la fin du mois, d'entreprendre une étude détaillée des retombées dans le bassin versant du fleuve Var, travail qui se poursuit encore aujourd'hui.

I.2. Travail effectué.

Neuf déplacements dans la région ont été faits, pour une récolte de 200 échantillons environ, répartis dans les compartiments suivants:

- Sols (100 éch.).
- Herbe et les fourrages (22 éch.).
- Légumes et productions maraîchères (27 éch.).
- Fruits (8 éch.).
- Céréales, grains (5 éch)
- Productions animales; viande, lait, fromage (19 éch.).
- Flore spontanée; feuilles, champignons (5éch.).
- Eaux de surface (4 éch.).
- Sédiments (8 éch.).

25 zones géographiques environ ont été parcourues, encore que ce nombre dépende de l'étendue que l'on donne à une zone. A cela il faut ajouter des points particuliers comme le Marché d'Intérêt National à Nice (MIN) au autres points de vente au public.

En outre d'autres laboratoires du SERE ont investigué les domaines hydrobiologiques pour les eaux continentales et le milieu marin.

De façon générale ce rapport ne traite pas des éléments à vie courte, les prélèvements ayant plutôt été effectués à partir de la fin Mai.

I.3. Description succincte du bassin du Var.

Le bassin versant dont la superficie à la station de La Manda est de 2820 km² est cartographié sommairement carte 1.

Il est caractérisé par un relief accentué; des sommets de plus de 3000 m comme le mont Clapier ou le mont Gélas se trouvent à une trentaine de km du bord de la mer. Sauf à haute altitude où se trouvent quelques formes glaciaires, les vallées ont été creusées par ravinement, ce qui leur donne une forme étroite en "v".

Au début du mois de Mai les régions situées au dessus de 1800 à 2000 m étaient enneigées. La fonte des neiges est la plus abondante au mois de Juin mais il existe des névés permanents.

Au mois de Juillet la région a été affectée par des feux de forêt qui ont provoqué des resuspensions de dépôts et dont l'incidence radioécologique a été perçue.

Du fait du relief les communications sont difficiles et les travaux agricoles pénibles. Les lignes ci-dessous, extraites du Recensement Général de l'Agriculture [1] décrivent bien la situation.

" Le climat d'une douceur exceptionnelle sur le littoral, devient de plus en plus rigoureux au fur et à mesure que l'on s'élève dans la région montagnarde. Les gelées sont rares sur le littoral.

Les pluies sont assez abondantes mais leur mauvaise répartition annuelle est souvent une source de difficultés pour les producteurs.

Le département est divisé en trois régions agricoles:

Tout d'abord le littoral Niçois, bande étroite de quelques km. C'est la partie la plus riche du département, avec ses productions horticoles spécialisées (floriculture, maraîchage, plantes à parfum, arboriculture).

Puis viennent les côteaux niçois, qui s'étagent entre 300 et 700 m d'altitude, zone accidentée, sèche et de ce fait pauvre, sauf là où existent des possibilités d'irrigation. L'olivier et la vigne étaient autrefois les principales cultures de cette région.

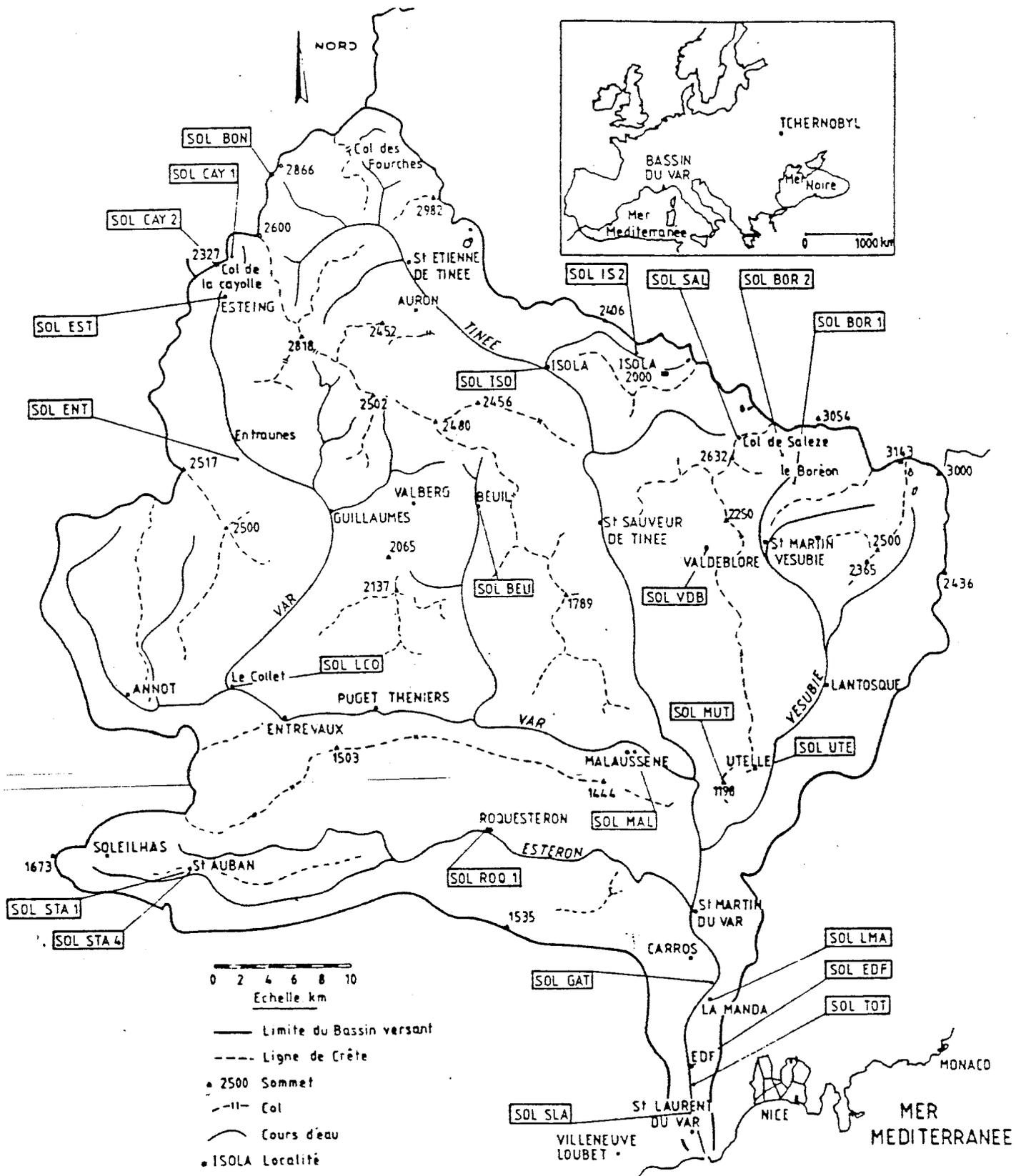
Enfin, les Alpes Niçoises plus humides à vocation essentiellement pastorale et forestière avec une région de plateaux moins accidentée qui permet une culture mécanisée dans la zone de Saint-Auban de céréales de pommes de terre et de prairies artificielles.

L'horticulture florale occupe la première place dans l'économie du département..", mais cela intéresse peu le radioécologiste dans la mesure où ces productions ne sont pas ingérées.

"Le maraîchage représente plus de 90% des cultures légumières du département, il est pratiqué essentiellement dans les vallées du Var et de la Siagne. Depuis quelques années on constate une tendance à produire des légumes sous serres ou sous abris, ce mode de culture permet à présent d'avoir certaines espèces légumières toute l'année.

La production animale par contre, est en nette diminution, à l'exception du cheptel ovin et caprin.

Malgré tous les efforts réalisés et les aides consenties en faveur de l'élevage bovin en zone de montagne, celui-ci baisse d'année en année, les conditions de production sont telles que la rentabilité est difficile à assurer."



CARTE 1 - EMBLACEMENT DES PRELEVEMENTS DE SOL

II. LES SOLS.

II.1. Méthodes.

La méthode de prélèvement choisie devait permettre l'évaluation d'une part des concentrations en radioactivité et d'autre part le calcul des dépôts. Dans ce but une surface de sol de 900 cm² (30x30) sur une épaisseur mesurée, 5 cm en général, était prélevée.

Après détermination du poids frais et retour au laboratoire l'ensemble est séché à l'étuve à 110°C pendant 48 h.

Le poids sec est déterminé.

Un broyage sert à homogénéiser le matériau avant conditionnement et mesure par spectrométrie gamma Ge.

La radioactivité mesurée par gramme de matière sèche est alors soit présentée telle quelle pour l'évaluation des concentrations, soit multipliée par le poids matière contenu dans le volume prélevé et ramenée au mètre carré pour le calcul des dépôts.

Dans certains cas la couche sous-jacente a été prélevée jusqu'à 10 cm ou plus et traitée de la même façon.

En fin de saison des carottes de 40 à 50 cm de ont été extraites grâce à une tarière. Dans ce cas seules les concentrations ont été rapportées.

La nomenclature adoptée pour les échantillons est la suivante:

-SOL BON 1 ; les trois premières lettres désignent la nature du produit. Les trois suivantes désignent le lieu, et le numéro sert à différencier plusieurs prélèvements de même nature et du même endroit.

-Si les trois premières lettres sont CSO, cela signifie qu'il y a un Carottage de sol.

Nous étudierons d'abord les résultats exprimés en concentrations, qui sont bruts de mesure, ensuite les valeurs de dépôts qui résultent de calculs.

Tous les lieux de prélèvement sont reportés sur la carte C1.

TABLEAU 1 :RADIOACTIVITE MESUREE DANS LES SOLS
Valeurs aux dates des prélèvements.

Bassin du VAR.
(Bq/kg sec)

CODE	NATURE	DATE	Jours	LIEU	Z	EPAISSEUR	K 40	106			110m			144
								Ru 103	Ru+Rh	Cs 134	Cs 137	Ag	Sb 125	Ce+Pr
SOL GAT 1	SOL NU	29/5/86	27	GATTIERES	58	0-3	580	31		13	42			
SOL GAT 2	SOL NU	2/10/86	153	GATTIERES		0-3	540		22	12	48		2,3	
CSO GAT 2	VERGER	2/10/86	153	GATTIERES		0-10	480	2,6		8	33			
CSO GAT 2	VERGER	2/10/86	153	GATTIERES		10-20	460			<1	4			
CSO GAT 2	VERGER	2/10/86	153	GATTIERES		20-30	450			0,7	1			
CSO GAT 2	VERGER	2/10/86	153	GATTIERES		30-40	430					<1		
CSO GAT 2	VERGER	2/10/86	153	GATTIERES		40-50	550							
SOL TOT 1	SOL CHAMP	5/6/86	34	STATION TOTAL	30	0-3	540	41	36	11	28			
TER EDF 1	TERRE	7/8/86	97	VAR RG POSTE EDF	30	labouré	530			7,5	28			
			97	labourée 07/86										
SOL SLA 1	SOL Verger	18/6/86	47	ST LAURENT DU VAR	10	0-5	762	39	82	20	43		3	
SOL MAL 1	SOL NU	5/6/86	34	MALAUSSENE		0-4	450	66	60	30	108			
SOL MAL 2	SOL Jardin	4/9/86	125	MALAUSSENE	220	0-3	420	7		13	45			
SOL MAL 3	id. MAL 2	4/9/86	125	idem SOL MAL 2	220	3-10	470	4		11	39			

II.2. La radioactivité dans les sols exprimée en concentrations.

II.2.1. Valeurs relatives à la couche superficielle:

Toutes les mesures sont regroupées tableaux 1 à 4. Ce paragraphe traite de la tranche de sol comprise entre 0 et 5 cm de profondeur ou moins.

Divers regroupements sont possibles, par nature ou par lieu géographique:

-Par nature il est possible de distinguer les sols issus de champs servant aux cultures maraîchères qui sont généralement nus, à l'exception évidemment de l'espèce cultivée, les sols issus de prairies permanentes ou le prélèvement inclut non seulement de la terre mais aussi l'herbe qui la recouvre, et les sols humiques forestiers.

-Par lieu on distingue selon les valeurs, la plaine, la moyenne montagne de 300 à 7-800 m d'altitude, et la haute montagne au dessus. La région de Saint-Auban à l'Est du bassin occupe une place à part, en raison de la géographie de la zone et de ses niveaux de radioactivité.

Ces deux sous-ensembles ont un large domaine d'intersection, dans la mesure où les cultures se trouvent en plaine et les prairies en altitude. Toutefois il existe des prairies de plaine et des champs d'altitude.

*Sols nus de plaine:

Dans la 'plaine du Var' région agricole de Nice les concentrations s'étagent entre 28 et 48 Bq/kgs (1) pour le 137 Cs, 7,5 à 20 Bq/kgs pour le 134 Cs, non détecté à 39 Bq/kgs pour le 103 Ru 47 jours après le dépôt (période 40 j), et non détecté à 82 Bq/kgs pour 106 Ru+Rh.

L'Antimoine 125 n'est mesuré qu'à Saint Laurent du Var et à Gattières avec des concentrations inférieures à 3 Bq/kgs.

Aucun autre élément n'a été détecté par spectrométrie Gamma.

A Malaussène, autre région agricole, les valeurs un mois après l'accident atteignent 108 Bq/kgs pour le 137 Cs, 30, 66, et 60 Bq/kgs respectivement pour 134 Cs, 103 Ru et 106 Ru+Rh.

Après labourage, pour la couche superficielle la teneur en 137 Cs est ramenée à 45 Bq/kgs et le 134 Cs et 103 Ru baissent en proportion non compte tenu de la décroissance radioactive. Le 106 Ru+Rh n'est plus détecté.

(1) kgs signifie: kg de matière sèche
kgf signifie: kg de matière fraîche

TABEAU 2 : RADIOACTIVITE MESUREE DANS LES SOLS
Valeurs aux dates des prélèvements.

Bassin du VAR.
(Bq/kg sec)

CODE	NATURE	DATE	Jours	LIEU	Z	EPAISSEUR	K 40	106		Cs 134	Cs 137	110m		144
								Ru 103	Ru+Rh			Ag	Sb 125	
SOL LMA 1	SOL PRE	5/6/86	34	LA MANDA	65	0-5	570	76		33	93			
SOL LMA 2	SOL PRE	2/10/86	153	LA MANDA	65	0-5	520	9	38	31	95	1,3		
CSD LMA 2	prairie	2/10/86	153	LA MANDA	65	5-10	450			3	20			
CSD LMA 2	prairie	2/10/86	153	LA MANDA	65	10-20	490			1	19			
CSD LMA 2	prairie	2/10/86	153	LA MANDA	65	20-30	470				18			
CSD LMA 2	prairie	2/10/86	153	LA MANDA	65	30-40	470				16			
SOL STA 1	SOL PRE	29/5/86	27	SAINT AUBAN (AM)	1030	0-5	340	31		8	95			
SOL STA 2	id. STA 1	29/5/86	27	SAINT AUBAN (AM)	1030	5-10	370	6		1,8	42			
SOL STA 3	SOL PRE	9/7/86	68	SAINT AUBAN	1030	0-5	412			13,3	59,9			
SOL STA 4	SOL CEREAL	5/9/86	126	SAINT AUBAN	1020	0-3	440	6		16	60			
SOL STA 5	SOL CEREAL	5/9/86	126	id. SOL STA 4		3-7	480	2		7	42			

*Prairie de plaine

Une seule prairie a été trouvée en plaine car les cultures légumières sont d'un meilleur rapport. A La Manda, une prairie irriguée supporte plusieurs coupes par an. Dans la couche superficielle de 0 à 5 cm on a relevé 93 Bq/kgs de ^{137}Cs , 33 de ^{134}Cs , et 76 Bq/kgs de ^{103}Ru .

Le fait que ces valeurs soient sensiblement plus élevées que celles relatives aux sols nus des environs peut s'expliquer par le fait que l'enchevêtrement de fibres végétales et de terre que l'on appelle "mat" de prairie capte l'essentiel du dépôt. La densité de cette couche est sensiblement plus faible que celle de la terre nue, et donc, à dépôt équivalent la concentration de radioactivité y est plus forte.

Un deuxième prélèvement effectué le 2 Novembre, soit 149 jours après le premier, ne laisse pas apparaître de changements significatifs. On y relève 95 Bq/kgs au lieu de 93 pour ^{137}Cs , 31 au lieu de 33 pour ^{134}Cs . A la décroissance près ces observations valent pour ^{103}Ru . L'Argent 110m apparaît dans le spectre avec une activité de 1,3 Bq/kgs en Novembre alors que ce radionucléide n'avait pas été détecté en Juin.

Il se peut que les apports dus à l'irrigation soient responsables du maintien de la radioactivité à son niveau d'origine mais comme nous le verrons plus loin la radioactivité est très diluée dans les eaux de surface. En outre cet effet devrait être compensé par une vitesse de migration accrue.

*La région de Saint-Auban.

Cette région se caractérise par des étendues planes ou faiblement vallonnées relativement vastes. On y trouve des champs de céréales, Orge et Avoine, et des prairies artificielles non irriguées.

Les teneurs en ^{137}Cs de la couche superficielle des sols est de l'ordre de 60 à 90 Bq/kgs et de 8 à 16 Bq/kgs pour ^{134}Cs .

Le Ruthénium + Rhodium 106 n'y a jamais été détecté

Les différences entre sol nu et sol de prairies ne sont pas aussi marquées que dans la plaine du Var.

TABLEAU 3 : RADIOACTIVITE MESUREE DANS LES SOLS
Valeurs aux dates des prélèvements.

Bassin du VAR.
(Bq/kg sec)

CODE	NATURE	DATE	Jours	LIEU	Z	EPAISSEUR	K 40	106		110m		144
								Ru 103	Ru+Rh	Cs 134	Cs 137	Ag Sb 125
SOL ROQ 1	SOL NU	29/5/86	27	ROQUESTERON	370	0-2	420	290	260	95	270	2,2
SOL LCO 1	SOL PRE	5/6/86	34	LE COLLET	550	0-3	540	107	64	39	127	
SOL LCO 2	SOL PRE	4/9/86	125	LE COLLET	550	0-3	560	27	100	48	150	
SOL ENT 1	SOL PRE	4/9/86	125	ENTRAUNES	1000	0-5	690	44	160	81	270	
SOL PUG 1	SOL PRE	17/6/86	46	PUGET THENIER	400	0-5	1126	73,7		31	86	
SOL PUG 2	SOL PRE	17/6/86	46	PUGET THENIER	950	0-5	922	54,3		18	59,3	
SOL EST 1	SOL PRE	5/6/86	34	ESTENG	1500	0-4,5	570	1200	1020	450	1400	20 35
SOL EST 2	SOL PRE	4/9/86	125	ESTENG	1500	0-3	630	150	640	420	1150	13
SOL CAY 1	SOL NU	5/6/86	34	LA CAYOLLE	2200	0-5	620	760	580	660	1800	41
SOL CAY 2	SOL	4/9/86	125	CAYOLLE id. 5/6	2200	0-4	610	44	132	140	630	6
SOL CAY 3	SOL ALPAGE	4/9/86	125	CAYOLLE COL	2300	0-4	830	34		120	530	10
SOL BON 1	SOL ALPAGE	5/11/86	187	LA BONETTE COL	2260	0-3	305	38	300	615	2126	16
SOL BON 2	id. BON 1	5/11/86	187		2260	3-10	870			22	200	
SOL BDR 1	SOL ALPAGE	7/8/86	97	BOREDON	1500	0-5	810	270	660	340	1010	28
SOL SAL 1	SOL ALPAGE	2/10/86	153	COL DE SALEZE	2000	0-5	1050			40	330	5
CSD SAL 1	SOL ALPAGE	2/10/86	153	COL DE SALEZE	2000	5-10				1,2	4	
CSD SAL 1	SOL ALPAGE	2/10/86	153	COL DE SALEZE	2000	10-20	1000			<1	3	
CSD SAL 1	SOL ALPAGE	2/10/86	153	COL DE SALEZE	2000	20-30	1200				1,7	
CSD SAL 1	SOL ALPAGE	2/10/86	153	COL DE SALEZE	2000	30-40	1300				<1	
SOL IS2 1	SOL PRE	5/11/86	187	ISOLA 2000	1800	0-3	856	51	171	665	1565	12,9
SOL IS2 2	id. IS2 1	5/11/86	187			3-10	1177			19,5	119	
SOL UTE 1	SOL PRE	5/11/86	187	UTELLE	780	0-5	592			20	110	
SOL UTE 2	id. UTE 1	5/11/86	187	UTELLE	780	5-10	680			4	33	
SOL MUT 1	SOL PRE	5/11/86	187	MADONNE D'UTELLE	1180	0-5	760		69	80	265	
SOL MUT 2	id. MUT 1	5/11/86	187	MADONNE D'UTELLE	1180	5-10	770			6	103	
SOL BEU 1	SOL PRE	5/11/86	187	BEUIL	1440	0-4	760			123	530	
SOL BEU 2	id. BEU 1	5/11/86	187	BEUIL	1440	4-10	880				31	
SOL ISO 1	SOL PRE	5/11/86	187	ISOLA	900	0-4	716	15	53	560	1533	18 59
SOL ISO 2	idem n°1	5/11/86	187	ISOLA		4-10	1025		156	88	230	
SOL VDB 1	SOL PRE	5/11/86	187	VALDEBLORE	1250	0-3	588			141	562	
SOL VDB 2	idem n°1	5/11/86	187	VALDEBLORE	1250	3-10	860			8	90	

*La moyenne montagne.

Cette appellation recouvre les lieux: Roquestéron, Le Collet, Entraunes, Puget-Théniers, Utelle.

Les causes de variabilité y sont très grandes. Citons le gradient de radioactivité selon l'altitude qui sera mis en évidence dans le paragraphe sur les dépôts, la différence dans les quantités de pluie d'une vallée à l'autre, et surtout les effets du ruissellement.

Schématiquement sur un sol plat, une surface unitaire n'est soumise qu'à la seule quantité de pluie qui lui tombe dessus. Sur une pente à cette quantité s'ajoute l'eau ruisselée qui perd peu à peu de sa radioactivité par fixation. Cela explique qu'en des points voisins de quelques dizaines de mètres les valeurs varient largement selon l'inclinaison du sol.

Généralement les sols échantillonnés sont des sols de prairies naturelles. Les valeurs varient de 86 à 270 Bq/kgs pour 137 Cs, de 20 à 95 Bq/kgs pour 134 Cs, de non détecté à 290 Bq/kgs pour 103 Ru et de non détecté à 260 Bq/kgs pour 106 Ru+Rh. On note à Roquestéron la présence d'Ag 110m avec 2,2 Bq/kgs.

Globalement les valeurs paraissent sensiblement plus élevées qu'en plaine et à Saint Auban.

Au lieu-dit Le Collet le même point a été échantillonné en Juin et en Septembre où les niveaux de radioactivité trouvés se sont révélés légèrement supérieurs, ce qui, d'une part confirme le pouvoir de rétention des tapis végétaux et d'autre part pourrait indiquer un transport de radioactivité venant de l'amont.

*Les prairies de haute montagne.

Cette appellation désigne les prairies situées au dessus de 1000 m d'altitude ou alpages. Sur la carte cela correspond à Esteng, La Cayolle, La Bonette, Le Boréon, Isola, Isola 2000, Beuil, Valdeblore, Col de Salèze...

On y trouve des teneurs échelonnées entre 330 et 2126 Bq/kgs en 137 Cs, 40 et 615 Bq/kgs pour 134 Cs, non détecté et plus de 1000 pour 103 Ru et 106 Ru+Rh.

Pour le 137 Cs 9 valeurs sur 12 dépassent 1000 Bq/kgs. L'Argent 110m est détecté 9 fois avec un maximum de 41 Bq/kgs. On note aussi trois fois la présence de 125 Sb (28, 35 et 59 Bq/kgs).

Ces régions apparaissent donc sensiblement plus contaminées que les plaines où se trouvent les stations de contrôle. Ce fait prend une certaine importance car les alpages servent (de moins en moins) à la production de viande ovine et de lait de vache.

Le gradient vertical d'augmentation de la radioactivité déposée était très supérieur au gradient Ouest-Est à l'échelle du bassin.

TABLEAU 4 : RADIODACTIVITE MESUREE DANS LES SOLS
Valeurs aux dates des prélèvements.

Bassin du VAR.
(Bq/kg sec)

CODE	NATURE	DATE	Jours	LIEU	Z	EPAISSEUR	K 40	106		Cs 134	Cs 137	110m		144
								Ru 103	Ru+Rh			Ag	Sb 125	
SOL BOR 2	SOL FORET	2/10/86	153	BOREDN	1650	0-4	540	1020	4400	2250	5700	60	200	88
CSD BOR 2	SOL FORET	2/10/86	153	BOREDN	1650	0-10	800	34	178	75	502	4,4		
CSD BOR 2	SOL FORET	2/10/86	153	BOREDN	1650	20-30	860	0,06	0,3	32	140	0,005	0,02	
CSD BOR 2	SOL FORET	2/10/86	153	BOREDN	1650	30-40	960			11	42			
CSD BOR 2	SOL FORET	2/10/86	153	BOREDN	1650	40-50	1100			2,5	10			

Deux points ont été échantillonnés en Juin et en Octobre. Il s'agit d'Esteng et de La Cayolle. A Esteng (alt. 1500m) on note une diminution de la teneur en ^{137}Cs de 1400 à 1150 Bq/kgs. Le même phénomène se produit à La Cayolle (2200 m), de 1800 à 630 Bq/kgs. Dans les deux cas les prélèvements proviennent de pentes abruptes. Ces constatations vont dans le sens de l'hypothèse évoquée plus haut d'un transport de radioactivité vers l'aval pendant la saison.

*Les sols forestiers.

Dès le début l'étude a été axée sur la chaîne alimentaire et la contamination du système agricole. Les sols forestiers n'ont donc pratiquement pas été échantillonnés en 1986 à l'exception de la forêt du Boréon le 2 Octobre. C'est un haut-lieu touristique Niçois où l'on cueille, en saison, myrtilles et champignons.

C'est là que les radioactivités les plus fortes ont été relevées. Sans correction de décroissance, on trouve: 5700 Bq/kgs en ^{137}Cs , 2250 pour ^{134}Cs , 4400 pour $^{106}\text{Ru} + ^{106}\text{Rh}$, 1020 pour ^{103}Ru , 60 pour ^{110m}Ag , 200 pour ^{125}Sb et 88 pour $^{144}\text{Ce} + ^{144}\text{Pr}$.

Ces fortes valeurs sont liées à la couche superficielle humique. On ne sait pas à l'heure actuelle s'il s'agit d'un point restreint dans l'espace particulièrement actif ou si de vastes zones forestières sont concernées. Lorsque les résultats nous ont été connus la neige avait recouvert l'endroit et les routes étaient fermées. C'est un point particulier qui demande vérification en 1987.

II.2.2. La migration verticale.

La migration verticale des dépôts peut être évaluée par plusieurs séries de carottages effectuées à l'automne 1986.

Plusieurs cas ont été considérés:

-La redistribution dans un profil due au labourage pour les champs cultivés.

-la migration dans le cas d'une prairie irriguée et d'un alpage naturel.

-la migration dans le sol forestier du Boréon.

* Redistribution due au labourage:

A Saint Laurent du Var deux parcelles voisines l'une labourée depuis l'accident, l'autre appartenant à un verger ont été choisies. Dans les vingt premiers centimètres une coupe a été faite cm par cm, puis de 5 en 5 cm jusqu'à 40 cm. les résultats sont présentés sous forme graphique figure 1.

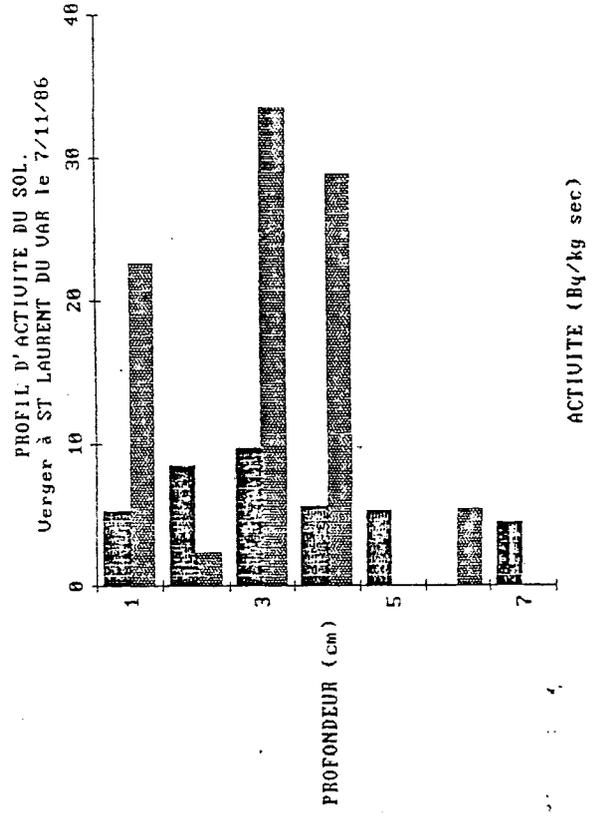
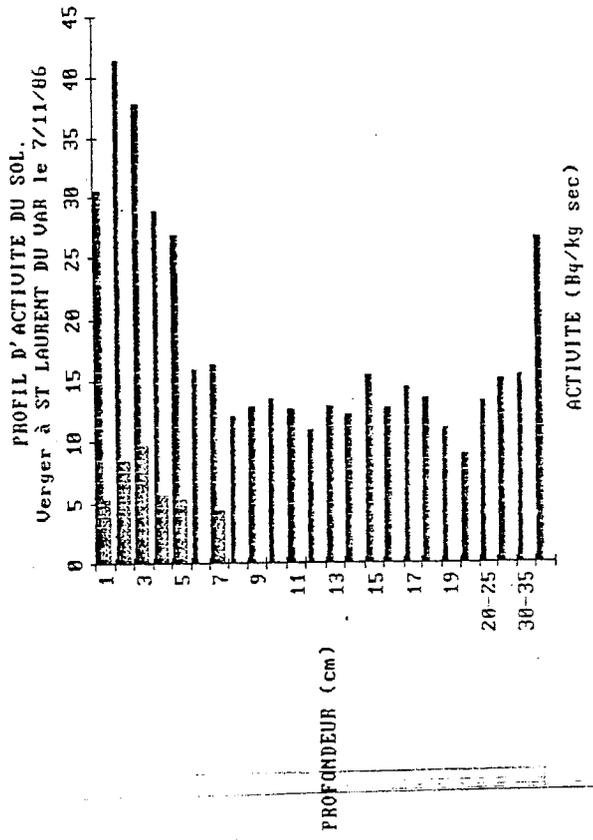
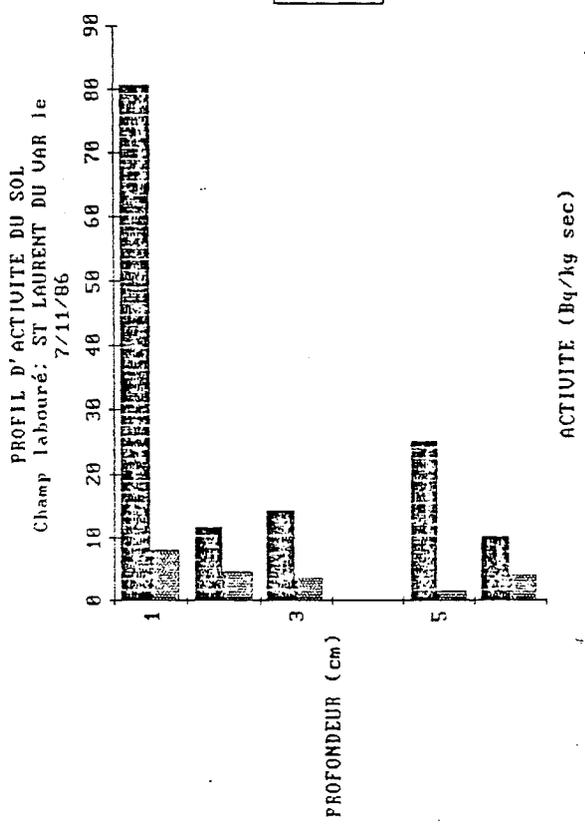
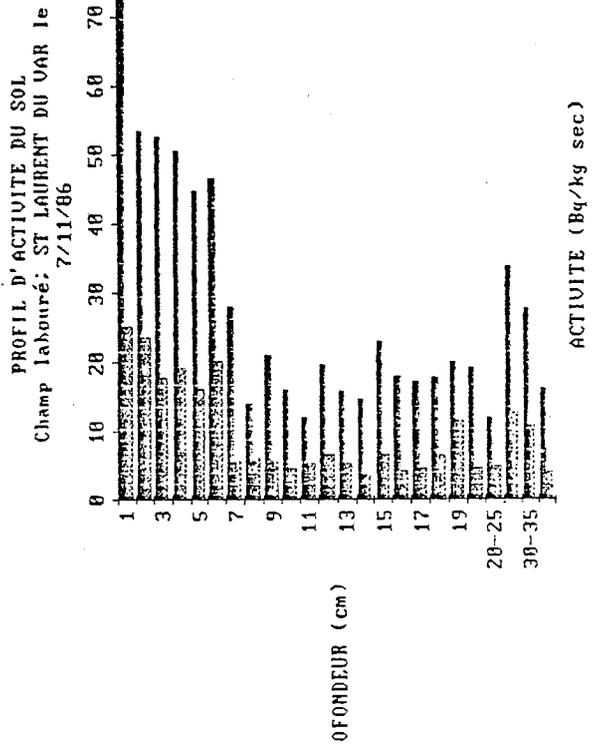


FIGURE 1 : PROFILS DE RADIOACTIVITE DU SOL COMPARES ENTRE UN CHAMP LABOURE ET UN VERGER

Considérons les deux isotopes du Césium.

On constate dans les deux cas que le ^{137}Cs est systématiquement détectable jusqu'à la profondeur de 40 cm. Deux pics sont perceptibles pour les deux profils le premier dans les couches superficielles, le second en profondeur, vers 40 cm pour le verger et vers 30 cm pour le champ labouré.

Le marquage sur l'ensemble du profil est dû aux retombées historiques de ^{137}Cs . Le pic superficiel provient du dépôt consécutif à l'accident de Tchernobyl. Le pic profond correspond sans doute aux semelles de labour, ancienne et suivie d'une certaine migration dans le cas du verger, plus récente donc moins profonde dans le cas du champ.

Le ^{134}Cs est le véritable traceur de cet accident dans la mesure où il était absent de l'environnement avant Mai 1986.

Dans le cas du verger sa présence est confinée aux premiers cm avec un maximum à 3 cm. Cela donne une vitesse de migration de 0,5 cm/mois.

Dans le cas du champ labouré cet isotope est présent sur l'ensemble du profil, mettant en évidence l'homogénéisation due au labourage. Toutefois le mélange n'est pas parfait car un pic superficiel est encore perceptible. Un léger pic vers 30 cm est visible. Il correspond à la profondeur de labour, ce qui va dans le sens de l'hypothèse évoquée plus haut.

Les profils concernant les isotopes du Ruthénium sont représentés dans le bas de la figure. Du fait des difficultés de détection il ne paraît pas possible d'effectuer une analyse identique à celle faite pour le Césium.

*Migration dans le cas des prairies.

Les profils relatifs à deux sortes de prairies sont représentés figure 2. La première est celle de La Manda, en plaine, cultivée et irriguée. La seconde est un alpage naturel d'altitude (2000 m). Les seuls radionucléides détectés sont les deux Césiums et l'Argent 110m.

Le découpage est moins précis que précédemment. La couche 0-5 cm correspond au complexe herbe-mat-racines superficielles riche en matière organique. Puis on a découpé les tranches 5-10 cm et ensuite de 10 en 10 cm jusqu'à 40 ou 50 cm selon les possibilités de forage.

A La Manda on constate que le ^{137}Cs est détectable jusqu'à 50 cm avec un pic Tchernobyléen marqué en surface. Depuis le début historique du marquage en ^{137}Cs cette parcelle a vraisemblablement été retournée, ce qui explique l'uniformité du profil.

Le Césium 134 est perceptible dans la tranche 20-30 cm, mais avec des valeurs trente fois moindres que dans l'horizon superficiel. Cela dénote une migration faible mais certaine, probablement hâtée par l'irrigation.

L'Argent reste confiné dans la couche superficielle.

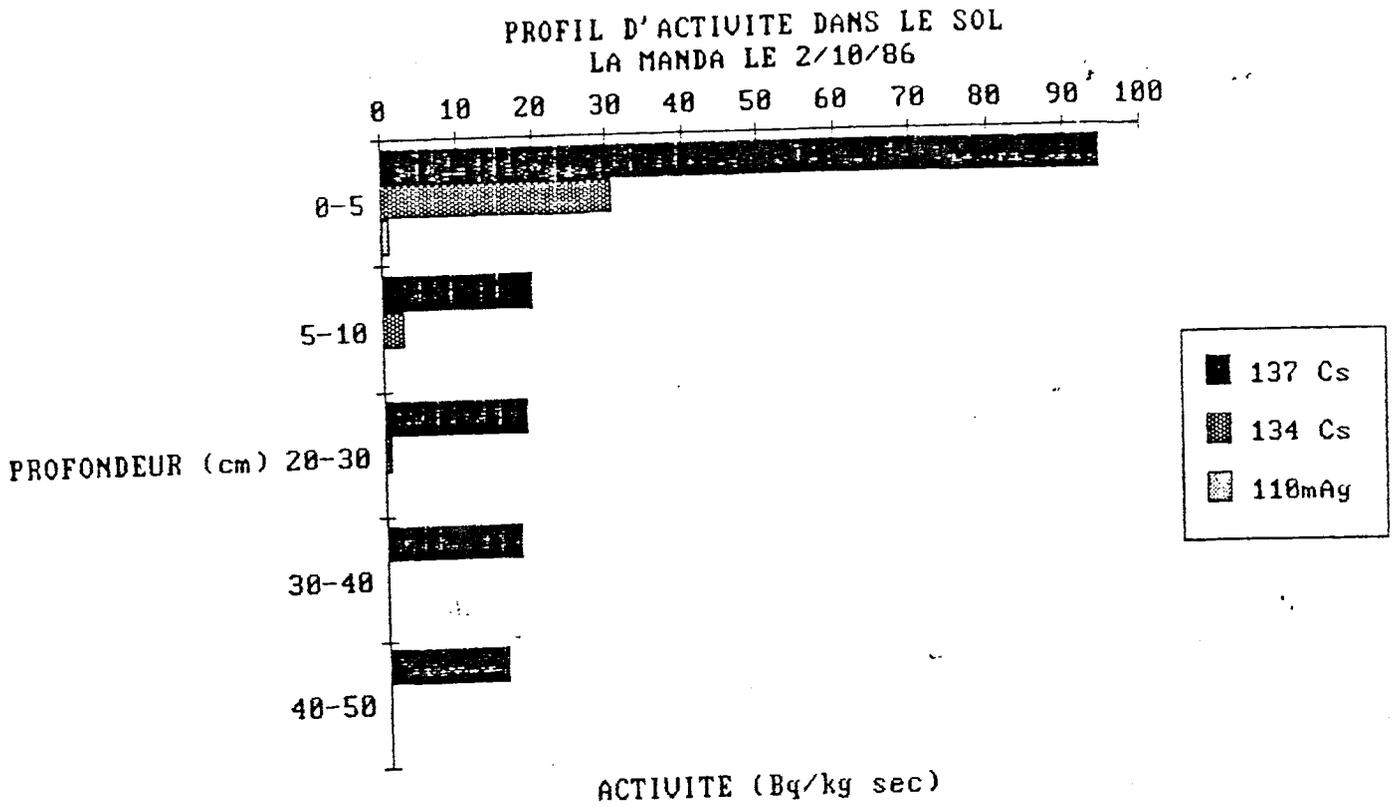
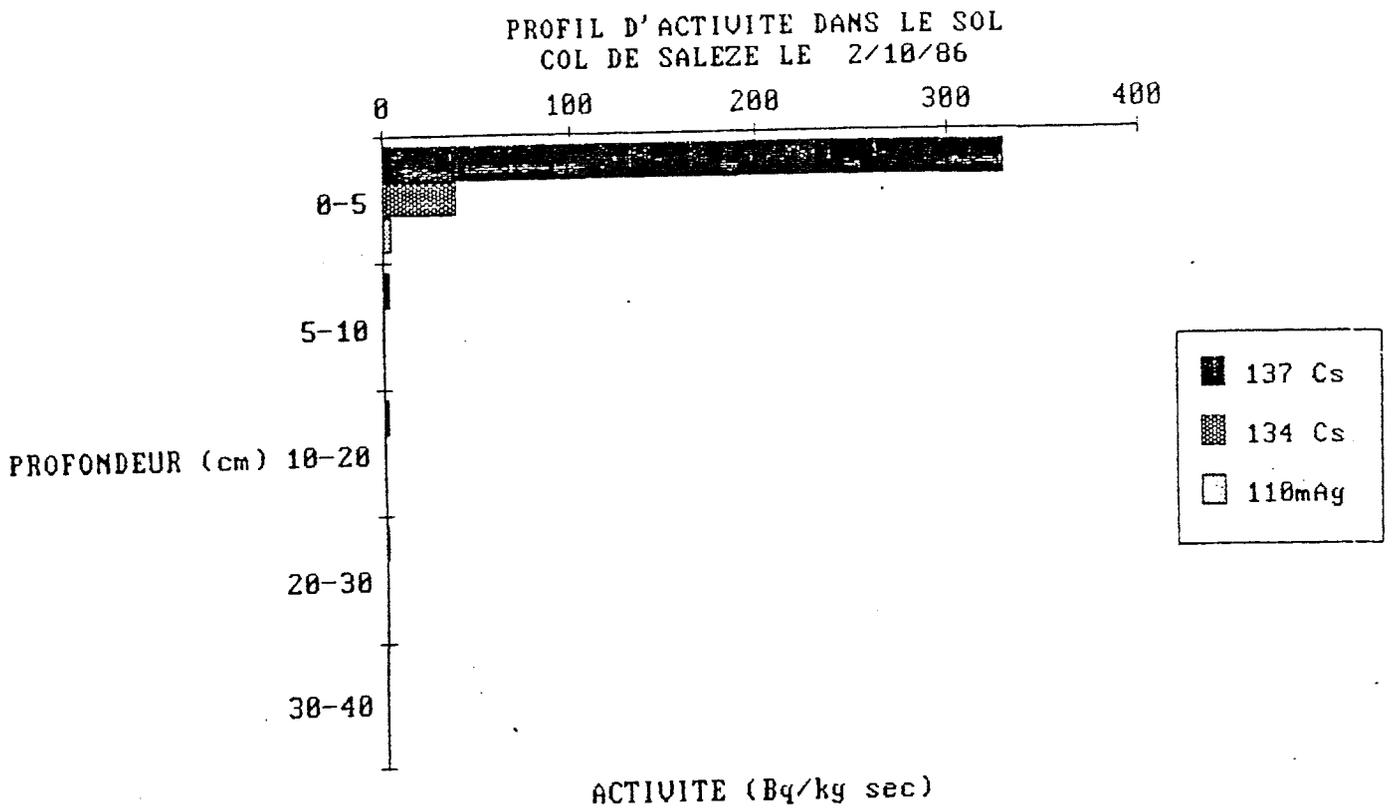


FIGURE 2 : PROFILS DE RADIOACTIVITE DU SOL DANS DEUX PRAIRIES



Au col de Salèze, à l'exception d'une très légère migration de Césium 137, l'ensemble des radionucléides détectés qu'ils proviennent du mois de Mai ou d'avant, reste confiné dans l'horizon 0-5 cm. Le rapport isotopique $^{137}\text{Cs} / ^{134}\text{Cs}$ est de 8,25, alors qu'il est de l'ordre de 2 dans les dépôts de Tchernobyl. Cela montre que le ^{137}Cs historique est resté piégé dans la couche superficielle.

Cela met spectaculairement en évidence à la fois le pouvoir de rétention des couches superficielles herbacées et les modifications qu'apportent les pratiques agricoles.

*Sol forestier du Boréon.

Le profil est représenté figure 4. Le carottage n'a été réalisé que par tranches de 10 cm d'épaisseur. Un découpage plus fin aurait été réalisé s'il avait été connu au moment du prélèvement que les niveaux d'activité étaient aussi élevés.

Tout d'abord il est à remarquer qu'intégrée dans la tranche 0-10 cm la teneur en ^{137}Cs est de 500 Bq/kgs, alors qu'elle était de plus de 5000 dans la couche humique superficielle.

Dans la couche humique on avait un rapport $^{137}\text{Cs} / ^{134}\text{Cs}$ de l'ordre de 2,5. Dans la couche 0-10 cm ce même rapport est de 6,7. Cela montre que le dépôt récent est resté bloqué très près de la surface pour l'essentiel.

Les isotopes du Ruthénium et l'Argent ^{110m}Ag ne sont détectés qu'en surface.

Le Césium ^{134}Cs est trouvé jusqu'à la tranche 30-40 cm mais avec des niveaux faibles. Cette migration est peut-être mise en évidence par l'importance de la source qui la rend détectable.

Cet endroit fera l'an prochain l'objet d'une attention particulière.

FIGURE 3 : PROFIL DE RADIOACTIVITE D'UN SOL FORESTIER

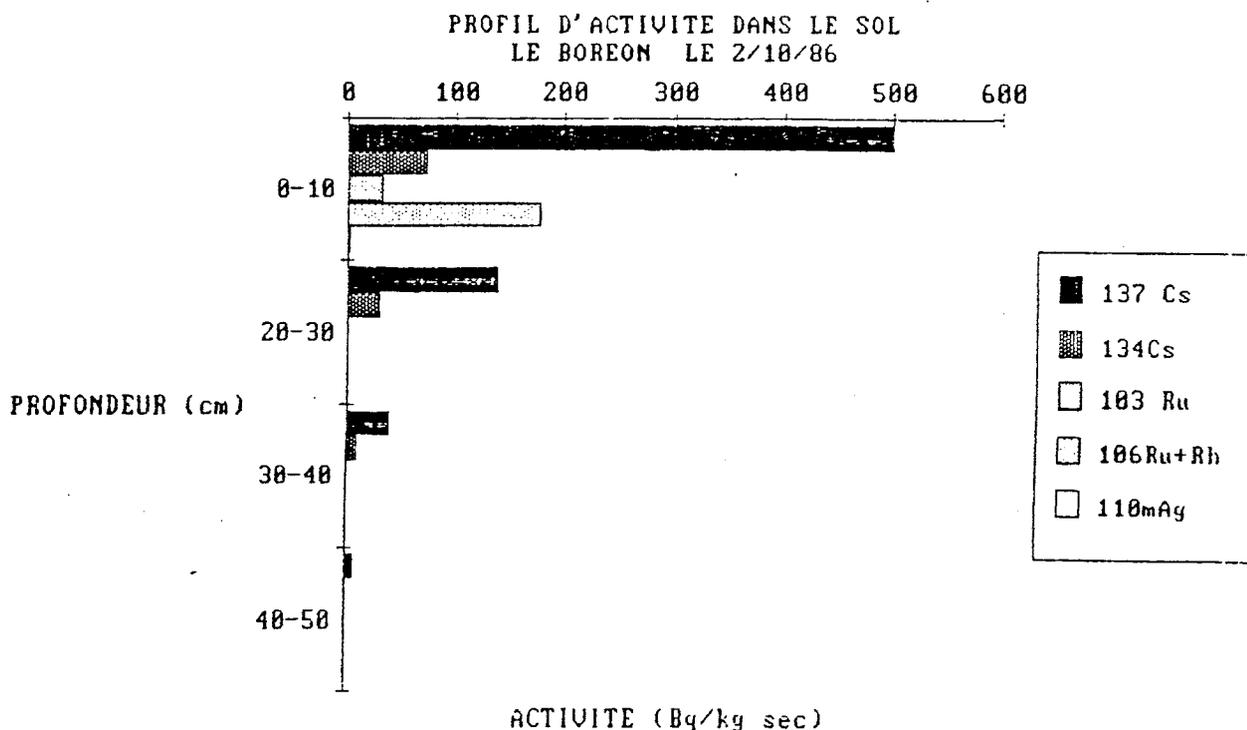


TABLEAU 5 : DEPOTS AU SOL CALCULES AU 2/5/1986 (Bq/m²)

CODE	NATURE	EPAISSEUR		LIEU	Ru 103	Ru+Rh 106	Cs 134	Cs 137	Ag 110m	Sb 125	Ce+Fr 144
		(cm)	Jours								
LMA 1	SOL PRE	0-5	34 65	LA MANDA	3699		918	2511			
LMA 2	SOL PRE	0-4	153 65	LA MANDA	3302	1316	915	2460	50		
SLA 1	SOL Verger	0-5	47 10	ST LAURENT DU VAR	4426	4505	1021	2140		161	
MOY 1					3809	4505	951	2370	50	161	
STA 1	SOL PRE	0-5	27 1030	SAINT AUBAN	1683		278	3230			
L STA 2	id. STA 1	5-10	27 1030	SAINT AUBAN	428		82	1873			
L STA 3	SOL PRE	0-5	68 1030	SAINT AUBAN			424	1800			
IL STA 4	SOL CEREAL	0-3	126 1020	SAINT AUBAN	1527		511	1716			
IL STA 5	SOL CEREAL	3-7	126 1020	SAINT AUBAN	870		385	2072			
MOY 2					2254		560	3464			
DL MAL 1	SOL NU	0-4	34 220	MALAUSSENE	3794	2042	986	3445			
DL MAL 2	SOL Jardin	0-3	125 220	MALAUSSENE	1335		316	983			
DL MAL 3	id. MAL 2	3-10	125 220	MALAUSSENE	2635		925	2942			
MOY 5					3882	2042	1114	3685			
SOL ROQ 1	SOL NU	0-2	27 370	ROQUESTERON	12038	7116	2528	7020	61		
SOL LCO 1	SOL PRE	0-3	34 550	LE COLLET	4531	1604	943	2984			
SOL LCO 2	SOL PRE	0-3	125 550	LE COLLET	5531	2980	1255	3523			
MOY 3					5031	2292	1099	3254			
SOL ENT 1	SOL PRE	0-5	125 1000	ENTRAUNES	9858	5211	2317	6936			
SOL EST 1	SOL PRE	0-4,5	34 1500	ESTENG	34997	17604	7498	22652	272	448	
SOL EST 2	SOL PRE	0-3	125	ESTENG	24401	15129	8722	21441	341		
MOY 4					29699	16367	8110	22047	307	448	

II.3. La radioactivité surfacique dans les sols.

II.3.1. Calculs et limites de l'interprétation.

L'estimation des activités surfaciques résulte d'un calcul faisant intervenir les mesures suivantes:

- La concentration de radioactivité.
- Le volume de sol prélevé (Surface; épaisseur).
- Le poids après séchage.

Les études de migration ont montré que pour l'essentiel les dépôts sont restés dans les 5 premiers centimètres de sol (sauf labourage). Mais ces résultats n'ont été acquis qu'à la fin de l'année 1986 et les procédures de prélèvement n'ont pas toujours correspondu exactement à ce qu'il aurait fallu faire. Un choix a été effectué pour ne retenir que les valeurs les plus probablement exactes.

Tout d'abord les prélèvements d'une épaisseur inférieure à 4 cm sur sol nu n'ont pas été retenus sauf à Roquestéron (2 cm 27 j après l'accident) car aucun autre échantillon de meilleure qualité n'a été récolté.

Lorsque plusieurs tranches étaient disponibles, par exemple 0-3 cm et 3-7 cm on a ajouté les valeurs d'activité surfacique des deux.

Les moyennes présentées sont des moyennes arithmétiques. ~~Selon les cas elles représentent~~ des moyennes entre plusieurs prélèvements d'une même zone, ou entre des échantillons du même endroit prélevés à des époques différentes. Toutes les activités sont ramenées à la date du 2 Mai 1986 sauf dans le cas du ^{137}Cs pour lequel aucun calcul de correction n'a été effectué.

Il semble que les valeurs des tableaux ci-contre constituent une estimation raisonnablement bonne des dépôts pour tous les radionucléides à l'exception du ^{137}Cs , lequel s'est accumulé depuis de nombreuses années, comme nous l'avons déjà vu. Il est préférable pour cette raison de parler d'activité surfacique plutôt que de dépôt.

II.3.2. Valeurs numériques.

Pour les isotopes du Césium on peut prendre comme marqueur le ^{134}Cs et considérer un rapport isotopique $^{137}\text{Cs} / ^{134}\text{Cs}$ de l'ordre de 2.

On retrouve logiquement les subdivisions géographiques qui avaient été mises en évidence lors de l'étude des concentrations:

TABLEAU 6 : DEPOTS AU SOL CALCULES AU 2/5/1986. (Bq/m²)

CODE	NATURE	EPAISSEUR		LIEU	Ru 103	Ru+Rh 106	Cs 134	Cs 137	Ag 110m	Sb 125	Ce+Pr 144
		(cm)	Jours Z								
SOL CAY 1	SOL	0-5	34 2200	LA CAYOLLE	23562	10641	11690	30960	6030		
SOL CAY 2	SOL	0-4	125 2200	LA CAYOLLE id.CAY 1	6927	3018	2814	11368	152		
SOL CAY 3	SOL ALPAGE	0-4	125 2300	LA CAYOLLE COL	4126		1858	7367	196		
SOL MOY 6					11538	6829	5454	13231	2126		
SOL BON 1	SOL ALPAGE	0-3	187 2260	LA BONETTE	22633	2749	4638	13653	172		
SOL BON 2	id. BON 1	3-10	187 2260	LA BONETTE			561	4333			
SOL BON T					22633	2749	5199	17986	172		
SOL PUG 1	SOL PRE	0-5	46 400	PUGET THENIER	6613		1314	3438			
SOL PUG 2	SOL PRE	0-5	46 950	PUGET THENIER	3761		585	1851			
SOL BOR 1	SOL ALPAGE	0-5	97 1500	LE BOREON	36249	19837	9242	25250			
SOL BOR 2	Humus FORET	0-4	153 1650	LE BOREON	160218	65210	28459	63175	1011	2561	1415
SOL SAL 1	SOL ALPAGE	0-5	153 2000	COL DE SALEZE			5121	10577	243		
SOL IS2 1	SOL PRE	0-x	187 1800	ISOLA 2000	5799	1084	3473	6955	95		
SOL IS2 2	id. IS2 1	x-10	187 1800	ISOLA 2000			993	5156			
SOL IS2 T					5799	1084	4466	12109	95		
SOL UTE 1	SOL PRE	0-5	187 780	UTELLE			987	4625			
SOL UTE 2	id. UTE 1	5-10	187 780	UTELLE			691	1388			
SOL UTE T							1678	6013			
SOL MUT 1	SOL PRE	0-5	187 1180	MADONNE D'UTELLE			2944	8297			
SOL MUT 2	id. MUT 1	5-10	187 1180	MADONNE D'UTELLE			247	3613			
SOL MUT T							3191	11910			
SOL BEU 1	SOL PRE	0-4	187 1440	BEUIL			2099	7697			
SOL BEU 2	id. BEU 1	4-10	187 1440	BEUIL				1346			
SOL BEU T							2099	9043			
SOL ISD 1	SOL PRE	0-?	187 900	ISOLA	6846	1351	11765	27407	537	1260	
SOL ISD 2	id. ISD 1	?-10	187 900	ISOLA		10566	4911	10922			
SOL ISD T					6846	11917	16676	38329	537	1260	
SOL VDB 1	SOL PRE	0-?	187 1250	VALDEBLORE			1872	6351			
SOL VDB 2	id. VDB 1	?-10	187 1250	VALDEBLORE			516	4944			
SOL VDB T							2388	11295			

-La plaine du Var et Malaussène avec des activités de l'ordre de 1000 Bq/m² en 134 Cs et 3800 pour 103 Ru. On constate que traduites en dépôts les concentrations mesurées sur sol nu et dans le mat de la prairie de La Manda donnent des valeurs équivalents.

Le couple Ruthénium 106 + Rhodium 106 présente une grande dispersion des valeurs; lorsque il est détecté dans ses deux régions les activités surfaciques varient de 1300 à 4500 Bq/m².

Les dépôts d'Argent 110m et d'Antimoine 125 se chiffrent respectivement à 50 et 160 Bq/m² dans la plaine du Var.

-La région de Saint Auban avec des niveaux d'activité plus faibles de moitié environ, ce qui rend le Ru+Rh 106 indétecté.

-La moyenne montagne avec des activités en 134Cs variant de 585 à 2500 Bq/m², en 103 Ru de non détecté à 12000 Bq/m², en 106 Ru+Rh de non détecté à 7100 Bq/m². L'Argent 110m n'est présent qu'à Roquestéron.

-Les prairies de haute montagne où les valeurs relatives au 134 Cs varient de 5000 à 16 600 Bq/m², celles du 103 Ru atteignent 36 250 Bq/m², celles du 106 Ru+Rh 19 800 Bq/m².

L'argent 110m enregistre une valeur maximale à La Cayolle avec 2100 Bq/m² et 125 Sb à Isola avec 1260 Bq/m². L'activité surfacique du 137 Cs est également élevée dans ces prairies avec un maximum à Isola de 38 330 Bq/m², mais tout n'est pas dû à Tchernobyl.

-Le sol forestier du Boréon représente le maximum des activités trouvées dans la région et probablement en France avec 28 460 Bq/m² pour 134 Cs, 63 175 (1,7 µCi/m²) pour 137 Cs, respectivement 160 218 et 65 210 Bq/m² pour 103 Ru et 106 Ru+Rh.

En outre on note la présence notable d'Argent 110m, d'Antimoine 125 et du couple Cérium + Praséodyme 144.

Si on fait la somme des radioactivités Gamma d'origine artificielle on trouve 322 kBq/m² (8,7 µCi/m²).

On multiplie encore ces valeurs si on ajoute à cela les radionucléides à vie courte qui avaient disparu au moment des prélèvements. En particulier pour le seul Iode 131, à peu près 12 fois plus abondant que le Césium 134, on trouve un dépôt estimé à 340 kBq/m².

II.3.3. Variation des activités surfaciques avec l'altitude.

Pour les 4 radionucléides les plus fréquemment mesurés, Césiums et Ruthéniums, on a reporté les valeurs d'activité surfaciques en fonction de l'altitude figure 4.

Malgré une assez grande dispersion des valeurs on constate une nette tendance à l'augmentation des activités avec l'altitude jusqu'à 1500 m environ. Au delà les valeurs sont plus faibles. Deux hypothèses peuvent être formulées:

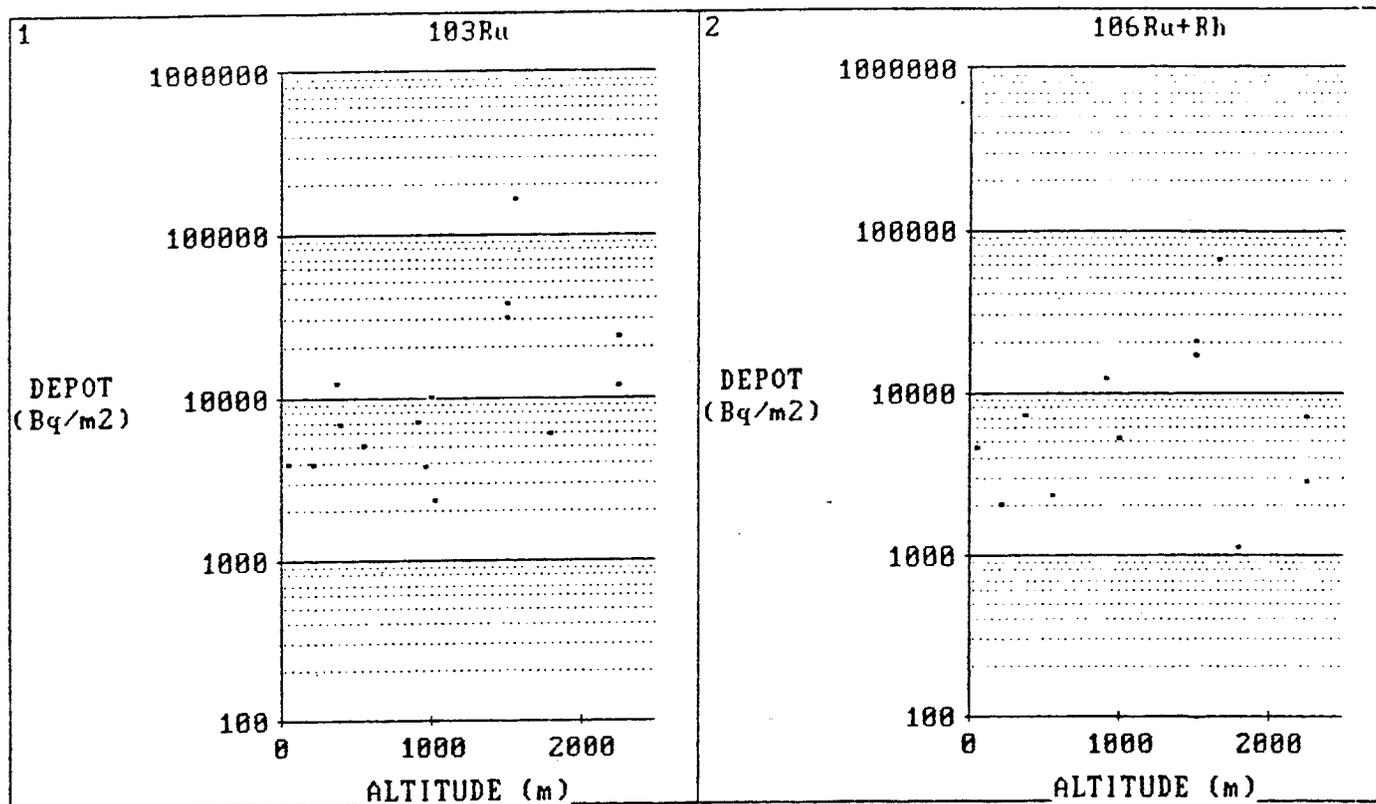
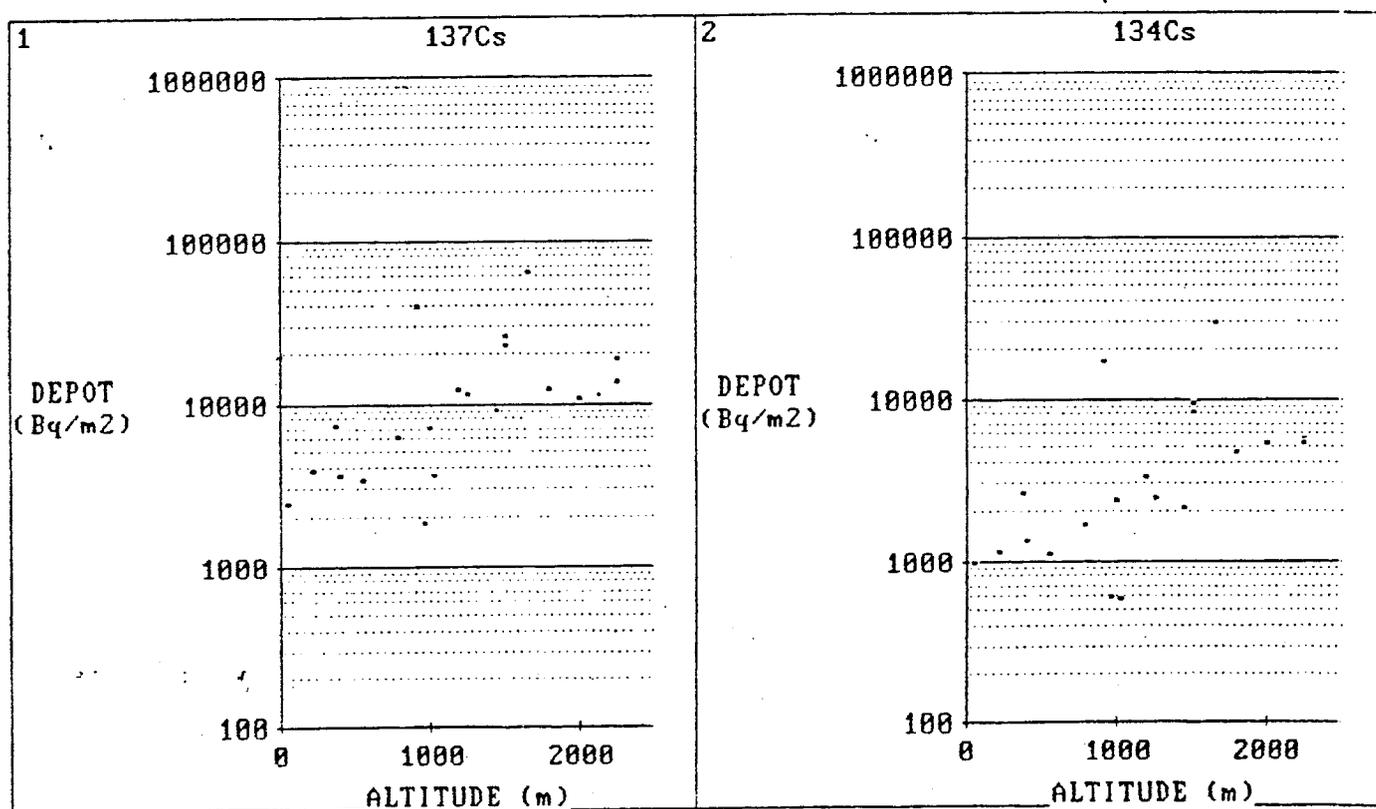


FIGURE 4 : VARIATION DES ACTIVITES SURFACIQUES AVEC L'ALTITUDE



-Au début du mois de Mai les hauteurs étaient encore recouvertes de neige. Une grande partie des dépôts aurait été entraînée avec l'eau de fonte.

-L'altitude de 1500 m correspond à un maximum d'activité dans le nuage ou de concentration dans l'eau de pluie.

La Météorologie Nationale possède plusieurs stations d'enregistrement réparties sur le bassin du Var.

La figure 5 montre les quantités de pluie tombée par station en fonction de l'altitude. On constate que le nuage de points obtenu a sensiblement la même allure que ceux de la figure 4, avec un maximum entre 1000 et 1500 m. Il semble hasardeux de pousser l'analyse plus loin, mais il a été prouvé en Autriche que la concentration de la radioactivité dans l'eau de pluie croissait avec l'altitude.

PLUIES CUMULEES ENTRE LE 1/5 ET LE
6/5/86. Bassin du VAR.

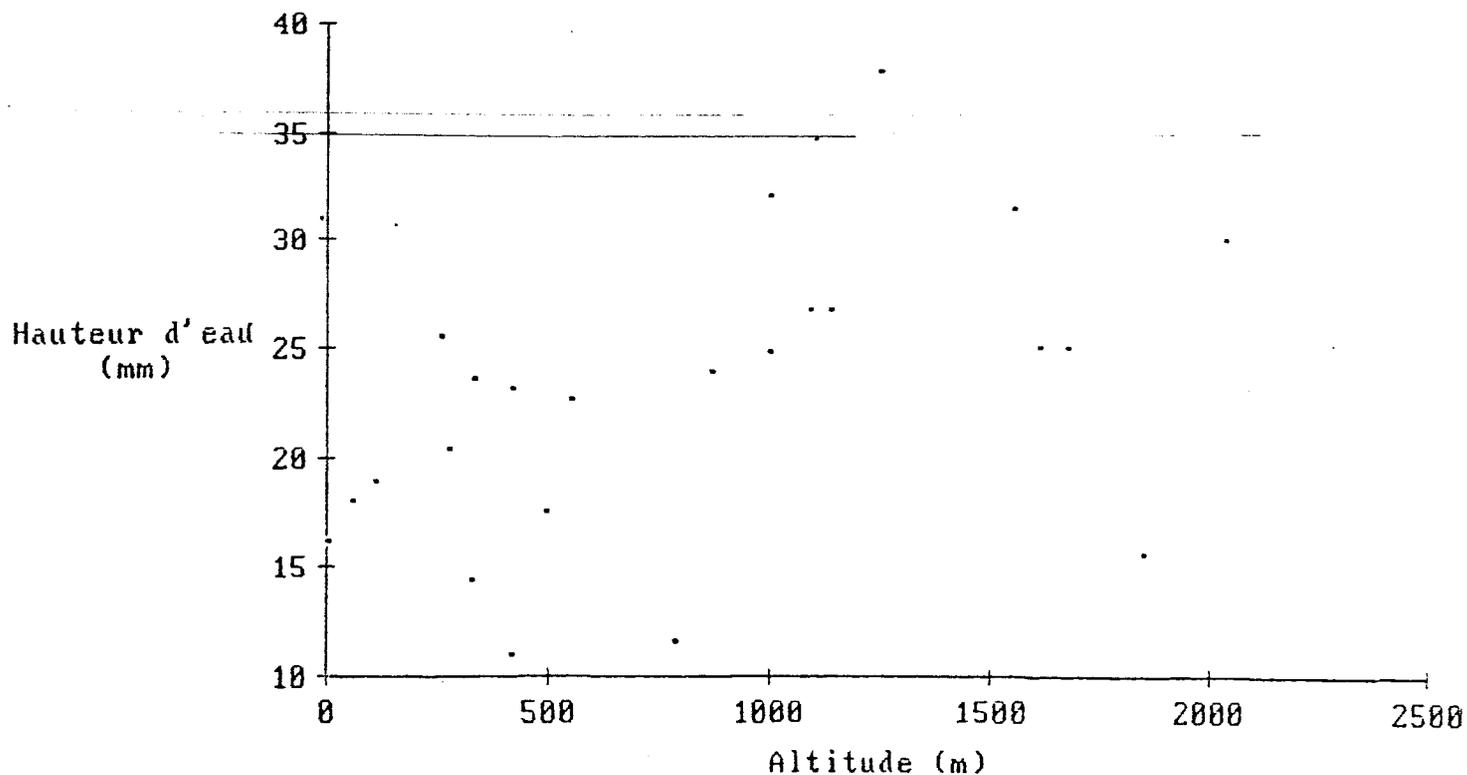


FIGURE 5 : QUANTITE D'EAU DE PLUIE RECUE EN FONCTION DE L'ALTITUDE POUR DIVERSES STATIONS DE LA METEOROLOGIE NATIONALE DANS LE BASSIN DU VAR

TABLEAU 7 : RADIOACTIVITE DE L'HERBE DANS LE BASSIN DU VAR APRES L'ACCIDENT DE DE TCHERNOBYL
(Bq/kg sec à la date du prélèvement)

CODE	NATURE	DATE		LIEU	K 40	Ru 103	106	Cs 134	Cs 137	110m	144	125	Ce 141	I 131	95
		jours	Z				Ru+Rh			Ag	Ce+Pr				Sb
FOI LMA 1	FOIN COUPE	34	65	LA MANDA	680	1800	1900	960	1920	50	260	85	87		
FOI LMA 2	FOIN COUPE	153		LA MANDA	1000			24	49						
HER STA 1	HERBE	28	1030	SAINT AUBAN	1130	1120	840	560	1100	15		40	124	1100	
FOI STA 1	FOIN	68	1030	SAINT AUBAN	800			36	75						
LUZ STA 1	LUZERNE	68	1100	SAINT AUBAN	770			96	200						
FOI STA 2	FOIN	96	1070	SAINT AUBAN	660	100	240	150	320			20			
LUZ STA 2	LUZERNE	126		SAINT AUBAN	710			10	25						
HER ROQ 1	HERBE	28	370	ROQUESTERON	800	1600	1200	910	1800						
HER STS 1	HERBE	34	100	SAINT SAUVEUR	570	1900	1800	1500	2900	50	260				150
HER LCD 1	HERBE	34	550	LE COLLET	650	800	700	460	860	28			55		
HER LCD 2	HERBE	125	550	LE COLLET	410	15		40	100						
HER ENT 1	HERBE	34	1230	ENTRAUNES	990	820	700	720	1460				65		
FOI ENT 1	FOIN	97	1000	ENTRAUNES	390	55	210	200	430						
HER EST 1	HERBE	34	1500	ESTENG	680	950	800	900	1760	9,4			14		
HER EST 2	HERBE	125	1500	ESTENG	490	72	220	302	640						
HER CAY 1	HERBE	125	2300	CAYOLLE COL	550	13		42	105						
HER PUG 1	HERBE	46	400	PUGET THENIER	960	330	340	170	330						
HER PUG 2	HERBE	46	950	PUGET THENIER	930	360	380	280	550						
HER BOR 1	HERBE	97	1800	BOREDN	760	520	1220	1800	3700	29					

III. L'HERBE ET LES FOURRAGES.

III.1. Présentation des résultats. Valeurs brutes de mesure.

III.1.1. Généralités

Le terme générique "herbe" englobe divers types de couvertures végétales:

-L'herbe des alpages, coupée fraîche à 2 cm au dessus du sol, puis séchée à l'étuve (110°C, 36 heures).

-Le foin de prés coupé et séché sur place selon la pratique agricole habituelle.

-La production de prairies irriguées ou de champs de luzerne.

Tous les résultats sont donnés par rapport au poids sec. On supposera que les valeurs obtenues selon ces deux méthodes sont comparables.

19 prélèvements, dont les caractéristiques figurent dans le tableau n° 7, servent de base à cette étude. Leur localisation est donnée carte 2.

III.1.2. Variations de la radioactivité en fonction du temps.

On distinguera ici les radionucléides trouvés occasionnellement ($Ag\ 110m$, $Ce+Pr\ 144$, $Sb\ 125$, $141\ Ce$, $I\ 131$, $Zr+Nb\ 95$) et les isotopes du Césium et du Ruthénium qui apparaissent presque systématiquement.

III.1.2.1. Radionucléides trouvés occasionnellement.

*Argent 110m. (Période 253 j).

Cet élément mesuré dans 6 échantillons d'herbe n'a plus été trouvé au delà du 34ième jour après l'accident, sauf au Boréon 97 jours après.

Les teneurs varient de 9 à 50 Bq/kgs ce qui est relativement peu. Toutefois nous verrons plus loin qu'on le retrouve dans le foie des animaux abattus en fin de saison.

*Cérium+Praséodyme 144. (Période 285 j).

Ce couple de radionucléides n'a été détecté qu'à deux reprises, à La Manda et à Saint Sauveur 34 jours après l'accident. Dans les deux cas la concentration est identique avec 260 Bq/kgs.

*Antimoine 125. (Période 2 a).

6 prélèvements contenaient de l'Antimoine 125 avec des concentrations variant de 14 à 85 Bq/kgs. Tous datent d'un mois à peu près sauf à Saint-Auban où il est apparu au 97ième jour.

*Iode 131. (Période 8 j).

L'étude ayant débuté à la fin du mois de Mai il est normal que l'Iode ait pratiquement disparu à cette date. Un seul prélèvement d'herbe en contenait, du foin de Saint Auban avec une concentration de 1100 Bq/kgs. Ramené à la date du 2/5/86 cela représente 12 450 Bq/kgs.

*Cérium 141 (Période 32,5 j) et Zirconium + Niobium 95. (Période 35 j).

Présent dans deux échantillons, à La Manda et à Saint Auban avec des activités de 87 et 124 Bq/kgs, 141 Ce n'a pas été détecté au delà du 34ième jour.

Un seul prélèvement contenait le couple 95 Zr+Nb, de l'herbe de Saint-Sauveur avec 150 Bq/kgs.

III.1.2.2. Isotopes du Césium et du Ruthénium.

La figure 6 montre les variations des concentrations en fonction du nombre de jours après l'accident.

A l'inverse de ce qui a été écrit pour les sols, où les dépôts de ^{137}Cs dans la couche superficielle pouvaient résulter de plusieurs années d'accumulation, on considérera que le marquage de l'herbe par ce radionucléide provient essentiellement de l'accident. En effet l'absorption racinaire seule ne peut, et de loin, expliquer les niveaux observés, comme en témoignent les valeurs mesurées en point zéro avant le mois de Mai.

Sur la partie supérieure de la figure, dont l'échelle des ordonnées est linéaire, on constate que la dispersion des premières mesures est assez importante, de 860 à 2900 Bq/kgs pour le Césium 137 et de non détecté à 1900 Bq/kgs pour le Ruthénium 103 par exemple. Les origines de cette dispersion sont multiples:

- La qualité de l'herbe n'est pas constante, selon qu'il s'agit de végétation spontanée, de prairie arrosée ou de pâture avec présence d'animaux.

- Les dépôts varient largement avec l'altitude du prélèvement et sa situation géographique comme nous l'avons déjà vu.

- De plus, en des lieux très proches les uns des autres il existe un effet certain de la pente et du ruissellement des eaux de pluie sur le niveau de contamination atteint; par exemple les prélèvements FOI LMA 1 et HER STS 1 sont éloignés de quelques centaines de mètres. Le premier provient d'une surface horizontale, le second d'une pente assez forte. Les teneurs en ^{137}Cs sont respectivement de 1920 et 2900 Bq/kgs. Les mêmes observations sont valables pour les autres isotopes.

Au delà du 40ième jour les valeurs diminuent rapidement et sont pratiquement toutes inférieures à 500 Bq/kgs, quel que soit le prélèvement et l'isotope. Deux faits sont toutefois remarquables:

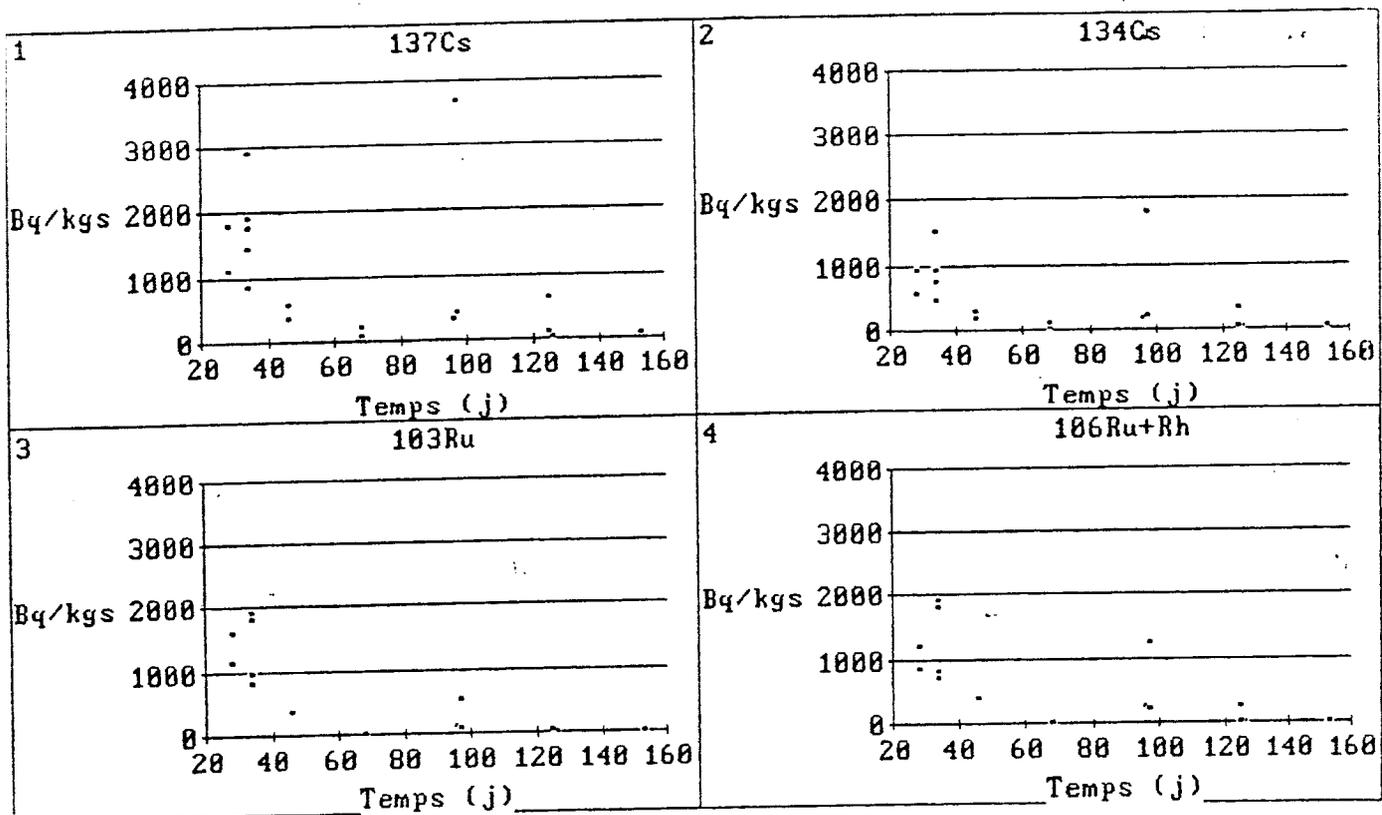
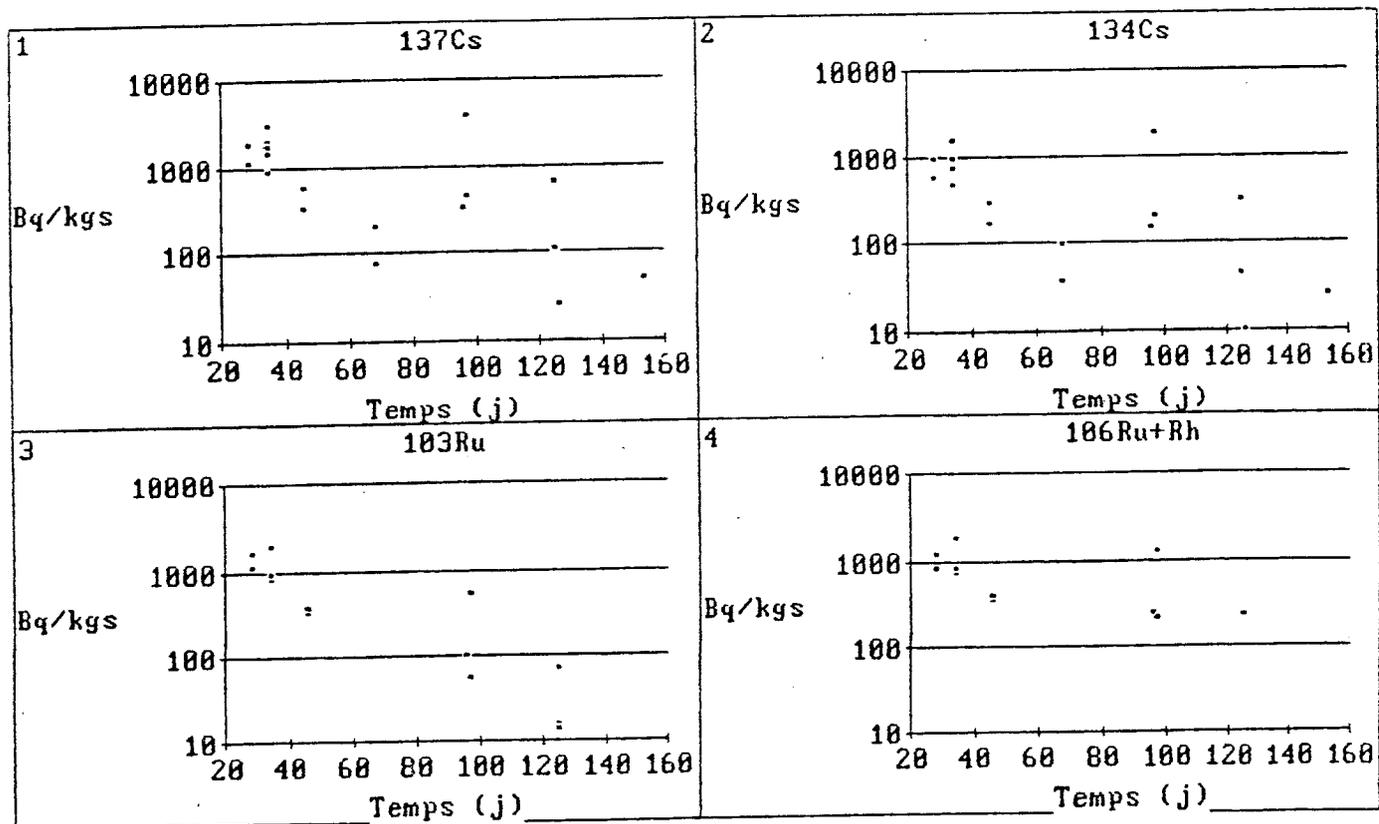


FIGURE 6 : RADIOACTIVITE DE L'HERBE EN FONCTION DU TEMPS
 En haut : Ordonnée linéaire
 En bas : Ordonnée logarithmique



-L'échantillon HER BOR 1 présente, 97 jours après l'accident, une radioactivité très supérieure à celle des autres prélèvements, soit 3700 Bq/kgs en 137Cs, 1800 en 134Cs, 1220 en 106Ru+106Rh.

-Au delà du 80ième jour après l'accident le bas de la figure 7, dont l'échelle des ordonnées est logarithmique, permet de mettre en évidence une certaine remontée de la radioactivité. Cela pourrait être dû à un dépôt des poussières remises en suspension par les incendies de forêts du mois de Juillet. Ces dépôts ont été détectés par le laboratoire de l'AIEA à Monaco. Toutefois ce second pic d'activité est plus faible que le premier d'un à deux ordres de grandeur. Il sera négligé dans les calculs qui vont suivre.

III.2. Quantification de la décroissance de la radioactivité de l'herbe.

Ce paragraphe ne concerne que les isotopes du Césium et du Ruthénium. Pour les autres radionucléides, soit le nombre de valeurs significatives est trop faible pour effectuer une analyse, soit les périodes radioactives sont courtes et leur valeur constitue une approximation suffisante de la décroissance effective (cas de I131 par exemple).

Le modèle mathématique le plus couramment employé dans ce cas est celui de la décroissance exponentielle que l'on caractérise par sa demie-vie. En raison de la dispersion qui affecte les résultats on a choisi d'effectuer plusieurs déterminations sur des couples représentant des prélèvements issus des mêmes lieux à des dates différentes.

DECROISSANCE DE LA RADIOACTIVITE DE L'HERBE.
PERIODES OBSERVEES (jours)

CODES	NATURE DE L'HERBE	137 Cs	134 Cs	103 Ru	106Ru +106Rh
FOI LMA 1 FOI LMA 2	PRAIRIE IRRIGUEE	22	21	-(1)	-
LUZ STA 1 LUZ STA 2	LUZERNE	19	18	-	-
HER EST 1 HER EST 2	HERBE SPONTANEE	59	54	24	-
HER LCO 1 HER LCO 2	HERBE SPONTANEE	30	26	16	49
HER ENT 1 FOI ENT 1	HERBE SPONTANEE FOIN (2)	36	36	17	37

(1) - Signifie que l'isotope n'a pas été détecté dans l'un au moins des échantillons

(2) Ces deux prélèvements n'ont pas été effectués rigoureusement au même endroit, mais nous estimons qu'ils restent comparables.

TABLEAU 8 : FACTEUR DE TRANSFERT GLOBAL DU DEPOT
A L'HERBE (m²/kgsec)

REFERENCE SOL	REFERENCE VEGETAL	NATURE VEGETAL	DATE (j)	103Ru	106Ru+Rh	134Cs	137Cs
OL LMA 1	FOI LMA 1	FOIN	34	4,9E-01		1,0E+00	8,0E-01
OL LMA 1	FOI LMA 2	FOIN	153			2,6E-02	2,0E-02
OL ROQ 1	HER ROQ 1	HERBE	28	1,3E-01	1,7E-01	3,6E-01	2,6E-01
OL MOY 4	HER EST 1	HERBE	34	3,2E-02	4,9E-02	1,1E-01	8,0E-02
OL MOY 4	HER EST 2	HERBE	125	2,4E-03	1,3E-02	3,7E-02	2,9E-02
OL MOY 3	HER LCO 1	HERBE	34	1,6E-01	3,1E-01	4,2E-01	2,6E-01
OL MOY 3	HER LCO 2	HERBE	125	3,0E-03		3,6E-02	3,1E-02
OL CAY 3	HER CAY 1	HERBE	125	3,2E-03		2,3E-02	1,4E-02
SOL BOR 1	HER BOR 1	HERBE	97	1,4E-02	6,2E-02	1,9E-01	1,5E-01
SOL MOY 2	HER STA 1	HERBE	28	5,0E-01		1,0E+00	3,1E-01
SOL MOY 2	FOI STA 1	FOIN	68			6,4E-02	2,1E-02
SOL MOY 2	LUZ STA 1	LUZERNE	68			1,7E-01	5,6E-02
SOL MOY 2	LUZ STA 2	LUZERNE	126			1,8E-02	7,0E-03
SOL MOY 2	FOI STA 2	FOIN	96	4,4E-02		2,7E-01	9,0E-02
SOL ENT 1	FOI ENT 1	FOIN	97	5,6E-03	4,0E-02	8,6E-02	6,0E-02
SOL ENT 1	HER ENT 1	HERBE	34	8,3E-02	9,7E-02	3,1E-01	2,1E-01
SOL PUG 1	HER PUG 1	HERBE	46	5,0E-02		1,3E-01	9,6E-02
SOL PUG 2	HER PUG 2	HERBE	46	9,6E-02		4,8E-01	2,3E-01

Les périodes observées sont les plus courtes (une vingtaine de jours pour le Césium aux 2 premières lignes) pour les prairies ou les champs cultivés en vue de la production fourragère. En revanche dans le cas de la végétation spontanée on peut atteindre une demie-vie de 59 jours (137Cs).

Dans le premier cas la productivité biologique est plus élevée, ce qui augmente le taux de renouvellement de la couverture végétale. Par exemple pour FOI LMA et LUZ STA le second prélèvement a été fait sur la deuxième ou la troisième coupe. Dans le second cas l'herbe grandit au début de la saison végétative puis dépérit plus ou moins pendant l'été et peu de nouveaux brins arrivent à pousser. La dilution et l'enlèvement sont plus faibles.

La valeur de 14 jours généralement citée dans la littérature s'applique sans doute mieux en Europe du Nord où les pluies estivales sont plus abondantes et la production végétale primaire plus soutenue.

III.3. Interprétation des résultats; Conséquences sur la modélisation.

Evolution du rapport "concentration dans l'herbe/dépôt"

Les dépôts au sol sont ceux mentionnés au chapitre "sols". Les calculs ont été effectués sans tenir compte de la préexistence de 137 Cs dans les sols, mais on peut voir par comparaison avec 134 Cs que cela affecte peu les résultats finaux. En effet les phénomènes de diminution de la radioactivité dans l'herbe par dilution, arrachement et enlèvement sont tout à fait prépondérants devant l'incorporation par voie racinaire.

L'objet de ce paragraphe est de fournir des valeurs utilisables dans le modèle ci-dessous:

$$Ch = Rg(t) * D$$

Avec:

Ch Concentration dans l'herbe au moment de la consommation (pâturage) ou de la récolte (fourrage).
Bq/kgs

Rg(t) Facteur de transfert global du dépôt au végétal; t (jours) est le temps qui sépare la contamination de la consommation ou de la récolte. (m²/kgsec)

D Dépôt au sol exprimé en Bq/m² à la date du dépôt.

Les rapports Ch/D ont été calculés et les résultats sont présentés sous forme graphique figure 7 et sous forme numérique tableau 8. Il est à signaler que les valeurs de Ch sont celles mesurées à la date du prélèvement, c'est à dire incluant la décroissance radioactive.

Par rapport aux simples données brutes présentées au chapitre précédent ce traitement devait apporter un certain lissage des valeurs en supprimant l'effet de l'hétérogénéité des dépôts qui est une des causes essentielles de dispersion des valeurs.

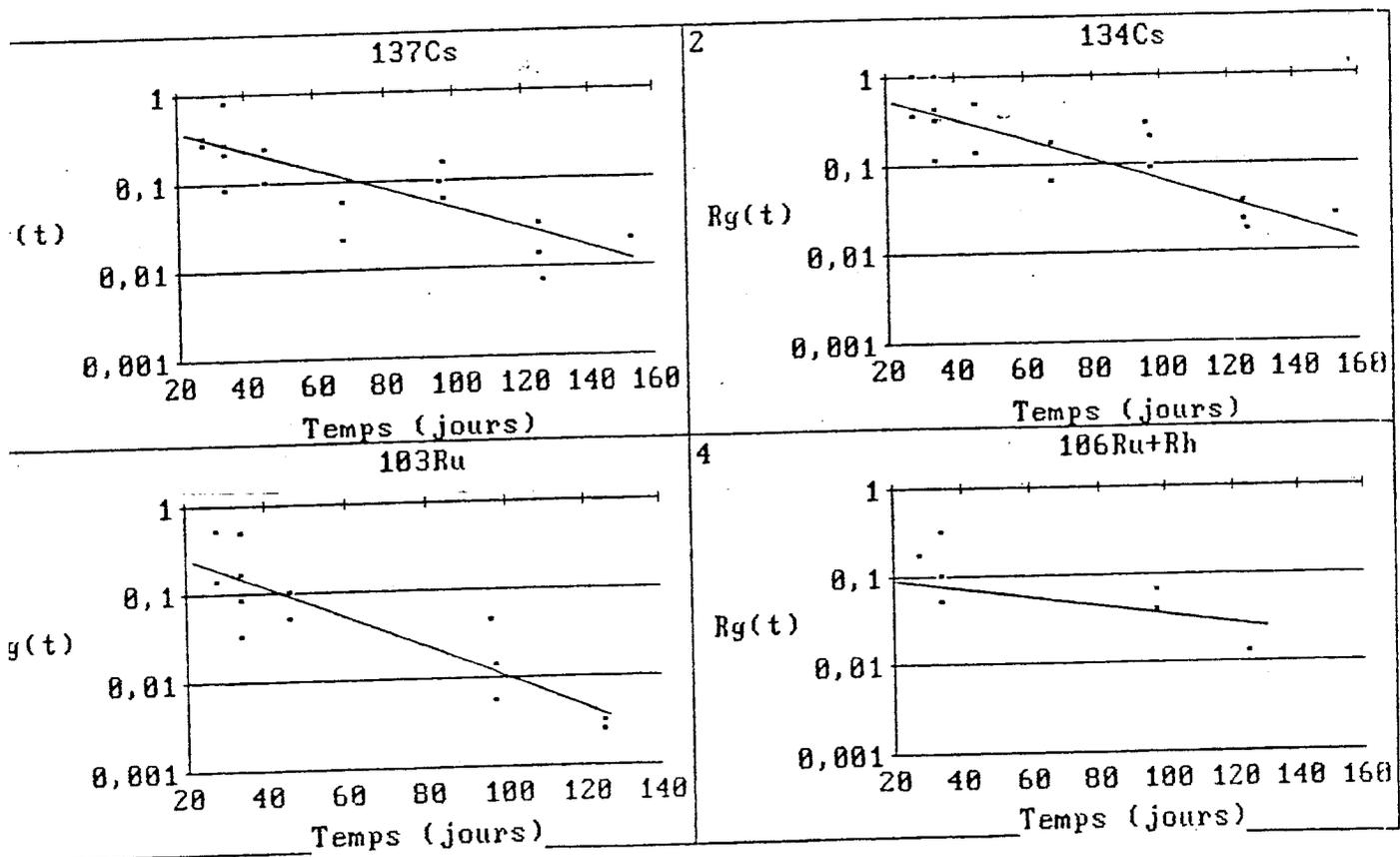


FIGURE 7 : FACTEUR DE TRANSFERT GLOBAL $R_g(t)$ DU DEPOT
A L'HERBE. (m^2/kgs)

Des courbes de régression de type exponentiel ont été calculées. Leur expression générale est:

$$Rg(t) = F * EXP(-0,69*t / T)$$

Avec:

F Fraction du dépôt total fixé sur l'herbe au moment de la contamination (m2/kgs)

T Période de décroissance du facteur Rg(t) (jours)

Le tableau ci-dessous fournit les valeurs obtenues:

VALEURS DES COEFFICIENTS F ET T

	137Cs	134Cs	137Cs & 134Cs	103Ru	106Ru +106Rh
F (m2/kg sec)	0,7	0,9	0,7	0,6	0,1
T (jours)	25,6	27,6	27,6	16,8	53
R Coeff. corr.	0,7	0,8	0,9	0,8	0,6

Ces chiffres appellent certains commentaires:

-Les valeurs relatives au Césium 137 et au Césium 134 sont très voisines. Du fait que la période effective du Césium 134 sur l'herbe est faible devant sa période radioactive (803 j) on a négligé la décroissance radioactive en unissant les jeux de données relatifs aux deux isotopes pour obtenir les valeurs de la 4ème colonne. De fait, le doublement du nombre de couples de points provoque une amélioration du coefficient de corrélation de la régression.

-Les résultats relatifs au couple Ruthénium 106-Rhodium 106 sont peu fiables. En effet on constate à la lecture du tableau 8 que de nombreux points sont manquants, surtout lorsque l'on s'éloigne de la date de l'accident. Le radionucléide n'étant plus détecté, on aurait pu remplacer ces points par des 0 mais cela a paru abusif. On a préféré effectuer la régression uniquement sur les valeurs disponibles, quitte à obtenir une estimation pessimiste.

III.4. Conclusion relative à l'herbe et aux fourrages.

Certains résultats obtenus grâce aux mesures réalisées à la suite de l'accident de TCHERNOBYL paraissent pouvoir être utilisés dans une modélisation radioécologique générale. Ils sont récapitulés ci-dessous :

Contamination: Aérosol issu d'un accident sur une centrale électronucléaire (TCHERNOBYL) .

Moment de l'année: Début MAI.

Compartiment de l'écosystème considéré: L'herbe.

Modèle utilisé:

$$Ch = Rg(t) * D$$

Avec:

Ch Concentration dans l'herbe au moment de la consommation (pâturage) ou de la récolte (fourrage) (Bq/kg sec)

D Dépôt au sol exprimé en Bq/m² à la date du dépôt.

Rg(t) Facteur de transfert global du dépôt au végétal (m²/kg sec)

t Temps qui sépare la contamination de la récolte ou de la consommation.

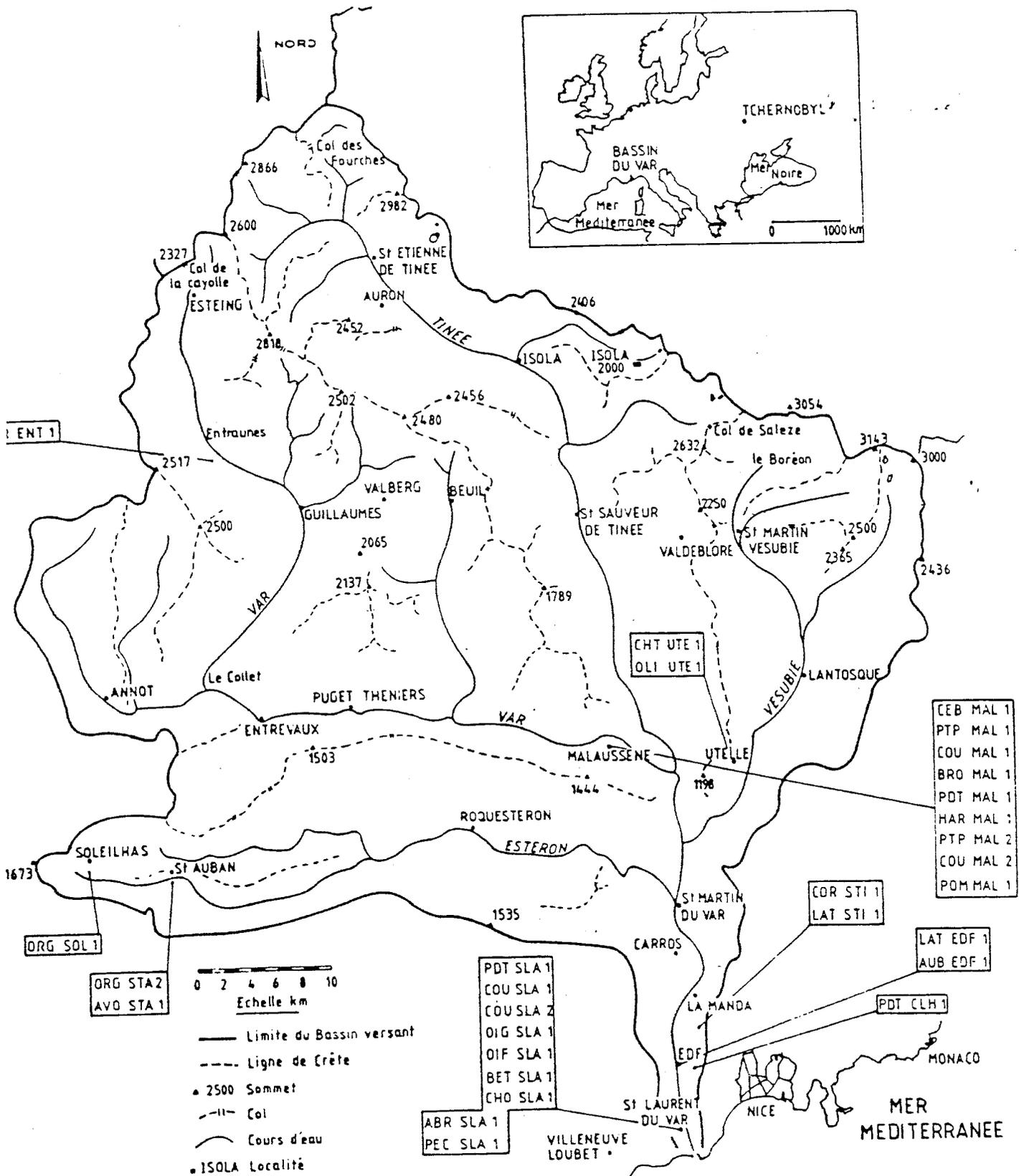
$$Rg(t) = F * EXP(-0,69*t / T)$$

F Fraction du dépôt total fixé sur l'herbe (m²/kg sec)

T Période de décroissance du facteur Rg(t) (jours)

Pour la première saison (MAI à NOVEMBRE) on pourra adopter les valeurs suivantes

Radionucléide	F	T
137Cs & 134Cs	0,7	28
103 Ru	0,6	17



CARTE 3 - EMLACEMENT DES PRELEVEMENTS DE VEGETAUX
(Hors achats sur les marchés)

IV. LES VEGETAUX CULTIVES COMESTIBLES.

IV.1. Présentation des résultats. Valeurs brutes de mesure.

IV.1.1 Généralités.

44 Prélèvements effectués entre début Mai 1986 et Février 1987 servent de base à cette étude. A cela il faut ajouter 2 prélèvements de céréales qui ne proviennent pas du bassin du Var mais qui ont été rajoutés au jeu de valeurs de façon à améliorer la cohérence de l'ensemble.

Les végétaux ont tous été récoltés sur les marchés ou prêts à la commercialisation. Ils ont été classés en 4 catégories:

-Les légumes feuilles: Salade et Blettes.

-Les autres légumes: Tomate, Chou-fleur, Pomme de terre, Cebette, Oignon, Courge, Courgette, Broccoli, Haricot vert; on y a ajouté les Fraises car sur le plan de la radioécologie ce fruit nous semble plutôt appartenir à cette catégorie qu'à celle qui suit.

-Les fruits d'arbres fruitiers: Cerise, Abricot, Pêche, Pomme, Poire, Chataigne, Olive.

-Les céréales: Blé, Orge, Avoine.

IV.1.2 Les radionucléides à vie courte.

Ces radionucléides avaient presque tous disparu au moment où la décision a été prise de commencer l'étude. A l'exclusion d'un prélèvement de Fraises ils n'apparaissent que dans les légumes feuilles.

Une salade achetée à Mandelieu le 2 Mai permet d'apprécier l'importance de la contamination des produits agricoles dans les premiers jours. On y a mesuré 2750 Bq/kgf d'Iode 131, 1560 Bq/kgf d'Iode + Tellure 132 et des quantités moindres des couples Zirconium + Niobium 95 et Barium + Lanthane 140.

Des Blettes parvenues au laboratoire par la Répression des Fraudes montraient encore 21 jours après l'accident 150 Bq/kgf d'Iode 131, mais au delà du 28 ième jour Les éléments à vie courte ne sont plus détectés.

IV.1.3. Les isotopes du Césium et du Ruthénium.

*Les légumes feuilles.

La laitue de Mandelieu contenait 430 Bq/kgf de 137 Cs, 270 Bq/kgf de 134 Cs, et respectivement 850 et 440 Bq/kgf de 103 Ru et 106 Ru+Rh. Les blettes datées de 20 jours plus tard présentaient des teneurs approximativement deux fois moindres. Un mois après les concentrations sont de l'ordre de la dizaine de Bq/kgf. La durée de vie de ce genre de légumes étant de l'ordre de 50 à 60 jours, au delà de cette période la contamination est surtout d'origine racinaire. Les isotopes du Ruthénium deviennent alors totalement absents et ceux du Césium passent en dessous de 1 Bq/kgf.

TABLEAU 9 : CONCENTRATION DE LA RADIOACTIVITE DANS LES PRODUCTIONS
VEGETALES COMESTIBLES. (Bq/kg frais) Bassin du VAR

CODE	NATURE	DATE		LIEU	K 40	106					Ce 141	95 Zr+Nb	132 Te+I	140 Ba+La
		jours	z			Ru 103	Ru+Rh	Cs 134	Cs 137	I 131				
MAN	LAITUE	1	10	MARCHE MANDELIEU		850	440	270	430	2750		450	1560	514
NIC	BLETTES	21	10	NICE		342	104	147	287	150	20	13	0,6	123
LRQ	SALADE	24	10	LA ROQUETTE/SIAGNE		14		9,4	19	12				8,2
MIN 1	BLETTES	28	10	LES COLLETES CAGNES	107	106	6,8	4,3	8,4		1,1	2		
MIN 1	ROMAINE	28	10	NICE		11,2	6,3	7,6	15,9					
EDF 1	LAITUE	34	30	plantée avant TCH	141	5	3,2	3	6					
STI 1	LAITUE	97	25	ST ISIDORE	207			0,4	0,83					
MAR 1	LAITUE	97		MARCHE NICE	146			<0,5	0,5					
MAL 1	LAITUE	125	220	MALAUSSENE	144			<0,8	<1					
MIN 2	BLETTES	153	25	ST ISIDORE	198				0,4					
SLA 1	BLETTE	187	10	ST LAURENT DU VAR	159			0,2	0,5					
M MIN 1	TOMATE	28	10	ST LAURENT DU VAR	88	0,28		0,32	0,88					
F MIN 1	CHOU FLEUR	28		RTE GRENOBLE 346 NIC	124	0,7		2,4	3,28					
A MIN 1	FRAISES	28	70	PLAN DE CARROS	63	7,7	5,7	6,7	13,2	12,7				
R MIN 1	CAROTTE	28		VILLENEUVE LOUBET	180				0,2					
CLH 1	POMME TERR	34	20	CLUB HIPPIQUE	170			3,5	7					
B MAL 1	CEBETTE	34	220	MALAUSSENE	77		8,2	1	0,6					
P MAL 1	PETIT POIS	34	220	MALAUSSENE	40	0,8		0,9	1,7					
U MAL 1	COURGETTE	34	220	MALAUSSENE	120	0,9		0,4	1,05					
R MAL 1	BROCCOLI	34	220	MALAUSSENE	136	1,4	5,5	1,3	2,5					
DT MAL 1	POM TERRE	34	220	MALAUSSENE	129				0,1					
AR MAL 1	HARICOVER	34	220	MALAUSSENE	93				0,08					
DT SLA 1	POM TERRE	47	10	ST LAURENT DU VAR	222			4,6	9					
OU SLA 1	COURGETTE	47	10	ST LAURENT DU VAR	100			0,3	0,6					
OU SLA 2	COURGETTE	47	10	ST LAURENT DU VAR	120			2,9	6,6					
IIG SLA 1	OIGNON	47	10	ST LAURENT DU VAR	65	2,6	2,3	1,6	2,7					
IIF SLA 1	FEUIL OIGN	47	10	ST LAURENT DU VAR	114	4,3		2,6	5,3					
CHO SLA 1	CHOUX	47	10	ST LAURENT DU VAR	112				0,14					
AUB EDF 1	AUBERGINE	97	30	VAR RG-POSTE EDF	96			<0,2	<0,3					
COR STI 1	COURGE	97	25	ST ISIDORE	73			0,06	0,15					
TOM MAR 1	TOMATE	97		MARCHE NICE	92			0,13	0,3					
COU MAR 1	COURGETTE	97		MARCHE NICE	93			0,5	0,8					
PTP MAL 2	PETIT POIS	125	220	MALAUSSENE	178			<0,6	<0,6					
COU MAL 2	COURGETTE	125	220	MALAUSSENE	87			<0,1	<0,1					
CER MIN 1	CERISE	28		NICE (avec noyaux)	97	28,3	23,3	36,7	77					
POM MAL 1	POMME	34	220	MALAUSSENE	56			7,4	16					
ABR SLA 1	ABRICOT	47	10	dénoyautés	80	6	4,6	14	29					
PEC SLA 1	PECHE	47	10	dénoyautés	79	11,5	9,2	15,6	30,7					
POI ENT 1	POIRE	125	1000	ENTRAUNES	54			9,4	18,8					
CHT UTE 1	CHATAIGNE	187	750	UTELLE	189			2,5	9,6					
OLI UTE 1	OLIVES	301	750	UTELLE Avec noyaux	236			5,6	13,4					
ORG SOL 1	ORGE épi	96	1200	SOLEILHAS	280			2,4	5					
ORG STA 2	ORGE	126	1020	SAINTE AUBAN	172			0,8	1,9					
AVD STA 1	AVOINE	126	1020	SAINTE AUBAN	194			1	3					

Il est à signaler que si les "normes Européennes" avaient été en vigueur dès le début du mois de Mai de nombreuses récoltes auraient dû être détruites.

*Les autres légumes.

Les premiers prélèvements sont datés de 28 jours après l'accident. Seules des fraises contiennent plus de 10 Bq/kgf de 137 Cs.

Toutes les autres valeurs, quels que soient produits et radionucléides se situent en dessous de cette limite.

Les limites de détection (autour de 0,5 Bq/kgf) sont atteintes trois mois après l'accident.

Que les légumes soient aériens ou souterrains n'apparaît pas dans les résultats. Cette distinction semble concerner uniquement le dépôt direct sur les parties consommables dont l'influence disparaît très rapidement.

*Les fruits.

En raison du stockage de la radioactivité par les arbres la persistance du marquage radioactif dans les fruits est plus prononcée que pour les légumes. Par exemple des Cerises prélevées 28 jours après l'accident contenaient 77 Bq/kgf de 137 Cs et des Olives récoltées en Février 87 soient 301 jours après, 13,4.

Toutefois la valeur relative aux Cerises est maximale. Au début du mois de Mai nombre d'arbres n'avaient encore que de très petites feuilles.

*Les céréales.

Dans le bassin du Var les céréales (Orge et Avoine) ne sont cultivés que dans la région de Saint-Auban vers 1000 m d'altitude. La rudesse du climat fait qu'au début Mai croissance était fort peu avancée. La moisson a lieu en Août et cela explique les faibles teneurs observées: Au maximum 5 Bq/kgf en 137 Cs, la moitié en 134 Cs avec l'absence complète de Ruthénium.

IV.2. Interprétation des résultats; conséquences sur la modélisation.

IV.2.1. Présentation du modèle et généralités.

Une formulation globale et simple analogue à celle utilisée pour l'herbe a été retenue. Elle s'exprime par l'équation:

$$C_v = R_g(t) * D$$

Avec:

C_v Concentration dans le végétal au moment de la récolte (Bq/kgf) .

$R_g(t)$ Facteur de transfert global du dépôt au végétal (m²/kgf) ; t (jours) est le temps qui sépare la contamination de la récolte.

D Dépôt (Bq/m²) au sol exprimé à la date du dépôt.

TABLEAU 10 : FACTEUR DE TRANSFERT GLOBAL DU DEPOT
AU VEGETAUX (m2/kg frais)

DE	NATURE	jours	LIEU	FT	FT	FT	FT
				Ru103	Ru+Rh106	Cs134	Cs137
F MAN	LAITUE	1	MARCHE MANDELIEU	2,09E-01	9,77E-02	2,78E-01	1,85E-01
F NIC	BLETTES	21	NICE	8,42E-02	2,31E-02	1,52E-01	1,23E-01
T LRQ	SALADE	24	LA ROQUETTE/SIAGNE	3,45E-03		9,69E-03	8,17E-03
T MIN 1	BLETTES	28	LES COLLETTES CAGNES	2,61E-02	1,51E-03	4,43E-03	3,61E-03
M MIN 1	ROMAINE	28	NICE	2,76E-03	1,40E-03	7,84E-03	6,84E-03
T EDF 1	LAITUE	34	RG POSTE EDF	1,23E-03	7,10E-04	3,09E-03	2,58E-03
T STI 1	LAITUE	97	ST ISIDORE			4,12E-04	3,57E-04
T MAR 1	LAITUE	97	MARCHE NICE				2,15E-04
T SLA 1	BLETTES	187	SR LAURENT DU VAR			2,06E-04	2,15E-04
DM MIN 1	TOMATE	28	ST LAURENT DU VAR	6,89E-05		3,30E-04	3,78E-04
IF MIN 1	CHOU FLEUR	28	RTE GRENOBLE 346 NICE	1,72E-04		2,47E-03	1,41E-03
RA MIN 1	FRAISES	28	PLAN DE CARROS	1,90E-03	1,27E-03	6,91E-03	5,67E-03
JT CLH 1	POMME TERRE	34	CLUB HIPPIQUE			3,61E-03	3,01E-03
EB MAL 1	CEBETTE	34	MALAUSSENE		4,02E-03	8,98E-04	1,63E-04
IP MAL 1	PETIT POIS	34	MALAUSSENE	2,06E-04		8,08E-04	4,61E-04
OU MAL 1	COURGETTE	34	MALAUSSENE	2,32E-04		3,59E-04	2,85E-04
RO MAL 1	BROCCOLI	34	MALAUSSENE	3,61E-04	2,69E-03	1,17E-03	6,78E-04
DT SLA 1	POM TERRE	47	ST LAURENT DU VAR			4,74E-03	3,87E-03
OU SLA 1	COURGETTE	47	ST LAURENT DU VAR			3,09E-04	2,58E-04
OU SLA 2	COURGETTE	47	ST LAURENT DU VAR			2,99E-03	2,84E-03
IG SLA 1	OIGNON	47	ST LAURENT DU VAR	6,40E-04	5,11E-04	1,65E-03	1,16E-03
IF SLA 1	FEUIL OIGN	47	ST LAURENT DU VAR	1,06E-03		2,68E-03	2,28E-03
OR STI 1	COURGE	97	ST ISIDORE			6,19E-05	6,45E-05
OM MAR 1	TOMATE	97	MARCHE NICE			1,34E-04	1,29E-04
OU MAR 1	COURGETTE	97	MARCHE NICE			5,15E-04	3,44E-04
PDT MAL 1	POM TERRE	125	MALAUSSENE				2,71E-05
AR MAL 1	HARICOVER	125	MALAUSSENE				2,17E-05
CER MIN 1	CERISE	28	NICE (avec noyaux)	6,97E-03	5,17E-03	3,78E-02	3,31E-02
ABR SLA 1	ABRICOT	47	ST LAURENT VAR (denoy)	1,48E-03	1,02E-03	1,44E-02	1,25E-02
PEC SLA 1	PECHE	47	ST LAURENT VAR (denoy)	2,83E-03	2,04E-03	1,61E-02	1,32E-02
POM MAL 1	POMME	125	MALAUSSENE			6,64E-03	4,34E-03
POI ENT 1	POIRE	125	ENTRAUNES			4,06E-03	2,71E-03
POM PIER	POMME	152	PIERRELATTE			3,31E-03	1,96E-03
BLE PIER	BLE GRAIN	60	PIERRELATTE			1,14E-02	1,08E-02
ORG AIX	ORGE	60	AIX EN PCE			2,55E-02	3,67E-02
ORG SOL 1	ORGE épi	96	SOLEILHAS			4,29E-03	1,40E-03
ORG STA 2	ORGE	126	SAINT AUBAN			1,43E-03	5,33E-04
AVO STA 1	AVOINE	126	SAINT AUBAN			1,79E-03	8,42E-04

Outre la décroissance physique de la radioactivité, le facteur $Rg(t)$ intègre divers modes de contamination de la plante:

-Le dépôt direct sur la surface de la partie consommée. Cette voie d'atteinte est la plus importante pour les produits à grande surface et qui ne sont pas pelés avant préparation culinaire, par exemple les salades, blettes, épinards...

-La contamination par translocation. L'activité déposée sur les feuilles est absorbée à l'intérieur de la plante et incorporée à la partie d'intérêt qu'elle soit aérienne ou souterraine.

-La contamination par le sol qui débute dès que le radionucléide parvient aux premières racines.

A la suite du dépôt, ce type de modèle pourra être appliqué pendant une durée au plus égale à celle de la vie de la plante considérée. Au delà le sol est généralement labouré avant de nouvelles mises en cultures, ce qui rend la répartition de la radioactivité homogène. Il est alors plus facile de traiter le problème par l'intermédiaire des facteurs de transfert sol-plante où de nombreuses valeurs sont disponibles. On entre dans le domaine des effets à long terme.

Les dépôts au sol sont ceux déterminés au chapitre II. Le texte du présent paragraphe a été écrit au mois de Janvier 1987 et de ce fait les prélèvements de Février 87 n'y sont pas inclus (la prochaine révision interviendra après la saison 87).

Les rapports Cv/D ont été calculés pour chaque prélèvement de façon à obtenir des séries de facteurs $Rg(t)$ qui ont été classées par catégories de végétaux. Les valeurs se trouvent dans le tableau 10.

IV.2.2. Résultats.

Pour chaque catégorie on dispose d'une série de facteurs de transfert par isotope en fonction du temps. Chaque fois que cela a été possible on a calculé des courbes de régression de type exponentiel dont l'expression générale est:

$$Rg(t) = F * \text{EXP}(-0,69*t / T)$$

Avec:

F fraction du dépôt total transféré au végétal au moment de la contamination (m^2/kg frais).

T Période de décroissance du facteur $Rg(t)$ (jours).

Cette demi-vie T est assimilable à ce qu'il est convenu d'appeler la période effective du polluant dans le compartiment considéré.

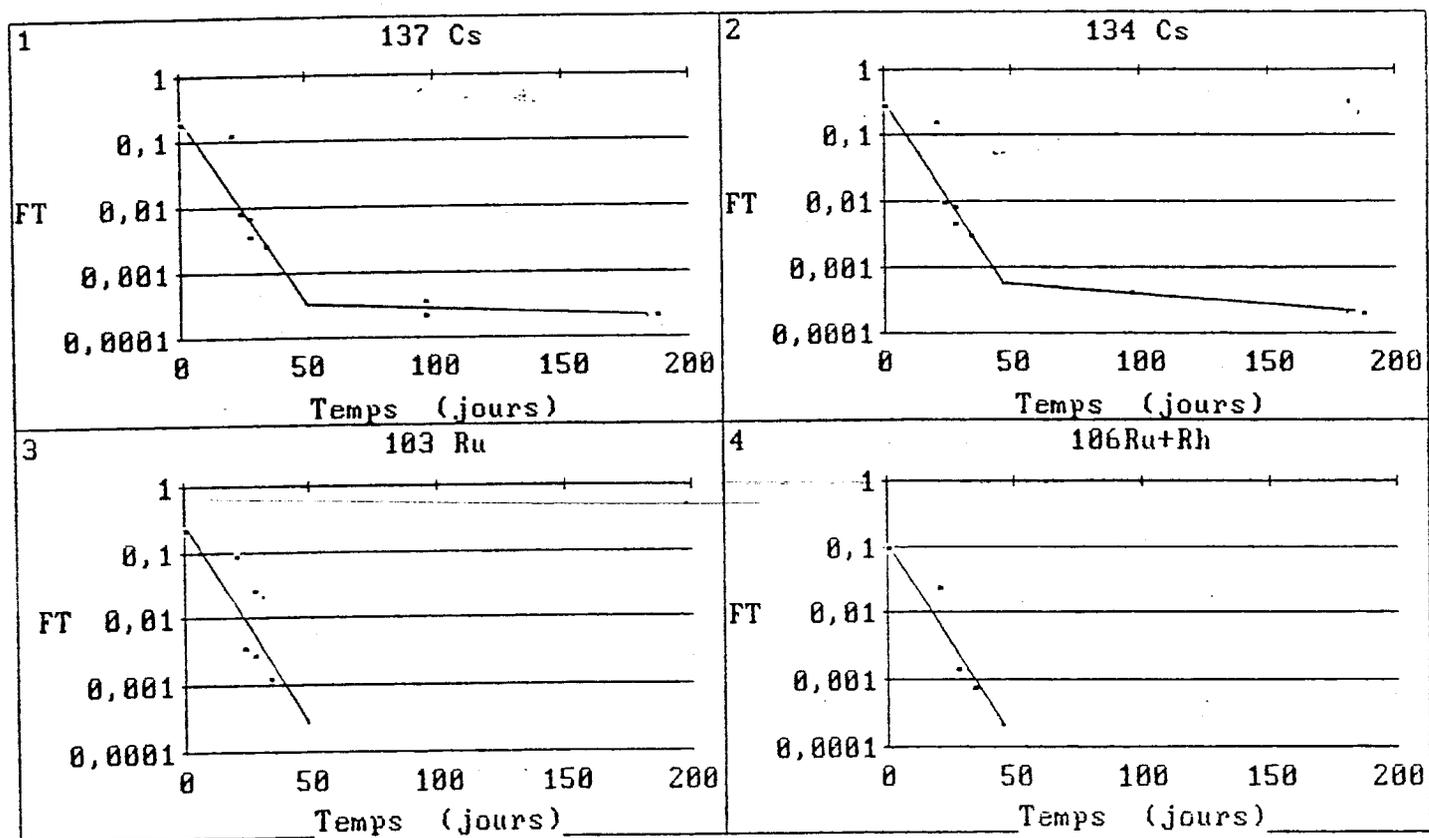


FIGURE 8 : FACTEUR DE TRANSFERT GLOBAL $R_g(t)$ DU DEPOT AUX LEGUMES FEUILLES. (m^2/kgf)

*Les légumes feuilles.

Les valeurs du facteur global de transfert en fonction du temps sont présentées sous forme graphique figure 8.

On constate que deux périodes bien distinctes existent:

-La première comprend les prélèvements effectués dans les 34 premiers jours où la décroissance de la radioactivité est relativement rapide et à peu près similaire pour les isotopes du Césium ou ceux du Ruthénium.

-La seconde comprend les prélèvements effectués à partir du 97ème jour. Les isotopes du Ruthénium ne sont plus mesurables. Pour ceux du Césium la décroissance est beaucoup plus lente.

Le calcul des exponentielles de régression pour ces deux groupes de valeurs fait apparaître des courbes dont l'intersection se fait vers le 50ième jour. Cela correspond en gros à la durée de vie normale de ce genre de légumes et délimite bien la période de transfert par dépôt sur le végétal lui-même et celle de la contamination par voie racinaire.

Le fait que le Ruthénium ne soit plus mesurable dans la seconde période peut indiquer que le facteur de transfert sol-plante est plus faible pour ce nucléide que pour le Césium.

Les valeurs numériques relatives aux régressions figurent dans le tableau ci-dessous:

COEFFICIENTS F (m²/kg frais) ET T (jours)
DES LEGUMES FEUILLES.

période	1 j à 50 j			50 j à 200 j		
	F	T	r(1)	F	T	r
137Cs	0,34	5	0,86	4E-4	230	1 (2)
134Cs	0,5	4,8	0,87	9E-4	86	1 (2)
103Ru	0,36	4,7	0,8			
106Ru+Rh	0,17	4,5	0,9			

(1) r coefficient de corrélation.

(2) La régression est faite sur 2 points.

La valeur la plus remarquable de ce tableau est la durée de 5 jours relative à la demi-vie effective des dépôts sur les légumes feuilles, quel que soit l'isotope. Cela laisse penser que cette décroissance est plutôt due à des phénomènes physiques tels que lavage par les éléments ou dilution par croissance de la plante.

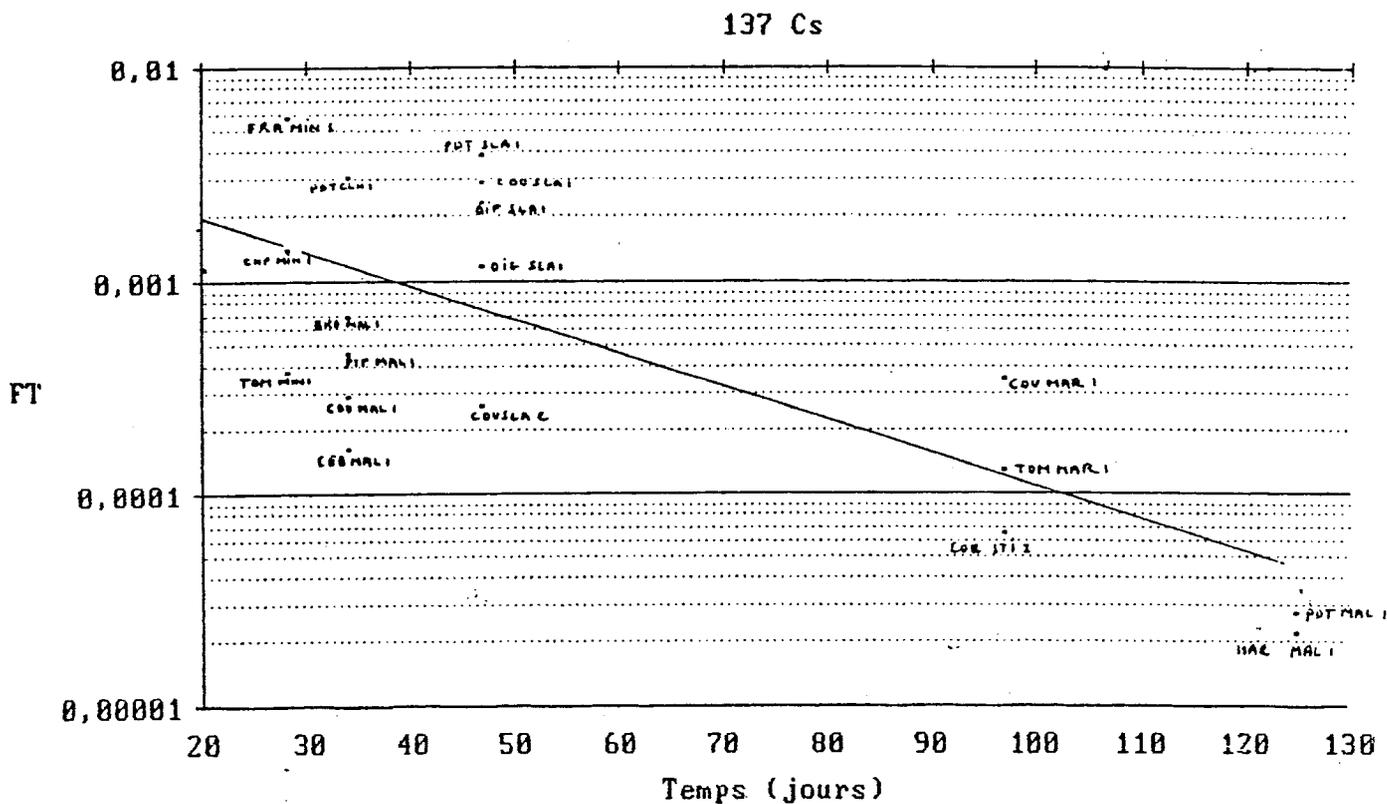
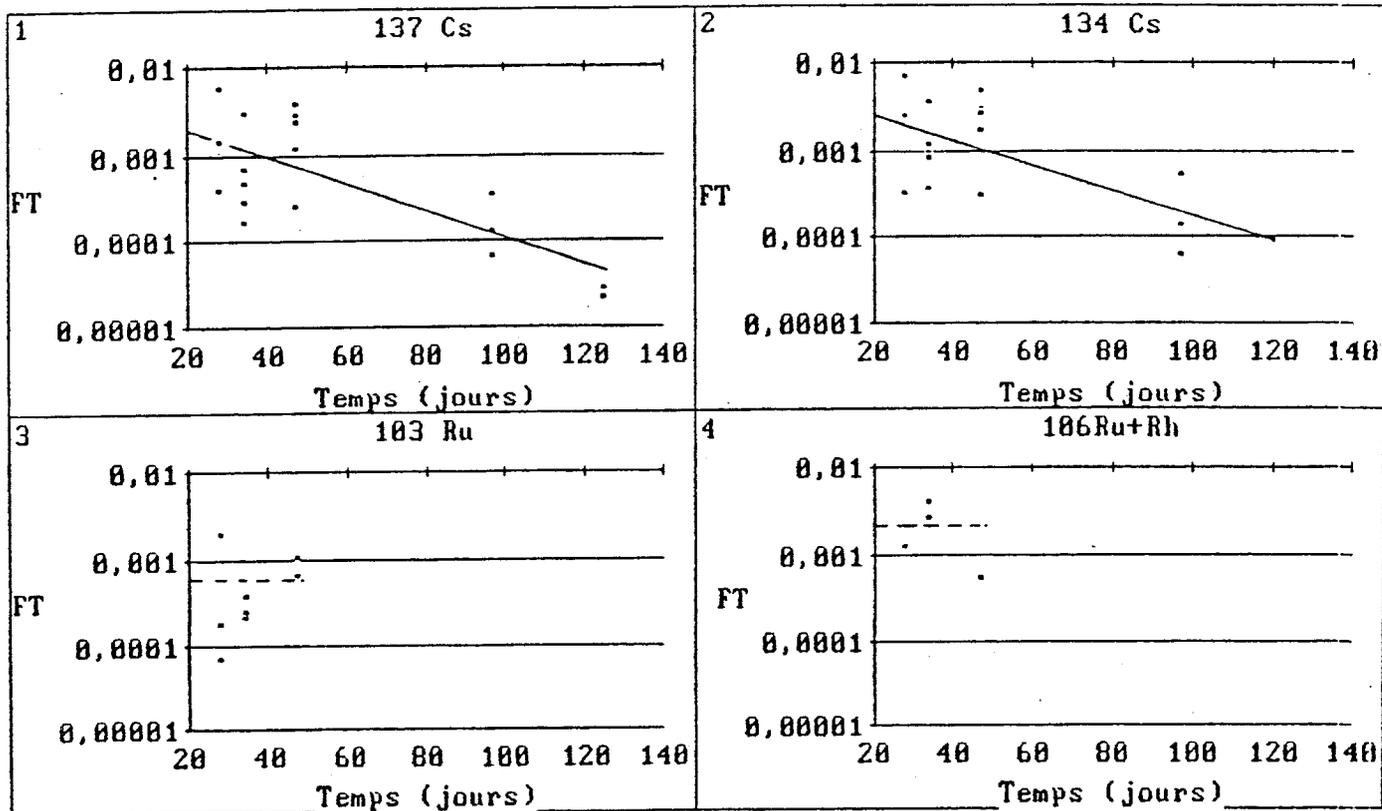


FIGURE 9 : FACTEUR DE TRANSFERT GLOBAL $R_g(t)$ DU DEPOT AUX LEGUMES. (m^2/kgf)
 En haut: ^{137}Cs seul
 En bas : ^{137}Cs , ^{134}Cs , ^{103}Ru , $^{106}Ru+Rh$



*Les autres légumes.

Il n'est pas très satisfaisant de grouper tous les autres légumes maraîchers dans la même catégorie, mais les prélèvements n'étaient pas assez nombreux pour autoriser la création d'autres subdivisions.

La disparité des valeurs apparaît bien sur la figure 9 qui représente le facteur $Rg(t)$ en fonction du temps pour le seul ^{137}Cs . La figure 10 présente les valeurs pour les autres isotopes étudiés ici.

Deux remarques peuvent être faites:

-Du point de vue de la prévision des concentrations en radionucléides qui se trouveront dans les légumes achetés sur les marchés, la validité statistique d'une courbe de régression de part et d'autre de laquelle les valeurs mesurées varient d'un ordre de grandeur semble discutable. Pourtant dans la réalité la diversité des sources d'approvisionnement créera de fait une moyenne, ce qui peut atténuer les erreurs engendrées par une analyse simplifiée. Bien sûr, il reste à prouver selon les méthodes de la statistique que les deux moyennes sont suffisamment proches.

-A la même date, en des lieux distants de quelques mètres et pour la même espèce on observe des facteurs globaux de transfert très différents, comme pour les Courgettes des deux prélèvements COU SLA 1 [$Rg(47) = 2,58E-4 \text{ m}^2/\text{kgf}$] et COU SLA 2 [$Rg(47) = 2,84E-3 \text{ m}^2/\text{kgf}$]. Dans le premier cas il s'agissait de légumes de taille normale. Dans le second il s'agissait de très petites Courgettes portant encore leurs fleurs qui sont appréciées des Niçois qui en font des beignets. Cela montre que l'âge des plantes est tout à fait déterminant dans leur degré de contamination.

La durée de vie des produits mentionnés ici est de l'ordre de grandeur de la saison de culture (100 j). Pour l'année qui vient de s'écouler on considèrera une seule période, et non deux comme c'était le cas pour les légumes feuilles.

COEFFICIENTS F (m^2/kg frais) et T (jours)
POUR LES LEGUMES

période (1)	à		
	28 j		125 j
isotope	F	T	r
^{137}Cs	0,004	19	0,7
^{134}Cs	0,005	21	0,6

(1) Désigne la période qui a servi de base à l'estimation. Ces coefficients ne sont peut-être pas valables pour les premiers jours.

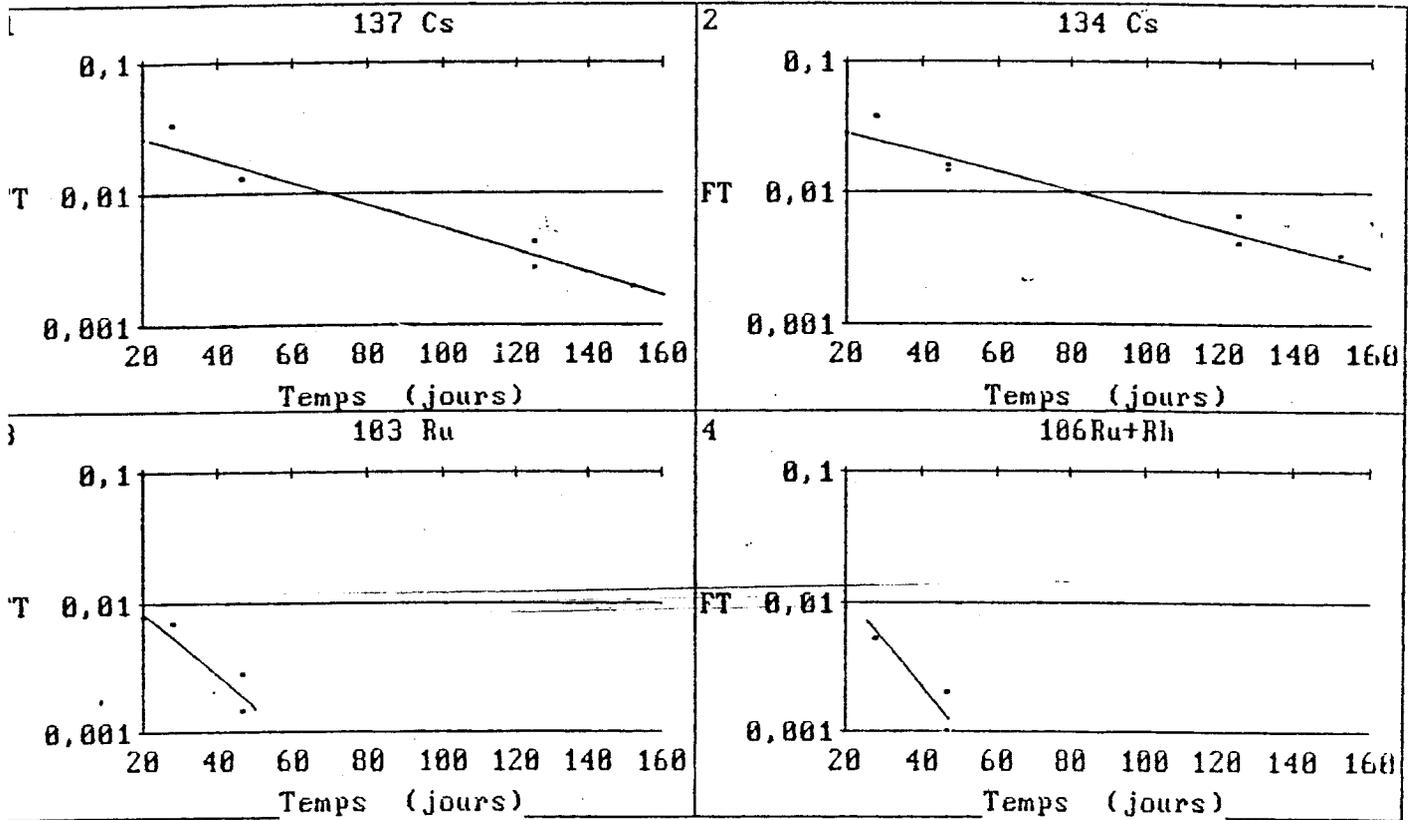


FIGURE 10 : FACTEUR DE TRANSFERT GLOBAL $R_g(t)$ DU DEPOT AUX FRUITS. (m²/kgf)

Les courbes de régression n'ont été calculées que pour les deux isotopes du Césium. Les valeurs relatives à ceux du Ruthénium sont trop disparates. On notera simplement qu'au delà 47ème jour ce nucléide n'est plus détecté et on retiendra pour la période qui précède la moyenne arithmétique des valeurs significatives obtenues.

Pour le Ruthénium on retiendra donc les valeurs suivantes du facteur $Rg(t)$ (m^2/kgf) avec $28 j < t < 47 j$:

$$103 \text{ Ru} \quad \overline{Rg(t)} = 5,8E-4, \text{ écart-type} = 5,8E-4$$

$$106\text{Ru}+\text{Rh} \quad \overline{Rg(t)} = 2,1E-3, \text{ écart-type} = 1,3E-3$$

*Les fruits d'arbres fruitiers.

La figure 11 présente les valeurs de $Rg(t)$ pour cette catégorie de végétaux.

La plupart des fruits considérés ont grossi bien après le passage du nuage (sauf peut-être les Cerises) et le phénomène prépondérant du transfert semble être la translocation. C'est sans doute le cas où le type d'analyse proposé ici s'applique le mieux.

Les deux isotopes du Césium restent mesurables tout au long de la saison, alors que ceux du Ruthénium ne le sont plus au delà du 47ème jour. Le calcul des courbes de régression donne les valeurs suivantes.

COEFFICIENTS F (m^2/kg frais) ET T (jours)
POUR LES FRUITS

isotope	F	T	r	période (1)
137Cs	0,04	35	0,9	28 j à 152 j
134Cs	0,04	40	0,9	
103Ru	0,03	10,3	0,9	28 j à 47 j
106Ru+Rh	0,04	10,7	0,9	

(1) Période ayant servi de base au calcul.

*Les céréales.

Le Sud-Est de la France est un pays montagneux et l'on y cultive des céréales à des altitudes variant du niveau de la mer à 1300 m environ. Les climats d'altitude sont les plus froids, et cette particularité fait que les moissons sont décalées dans le temps depuis la fin du mois de Juin jusqu'à la fin du mois d'Août. C'est ainsi qu'avec une seule date de dépôt on a pu disposer de 3 durées différentes séparant la contamination de la récolte.

Les valeurs obtenues pour le facteur de transfert global sont présentées sous forme graphique figure 12. La première des moissons date de 60 jours après l'accident et les isotopes du Ruthénium n'ont pu être détectés. En ce qui concerne le ^{137}Cs et le ^{134}Cs les coefficients F et T sont les suivants:

COEFFICIENTS F (m^2/kgf) ET T (jours)
POUR LES CEREALES.

isotope	F	T	r	période (1)
^{137}Cs	0,4	13	0,9	60 j à 126 j
^{134}Cs	0,15	19	0,9	

(1) Période ayant servi de base au calcul.

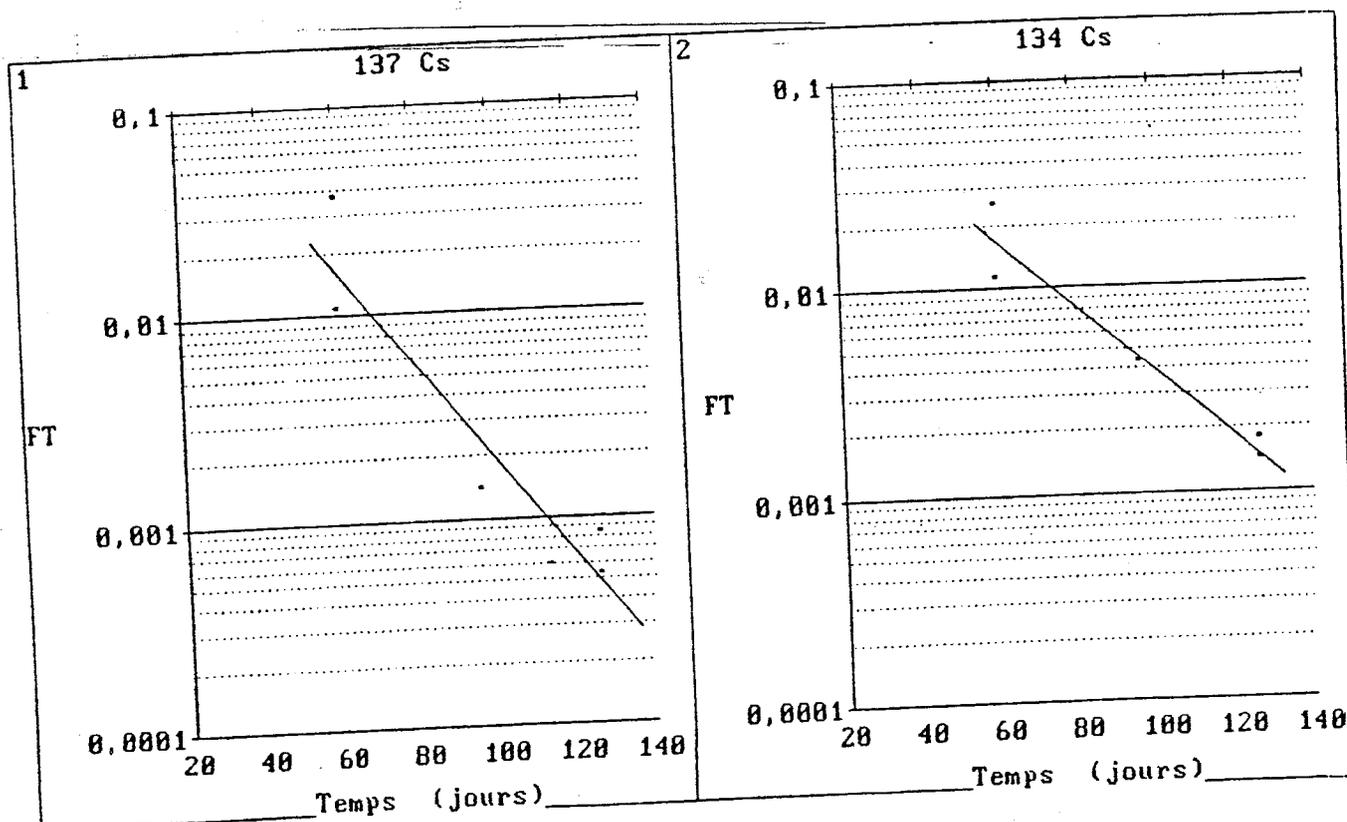


FIGURE 11 : FACTEUR DE TRANSFERT GLOBAL $R_g(t)$ DU DEPOT
AUX CEREALES. (m^2/kgf)

IV.2.3. Conclusion sur la modélisation pour les légumes.

Cette étude, permet de chiffrer les demi-vies effectives des radionucléides dans les végétaux agricoles. Ces résultats sont récapitulés ci-dessous.

Contamination: Aérosol issu d'un accident sur une centrale électronucléaire (TCHERNOBYL)

Moment de l'année: Début MAI.

Compartiment considéré: Les végétaux agricoles.

Période d'observation: MAI à NOVEMBRE.

DEMI-VIES EFFECTIVE DES RADIONUCLEIDES
DANS LES VEGETAUX CULTIVES EXPOSES AU
NUAGE. (jours)

Catégorie	légumes feuilles	autres légumes	fruits (arbres)	céréales (grains)
Isotopes				
137Cs	5	19	35	13
134Cs	5	21	40	19
103Ru	5	-	10	-
106Ru+Rh	4	-	11	-

(-) Non Déterminable.

Ces résultats seront probablement utiles dans une modélisation générale des conséquences d'un accident nucléaire.

TABLEAU 11 : RADIODACTIVITE DANS LE LAIT ET LE FROMAGE
Bassin du VAR

DDE	NATURE	DATE		LIEU	Z	UNITE	K 40	106		Cs 134	Cs 137
		jours						Ru 103	Ru+Pb		
SOL 1	LAIT DE VACHE	6/8/86	96	SOLEILHAS	1200	Bq/litre	35			0,6	1,6
SOL 2	LAIT DE VACHE	5/9/86	126	SOLEILHAS	1200	Bq/litre	27,2			0,05	<0,16
SOL 3	LAIT DE VACHE	27/2/87	301	SOLEILHAS	1200	Bq/litre	21,4			1,3	3,4
PUG 1	LAIT DE VACHE	17/6/86	46	PUGET THENIER	500	Bq/litre	56			6,2	13,3
PUG 2	LAIT DE VACHE	7/11/86	187	PUGET THENIER	500	Bq/litre	40			0,5	1,2
PUG 3	LAIT DE VACHE	27/2/87	301	PUGET THENIER	500	Bq/litre	20,2			0,2	0,7
GUI 1	LAIT DE VACHE	7/11/86	187	GUILLAUMES	820	Bq/litre	40			0,6	1,5
GUI 2	LAIT DE VACHE	27/2/87	301	GUILLAUMES	820	Bq/litre	20,4			0,5	0,9
BOR 1	FROMAGE DE VACHE	7/8/86	96	BOREDON	2000	Bq/kg frais	52			24	52
UTE 1	FROMAGE DE VACHE	5/11/86	187	UTELLE	800	Bq/kg frais	90				5
MAL 1	FROMAGE BREBIS	5/6/86	34	MALAUSSENE	220	Bq/kg frais	30			27	53
MAL 2	FROMAGE CHEVRE	5/6/86	34	MALAUSSENE	220	Bq/kg frais	35			23	47
MAL 3	FROMAGE CHEVRE	4/9/86	126	MALAUSSENE	220	Bq/kg frais	63			2	4
MAL 4	FROMAGE BREBIS	4/9/86	126	MALAUSSENE	220	Bq/kg frais	31			1,6	3,2
UTE 1	LAIT DE CHEVRE	27/02/87	301	UTELLE	750	Bq/litre	177			26	66

V. LES PRODUITS ANIMAUX.

V.1. Introduction et généralités.

Les prélèvements ont porté sur le lait de vache et de chèvre, les fromages de vache, de chèvre et de brebis, et sur la viande de mouton.

L'élevage est relativement peu important dans l'agriculture du département et il a été assez difficile de se procurer ces produits, ce qui explique le nombre relativement faible de valeurs obtenues.

V.2. Le lait et les produits laitiers.

V.2.1. Valeurs brutes de mesure.

Les résultats sont mentionnés tableau 11 et reproduits sous forme graphique figure 12. Pour tous les échantillons seuls les deux isotopes 134 et 137 du Césium ont été détectés, à l'exclusion de tout autre radionucléide artificiel.

*Le lait de vache.

Le lait de Soleilhas provient d'un producteur indépendant qui en vend à la ferme. Trois prélèvements ont été effectués 96, 126, et 301 jours après l'accident. Les teneurs en 137 Cs étaient respectivement de 1,6, <0,16 et 3,4 Bq/litre. Pour les deux premiers échantillons les animaux étaient aux champs et un complément alimentaire pris sur le stock non contaminé de 1985 leur était fourni. Cependant il a été impossible d'obtenir un échantillon représentatif de la nourriture. La remontée observée au mois de Février est due aux fourrages de 1986 qui ont été mesurés par ailleurs (cf V.2.2).

Le lait de Puget-Thénier et de Guillaumes provient de coopératives laitières regroupant plusieurs producteurs. La récolte d'échantillons de nourriture était donc impossible, mais en revanche ces prélèvements peuvent être considérés comme tout à fait représentatifs de l'évolution de la radioactivité du lait dans la région.

46 jours après l'accident, c'est à dire en réalité peu de temps après que les vaches aient été mises au pré, le lait avait une concentration en 137 Cs de 13,3 Bq/litre et de 6,2 Bq/litre en 134 Cs. Le rapport isotopique est celui de l'aérosol issu de Tchernobyl.

187 jours après on avait des teneurs de l'ordre de 1,5 Bq/l en 137 Cs et 301 jours après inférieures à 1 Bq/litre. Ces faibles concentrations obtenues en hiver laissent penser que des fourrages peu contaminés sont utilisés.

*Le fromage de lait de vache.

Deux échantillons ont été récoltés, le premier au mois d'août à la vacherie du Boréon, lieu apprécié des touristes à la recherche de produits naturels, l'autre à Utelle en Novembre.

RADIOACTIVITE DANS LE LAIT ET FROMAGE DE VACHE

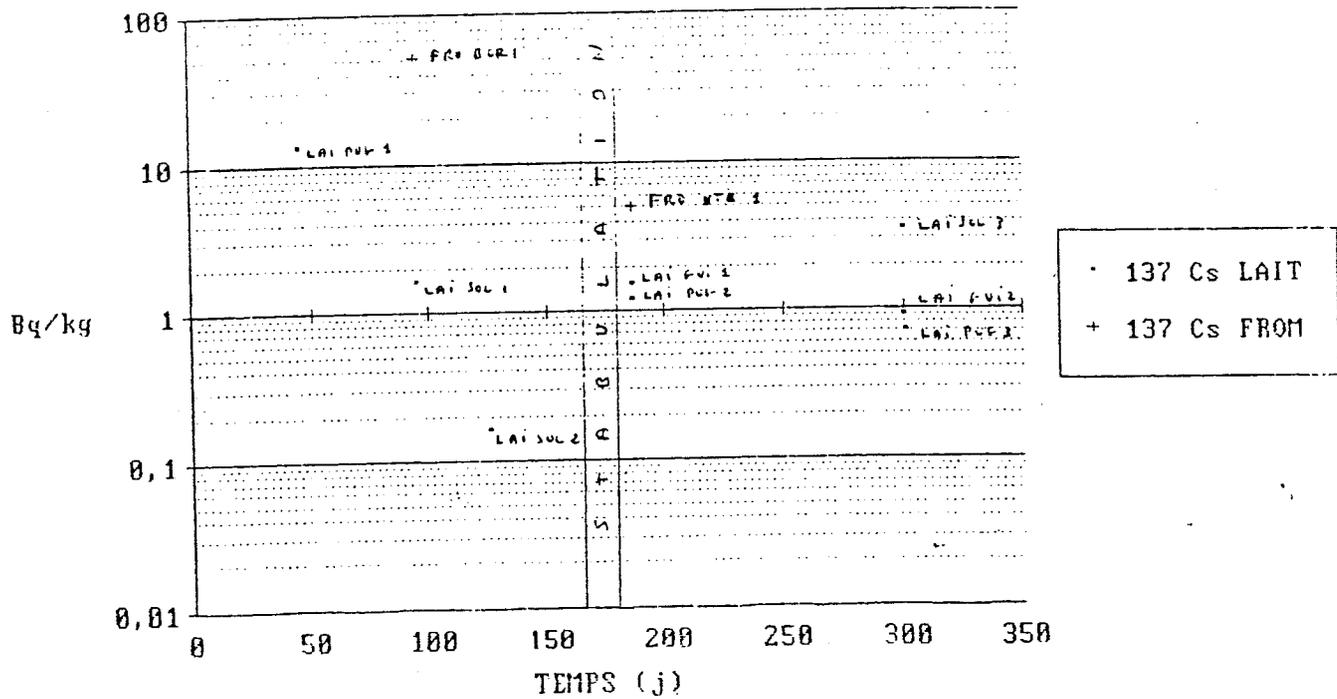
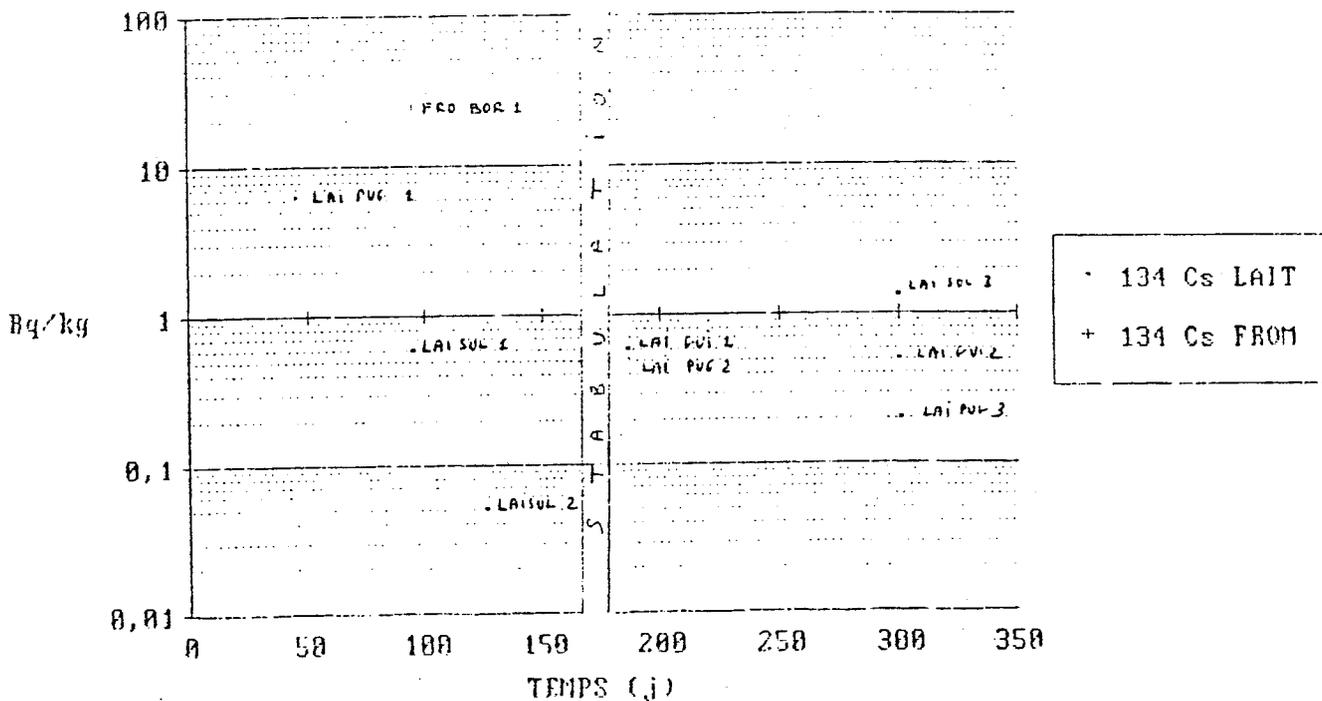


FIGURE 12 : RADIOACTIVITE DANS LES PRODUITS LAITIERS

RADIOACTIVITE DANS LE LAIT ET FROMAGE DE VACHE



Dans le premier cas les concentrations étaient de 52 et 24 Bq/kgf pour ^{137}Cs et ^{134}Cs , reflétant le niveau de contamination plus élevé de cette zone par rapport au reste du bassin. Toutefois il faut signaler que l'effet de ce marquage a été atténué car les pâturages de haute montagne n'ont pas été ouverts avant la fin du mois de Juin et sont fermés dès le début de Septembre.

Le second échantillon de fromage ne laisse apparaître que 5 Bq/kgf de ^{137}Cs et pas de ^{134}Cs .

*Le lait de Chèvre.

Un seul prélèvement a été fait, à Utelle en Février 1987. Les concentrations en ^{137}Cs et ^{134}Cs étaient de 66 et 26 Bq/kgf, ce qui est relativement élevé. Un échantillon de foin a été également récolté, ce qui donne de l'intérêt à ce résultat (cf V.2.2.).

*Les fromages de Chèvre et de Brebis.

A Malaussène ces produits ont fait l'objet de prélèvements en Juin et en Août. Ils provenaient dans les deux cas des mêmes producteurs. Les teneurs en ^{137}Cs étaient de l'ordre de 50 Bq/kgf en Juin et de 3,4 à 4 Bq/kgf en Août. Le calcul de la demi-vie moyenne de décroissance entre ces deux points donne 24 jours, ce qui correspond avec celle observée pour l'herbe (28 jours).

V.2.2 Conséquences sur les facteurs de transfert.

En raison des difficultés éprouvées pour se procurer des échantillons de nourriture il est dans l'ensemble impossible de déduire des facteurs de transfert sauf à se livrer à des suppositions par trop hasardeuses qui n'amèneraient pas de réels progrès.

Toutefois dans le cas du lait de Vache à Soleilhas et du lait de Chèvre d'Utelle en Février 1987 on dispose de mesures du Foin. En supposant que le régime permanent est atteint on peut en déduire des valeurs selon le modèle ci-dessous:

$$C_a = R * i * C_v$$

avec:

C_a	Concentration dans le lait	(Bq/litre)
R	Facteur de transfert à l'équilibre	(litre/kgs)
i	Fraction normée à 1 de l'aliment considéré dans la ration alimentaire (ici $i = 1$). Ce paramètre permet de prendre en compte des rations composites.	
C_v	Concentration dans la nourriture	(Bq/kgs)

Ce modèle diffère légèrement de celui du Manuel de Radioécologie [2] qui fait intervenir la ration alimentaire en kgs/jours. Si on l'utilise pour comparer la Vache et la Chèvre du point de vue du transfert au lait la différence trouvée provient de l'écart de quantité de foin ingérée. Les animaux étant de taille différente cela ne reflète pas à proprement parler des différences physiologiques, alors que la simple équation proposée ici utilise un facteur de transfert qui dépend du métabolisme de l'animal et non de sa taille.

FACTEUR DE TRANSFERT A L'EQUILIBRE ENTRE
LE FOIN ET LE LAIT. Etabli en Février 1987.

	137 Cs		134 Cs	
	Vache	Chèvre	Vache	Chèvre
Lait (Bq/litre) (1)	3,4	66	1,3	26
Foin (Bq/kg)	59	1036	30	459
Facteur Transfert observé (l/kg)	5,8E-2	6,4E-2	4,3E-2	5,7E-2

(1) On admettra que 1 litre de lait a pour masse 1 kg.

On constate que les facteurs relatifs à la Chèvre sont légèrement plus importants que ceux relatifs à la Vache, ce qui est un résultat classique, le lait des Caprins étant plus minéralisé que celui des Bovins.

La différence observée entre les deux isotopes trouve sans doute son origine dans la préexistence d'un marquage en 137 Cs.

Si on veut comparer ces facteurs à ceux de la littérature, il suffit de les diviser par la valeur de la ration alimentaire, par exemple 15 kg/j pour la Vache et 2 kg/j pour la Chèvre.

On trouve :

Vache et 137 Cs; $F_m = 3,9E-3$ j/kg

Vache et 134 Cs; $F_m = 2,9E-3$ j/kg

Chèvre et 137 Cs; $F_m = 3,2E-2$ j/kg

Chèvre et 134 Cs; $F_m = 2,9E-2$ j/kg

Le Manuel donne pour la Vache et le Césium la valeur de $1E-2$ j/kg ce qui est plus fort d'un facteur 3 à peu près que ce qui est déterminé dans cette étude. Dans la mesure où la littérature à caractère réglementaire fournit des facteurs "conservatifs" la concordance est satisfaisante.

Pour la Chèvre le manuel ne donne pas de valeurs. Lorsque l'on fait une estimation prévisionnelle il est d'usage en pareil cas d'utiliser pour les Ovins les valeurs relatives aux Bovins; hors, comme on peut le voir il y aurait un facteur 10 entre les deux animaux largement imputable à la différence de quantité ingérée. Dans le cas de la Chèvre, on ferait donc en prenant les valeurs de la littérature une erreur par sous-estimation:

$$Clait = 1036 \text{ Bq/kg} * 2 \text{ kg/j} * 1E-2 \text{ j/kg} = 21 \text{ Bq/kg}$$

Alors que la valeur mesurée est de 66 Bq/kg.

Ce type d'erreur peut être facilement évité en utilisant, comme c'est proposé ici, des facteurs globaux.

TABLEAU 12 : RADIOACTIVITE MESUREE DANS LA VIANDE DE MOUTON
Bassin du VAR. (Bq/kg frais)

CODE	NATURE	DATE	jours	LIEU	K 40	106		Cs 134	Cs 137	110m	95
						Ru 103	Ru+Rh			Ag	Zr+Nb
MOTON 1	VIANDE	5/9/86	126	PAYS NICDIS	124			15	77		
	FOIE	5/9/86	126	PAYS NICDIS	92			63	112	88	
MOTON 2	FOIE	2/10/86	153	PAYS NICDIS	85			12	35	2,9	
MOTON 3	MUSCLE	2/10/86	153	PAYS NICDIS	119			18	44		3,8
	GRAISSE	2/10/86	153	PAYS NICDIS				10	15		

V.3. La viande de mouton.

V.3.1. Valeurs brutes de mesure.

Il n'y a pas de production de viande bovine dans le bassin du Var et on y trouve peu de moutons ayant réellement grossi dans la région. En effet souvent les animaux abattus sont importés et mis aux prés pendant 2 ou 3 semaines seulement.

Après avoir pris contact avec le vétérinaire responsable de l'abattoir de Nice il a été possible d'obtenir quelques échantillons de viande. Les valeurs figurent tableau 12.

Dès le mois d'octobre la transhumance a lieu et il n'est plus possible de trouver des animaux.

On a différencié le muscle, la graisse et le foie des bêtes.

Dans le muscle et la graisse seuls 137 Cs et 134 Cs étaient détectables avec 77 et 15 Bq/kgf le 5/9/86, 44 et 18 Bq/kgf le 2/10/86

Dans la graisse les valeurs sont légèrement plus faibles.

Le foie prélevé le 5/9 provenait du même animal que la viande. Les valeurs relatives au 137 Cs et 134 Cs étaient de 112 et 63 Bq/kgf, soit sensiblement plus que dans la viande. En outre on détectait la présence d'Argent 110m avec 88 Bq/kgf. Ce fait est remarquable car cet isotope n'a plus été détecté dans l'herbe au delà du 5/6 c'est à dire trois mois avant.

Le foie du 2/10/86 provenait d'une autre bête que la viande et la graisse de la même date. On y détecte les deux isotopes du Césium, l'Argent 110m et le couple Zirconium+Niobium 95. Cela révèle un pouvoir concentrateur certain car ce couple de radionucléides de période 35 jours n'a pratiquement jamais été détecté dans l'herbe.

V.3.2. Conséquences pour la modélisation.

Le modèle utilisé est le suivant:

$$Ca = \sum_j [Cv(j) * Ra(j) * Ret * EXP - (Leff(t-j))]$$

Avec:

Ca	Concentration dans l'organe considéré à l'abattage.	(Bq/kgf)
Cv(j)	Concentration moyenne dans la nourriture au jour j	(Bq/kgs)
Ra(j)	Ration alimentaire	(kgs/j)
Ret	Coefficient de rétention pour l'organe considéré	(1/kgf)
Leff	Constante de temps relative à l'élimination effective du nucléide	(1/j)
t	Date d'abattage	(j)

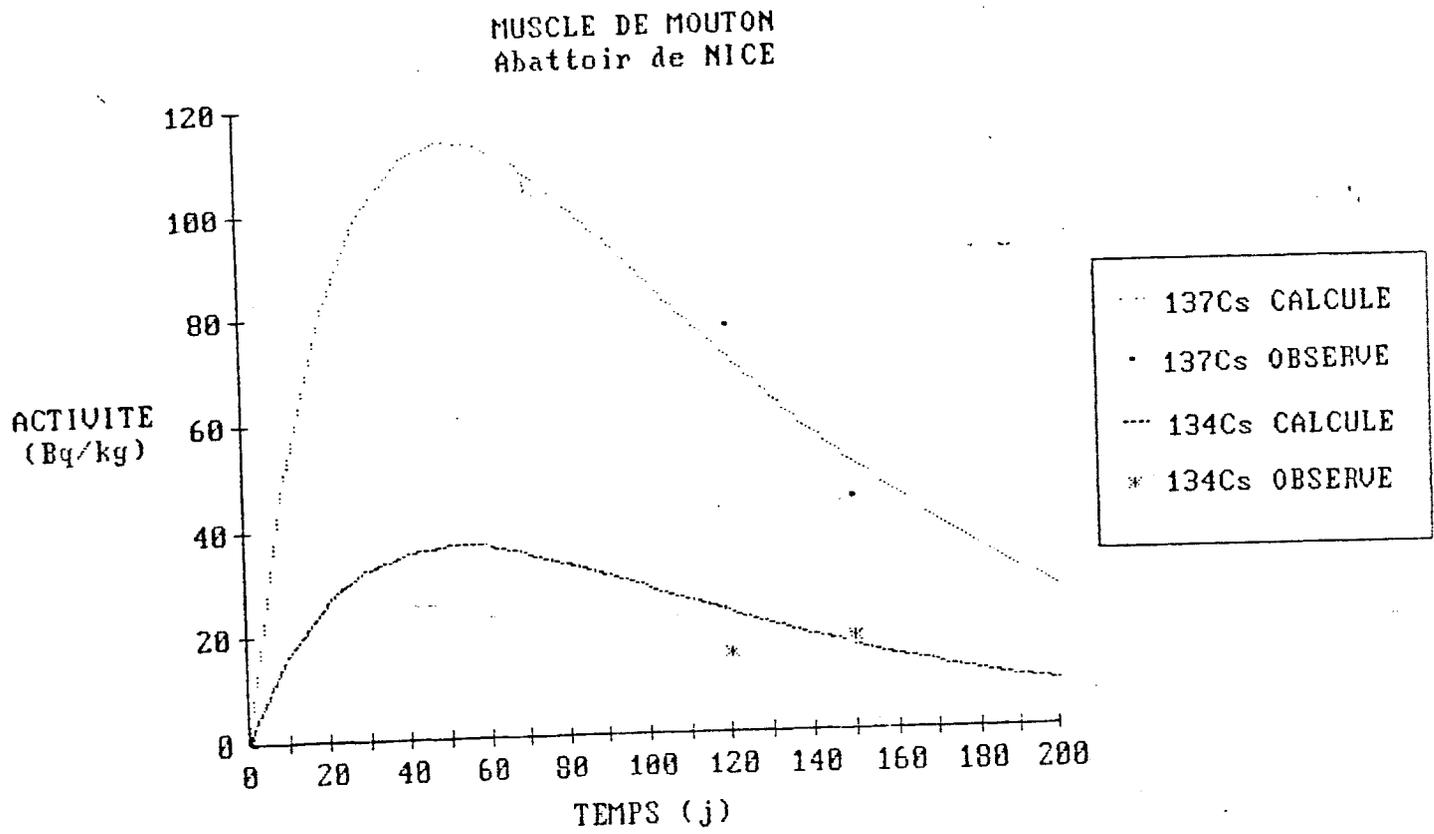


FIGURE 13 : RADIOACTIVITE OBSERVEE ET CALCULEE DANS LA VIANDE DE MOUTON

Dans ce cas le facteur de transfert à l'équilibre, est donné par la relation:

$$F_m = \text{Ret} / \text{Leff} \quad (\text{j/kgs})$$

* Calcul de la concentration dans la nourriture:

On a pris la fonction de décroissance de l'herbe définie en III.2, soit:

$$C_v(j) = D * [0,7 * \text{EXP} (-0,69*j/28)]$$

L'origine des temps $j=0$ est fixée au 2/5/86.

avec un dépôt D en Bq/m² considéré comme représentatif de la moyenne montagne. (cf Tableaux 5 & 6 SOL MOY 2, SOL MOY 5, SOL ROQ 1, SOL MOY 3, SOL ENT 1, SOL PUG 1, SOL PUG 2).

137 Cs : $D=4235$ Bq/m²

134 Cs : $D=1360$ Bq/m²

* Ajustement des paramètres Leff et Ret :

Les résultats des calculs sont montrés sous forme graphique figure 13. On s'est basé sur les isotopes du Césium dans le muscle.

Le facteur Leff a d'abord été choisi d'après la demi-vie effective du 137 Cs dans le corps humain qui figure dans le Vade-mecum du Technicien [3], soit 70 j.

Dans ce cas on a:

$$\text{Leff} = 0,69 / 70 = 0,01 \quad 1/j$$

Toutefois à l'usage il s'est avéré que cela donnait des décroissances trop faibles qui ne cadraient pas avec les mesures. Une valeur optimum a été trouvée avec:

$$\text{Leff} = 0,015 \quad 1/j$$

ce qui correspond à une demi-vie effective de 46 j, soit un peu moins que la valeur acceptée pour l'Homme. Cela semble plausible dans la mesure où le Mouton est un animal plus petit à la durée de vie plus courte donc, a priori, au métabolisme un peu plus rapide que l'homme adulte.

Ensuite le facteur Ret a été ajusté de façon que la courbe théorique passe au plus près des valeurs mesurées.

On trouve:

$$\text{Ret} = 0,001$$

Le passage du Césium 137 au Césium 134 se fait en changeant uniquement la valeur du dépôt. On constate que la courbe passe de façon satisfaisante par les points mesurés. Si cela ne constitue pas une réelle confirmation de la validité du modèle, c'est au moins une non-infirmité.

Le facteur de transfert à l'équilibre serait donc :

$$F_m = R_{et} / L_{eff} = 0,001 / 0,015$$

$$F_m = 7E-2 \text{ j/kg}$$

Le Manuel de Radioécologie donne $1,2E-1$ pour la viande d'Agneau et $2E-2$ pour celle de Boeuf. La valeur trouvée se situe dans cette fourchette.

TABLEAU 13 : RADIODACTIVITE DANS LES VEGETAUX NON CULTIVES
(Bq/kg frais)

CODE	NATURE	DATE jours	LIEU	Z	K 40	103 Ru	106 Ru+Rh	134 Cs	137 Cs	110m Ag	125 Sb	144 Ce+Pr	131 I	141 Ce	95 Zr+Nb	140 Ba+La
A MAN 1	PLATANE	1	MANDELIEU	10		2225	860	630	1197			2400	8198	1488	2500	1865
A SLA 1	PLATANE	47	ST LAURENT DU VAR	10	220	44	48	19	38							
L CAY 1	MELEZE	125	CAYOLLE	2000	75	23	52	142	291							
B AUT 1	FIGUIER	34	PLAINE VAR AUTOROU	30	279	581	479	256	534	9,3	40	51				
IA SAL 1	CHAMPIGN	153	COL DE SALEZE	2000	197			56	362	1,3						
IA CAD 1	CHAMPIGN	173	CADARACHE				2	26	58							

VI. LES VEGETAUX NON CULTIVES.

VI.1. Les champignons.

Parmi les végétaux non cultivés comestibles seuls les champignons ont été mesurés. Le premier prélèvement a été effectué au col de Salèze le 2 Octobre 1986. Il s'agissait de Bolets dédaignés des nombreux ramasseurs, et dont l'espèce n'a pas été identifiée. On y a trouvé 56 Bq/kgf de ^{134}Cs , 362 de ^{137}Cs et 1,3 Bq/kgf d'Argent 110m.

Ces teneurs peuvent être considérées comme relativement élevées si l'on songe qu'à la même époque la radioactivité des légumes cultivés se situait autour de 1 Bq/kgf. Cela tient bien sûr au fait que ces organismes, incapables de pratiquer la photosynthèse, se nourrissent de matière organique déjà synthétisée. Nous avons vu précédemment que les couches superficielles riches en M.O. étaient un lieu d'accumulation privilégié de la radioactivité.

Le second prélèvement de Champignons a été effectué fin Octobre à Cadarache devant le bâtiment 180. C'étaient des Bolets communément appelés Pissacans réputés comestibles médiocres.

Les teneurs étaient de 26 Bq/kgf en ^{134}Cs et de 58 Bq/kgf pour ^{137}Cs . De plus on a identifié le couple 106 Ru+Rh avec 2 Bq/kgf.

Si on rapporte ces valeurs aux dépôts comme cela a été fait dans les chapitres III et IV on obtient:

FACTEURS GLOBAUX DE TRANSFERT OBSERVES POUR DES BOLETS

	Jours	$^{106}\text{Ru}+\text{Rh}$	^{134}Cs	^{137}Cs	110m Ag
CHAMPIGNONS SALEZE	153		1,1E-2	3,4E-2	8,1E-3
CHAMPIGNONS CADARACHE	173	8,2E-4	2,6E-2	1,5E-2	

Ces facteurs sont au moins d'un ordre de grandeur supérieurs à ceux observés pour les légumes à la même date.

VI.2. Autres végétaux

Des feuilles de Platane, de Figuier et des terminaisons de branches de Mélèzes ont été récoltées. Les valeurs figurent Tableau 13. On remarque surtout les feuilles de Platane de Mandelieu datées du 3 Mai 1986 qui reflètent bien la composition des aérosols.

Signalons que des prélèvements de feuilles de Chêne et de Platane ont été faits sur le site de Cadarache. Ces végétaux ont été brûlés en boîte à gants avec récupération et filtration des fumées. Le but est de disposer d'éléments d'appréciation de l'impact des incendies.

TABLEAU 14: RADIOACTIVITE DANS L'EAU.
Bassin du VAR. (Bq/m3).

CODE	NATURE	DATE	LIEU	Z	K 40	Ru 103	106 Ru+Rh	Cs 134	Cs 137
U GAT 1	EAU M.E.S. CATIONS ANIONS	30/5/86	GATTIERES	60 60 60	240 5	72 30		29	58
U LMA 1	EAU M.E.S. CATIONS	7/8/86	PONT LA MANDA RG	65	7,5 131			<1,2 <13	1,9 13,1
U LMA 2	EAU M.E.S.	5/9/86	PONT LA MANDA RG	65	2,3			3,1	7,3
U ROQ 1	EAU M.E.S. CATIONS ANIONS NON POLAIR	29/5/86	ROQUESTERON	305 305 305 305	0 60	1,8 25,8 0		10 6 0	20 15 4
U CAY 1	EAU M.E.S. EAU CATION ANIONS NON POLAIR	5/6/86	LA CAYOLLE Eau de névé	2200 15	132 15	21,6 81,4		19,2 5	38,4 10 6,6 1,7

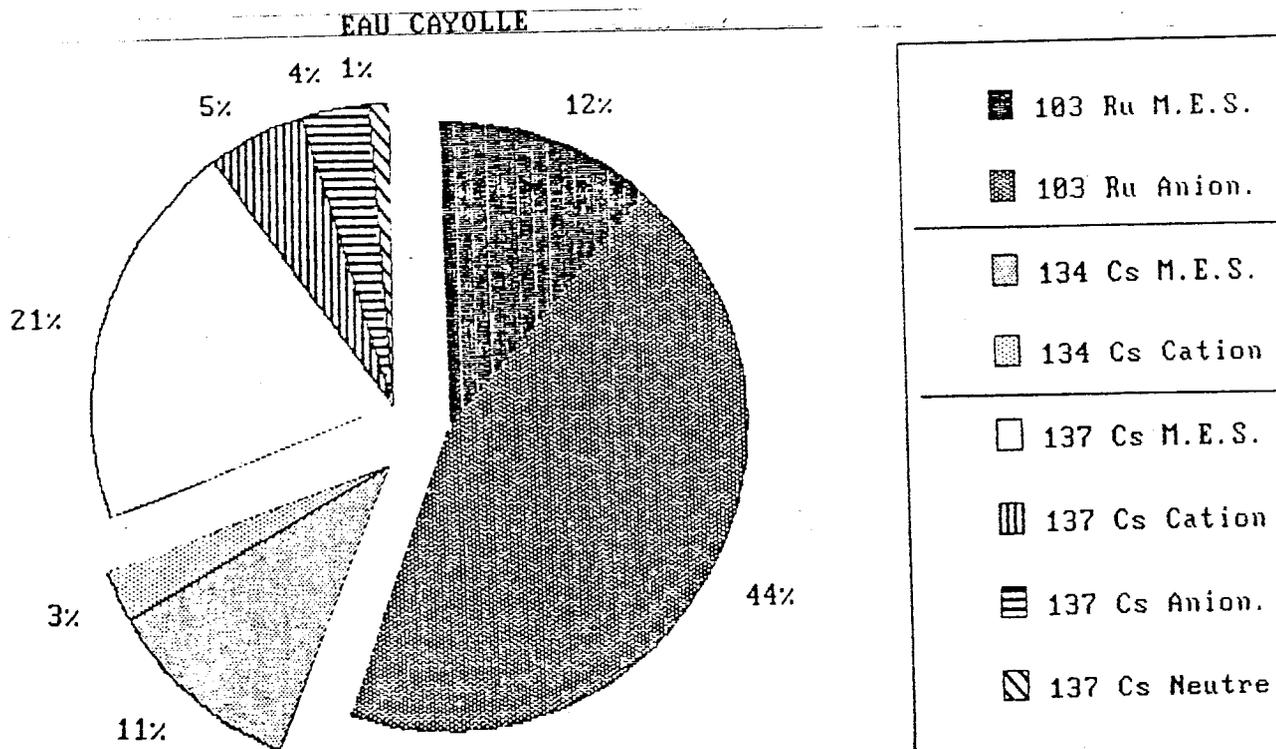


FIGURE 14 : REPARTITION DE LA RADIOACTIVITE DE L'EAU DE FONTE
D'UN NEVE

VII. L'EAU ET LES SEDIMENTS.

VII.1. L'eau.

Seules les eaux douces de surface ont été échantillonnées. En effet les premières analyses ont montré que les niveaux de radioactivité étaient très faibles.

La seule nappe souterraine d'importance est celle de la plaine du Var. Compte tenu de la faiblesse des niveaux d'activité dissoute dans l'eau du fleuve et de la capacité de rétention des terrains, prouvée par ailleurs, il a semblé que du point de vue sanitaire on disposait avec la mesure des eaux de surface d'un majorant de ce que l'on pourrait trouver dans les captages. En raison des moyens humains et matériels mis en oeuvre il fallait faire des choix. Les milieux où l'apparition de la radioactivité était improbable furent négligés.

Les résultats des mesures dans l'eau figurent tableau 14 et figure 14. La méthode utilisée est celle de la filtration suivie de concentration sur résines.

*Le Var.

Trois prélèvements ont eu lieu dans la partie terminale du fleuve le 30/5, 7/8 et 5/9/86. De façon générale les seuls radionucléides détectés sont les isotopes 134 et 137 du Césium et le Ruthénium 103, pour l'essentiel associés aux Matières En Suspension (M.E.S.). Le 30/5 il y avait 58 Bq/m³ de Cs 137 associé aux M.E.S., 29 de 134 Cs et 72 de 103 Ru. Sous forme dissoute on notait 30 Bq/m³ de 103 Ru anionique et pas de Césium. Les prélèvements ultérieurs dans cette portion ne devaient pas révéler des niveaux plus importants malgré la présence épisodique de 137 Cs sous forme dissoute.

Aux sources du Var, près du col de La Cayolle, de l'eau de fonte des neiges a été recueillie le 5/6. C'est le prélèvement qui a donné les plus forts niveaux d'activité dissoute avec 81 Bq/m³ de Ru 103 (anionique), 5 Bq/m³ de 134 Cs et 10 Bq de 137 Cs (cationique) (cf fig. 14). Ce dernier radionucléide est en outre détecté dans les résines anioniques avec 6,6 Bq/m³, ce qui est inhabituel et dans les adsorbants pour matériaux non polaires avec 1,7 Bq/m³.

On remarque en outre que la proportion entre activité dissoute et activité particulaire varie notablement selon que qu'il s'agit de Césium ou de Ruthénium:

-Pour 134 Cs la fraction dissoute représente 20 % du total pour ce radionucléide. Dans le cas de 137 Cs ce pourcentage est de 32 %.

-Pour 103 Ru 79 % de l'activité est sous forme dissoute.

Cela met en évidence une plus faible affinité du Ruthénium pour les particules sédimentaires, sans doute liée à sa nature anionique.

TABLEAU 15: RADIOACTIVITE DES SEDIMENTS.
Bassin du VAR. (Bq/kg sec)

NATURE	DATE	LIEU	Z	K40	Ru 103	106			110m	
						Ru+Rh	Cs 134	Cs 137	Ag	Sb 125
SEDIMENT	29/5/86	BATTIERES	60	540	440	380	131	260	7,5	17
3 SEDIMENT	5/9/86	PONT LA MANDA RG	65	720	52	180	99	216	4	
1 SEDIMENT	29/5/86	ROQUESTERON	305	330	92	35	53	110		
1 SEDIMENT	2/10/86	EMBOUCHURE VAR	0	450			5	11		

*L'Estéron.

Les eaux de l'Estéron ont été prélevées une fois. 103 Ru, 134 Cs et 137 Cs y ont été mis en évidence avec des niveaux de quelques dizaines de Bq/m³.

VII.2. Estimation du taux de fuite.

On peut sur la base de ces mesures se livrer à une estimation très grossière de la quantité de radioactivité qui quitte le bassin sur un an pour le seul 137 Cs.

On prendra la moyenne des trois premières mesures, soit: 26 Bq/m³. Le débit moyen du Var étant de 44 m³/s on trouve de l'ordre de 1100 Bq/s. Sur un an cela fait 3,5E10 Bq.

En supposant le dépôt moyen égal à 4235 Bq/m² sur 2820 km², le taux de fuite est égal à 2,9E-3 an⁻¹, c'est à dire que l'élimination de la radioactivité par drainage est négligeable. Pour le Ruthénium on obtient des résultats du même ordre de grandeur.

VII.3. Les sédiments.

Les résultats sont mentionnés Tableau 15. Des prélèvements de sédiments ont été effectués en même temps que les filtrations d'eau, sauf pour La Cayolle où il n'y en avait pas.

Dans le premier, provenant de Gattières le 29/5 on trouve les deux isotopes du Césium et du Ruthénium habituels, et, en plus de l'Argent 110m et de l'Antimoine 125. C'est également là que les niveaux sont les plus élevés avec 260 Bq/kgs de 137 Cs, la moitié de 134 Cs, 440 Bq/kgs de 103 Ru et 380 Bq/kgs de 106 Ru+Rh.

Les autres prélèvements de sédiments d'eau douces présentent des radioactivités plus faibles.

Le prélèvement SED MER 1 a été effectué en milieu marin de l'autre côté de la digue rive droite du Var, c'est à dire à quelques dizaines de mètres de l'embouchure.

Les niveaux de radioactivité y sont spectaculairement plus faibles qu'en milieu dulçaquicole, bien qu'il s'agisse de vases fines d'apparence analogue. En effet seuls les Césiums y sont présents à concurrence de 11 Bq/kgs de 137 Cs et de 5 Bq/kgs de 134 Cs.

Cela confirme un résultat très connu. La compétition ionique en milieu marin défavorise la fixation du Césium sur les sédiments. A cela s'ajoute sans doute un effet de dilution.

VIII. LES MESURES DU STRONTIUM 90.

Ces mesures radiochimiques font l'objet d'un chapitre séparé car elles portent sur un petit nombre d'échantillons et révèlent des niveaux de radioactivité très faibles.

*Les sols.

90 Sr a été dosé dans deux d'entre eux, SOL CAY 1 et SOL LMA 1. Les teneurs y sont respectivement de 25 et 4 Bq/kgs, ce qui correspond à des dépôts de 430 et 108 Bq/m². Dans le premier cas le rapport 134 Cs/90 Sr est égal à 26 et dans le second à 8. Les dépôts en 134 Cs, qui est le traceur de Tchernobyl, étants 13 fois plus importants à La Cayolle qu'à La Manda on en déduit d'une part que de faibles quantités de 90 Sr ont été rajoutées et d'autre part que la préexistence de 90 Sr dans l'environnement compte pour beaucoup dans les teneurs mesurées. A titre d'exemple des sols de prairies prélevés à Cattenom en 1981 donnaient 4 Bq/kgs, soit une teneur égale à celle de La Manda en Juin 1986.

*L'herbe.

Les concentrations de 90 Sr dans l'herbe varient de 12 à 53 Bq/kgs, soit de 15 à 70 fois moins que celles de 134 Cs.

*Les produits laitiers.

On a trouvé dans le lait de 0,1 à 0,2 Bq/litre, soit des teneurs à peine supérieures à celles du "bruit de fond", qui se trouvait être à Cattenom de 0,05 Bq/litre.

Il apparaît donc que les dépôts du mois de Mai 1986 contenaient des quantités de Strontium 90 trop faibles pour justifier de coûteuses analyses dont il aurait été pratiquement impossible de tirer des enseignements radioécologiques. La même chose peut être dite des émetteurs Alpha. En effet la faiblesse de la radioactivité Alpha totale, même dans les échantillons les plus marqués en émetteurs Gamma justifiait l'abandon d'une recherche plus poussée.

CONCENTRATIONS OBSERVEES EN STRONTIUM 90
DANS LE BASSIN DU VAR

CODE	NATURE	DATE	UNITE	CONCENTRATIONS
SOL CAY 1	SOL	5/6/86	Bq/kgs	25
SOL LMA 1	SOL	"	"	4
HER EST 1	HERBE	"	"	12
FOI LMA 1	FOIN	"	"	53
HER ROQ 1	HERBE	30/5/86	"	34
HER LCO 1	"	5/6/86	"	13
HER STA 1	"	30/5/86	"	24
LAI SOL 1	LAIT	6/8/86	Bq/litre	0,2
LAI SOL 2	"	5/9/86	"	0,1
FRO MAL 1	FROMAGE	5/6/86	Bq/kgf	0,1
PDT CLH 1	POMME TERRE	5/6/86	Bq/kgf	0,04

IX. CONCLUSION.

Ce chapitre est séparé en deux parties. La première retrace dans les grandes lignes le devenir des dépôts, la seconde, après un bref rappel des enseignements tirés de l'étude fait apparaître certaines lacunes des outils dont nous disposons et suggère quelques orientations des thèmes de recherche.

IX. 1. Devenir des dépôts.

Ce qui est écrit ici traite évidemment des radionucléides déposés à la suite de l'accident de Tchernobyl, c'est à dire les produits de fission émetteurs Gamma. On distinguera les ceux dont la période est courte (moins d'une dizaine de jours) et ceux à vie moyenne (moins de 30 ans, cas du ^{137}Cs).

* Radionucléides à vie courte:

L'ingestion de ces éléments provient de la contamination directe de l'eau, des végétaux et des animaux qui les consomment. Une fois les niveaux initiaux déterminés on peut considérer que la période effective de ces polluants est égale à la période radioactive physique. C'est une hypothèse majorante.

* Radionucléides à vie moyenne:

Le présent rapport donne des estimations des périodes effectives des produits sur les végétaux contaminés par dépôt direct, qui ne peuvent qu'être inférieures à durée de la vie des plantes elles-mêmes.

On retiendra les nombres suivants:
De l'ordre de 5 j pour les légumes feuilles, 20 j pour les autres légumes, 25 à 30 j pour l'herbe, 40 pour les fruits.

Les produits animaux en gros semblent décroître en fonction de l'alimentation, mais des retards ou des remontées d'activité sont possibles à cause des fourrages. En outre leur contribution pondérale à la ration alimentaire est importante.

Les lieux privilégiés d'accumulation de la radioactivité sont les sols; lorsque un horizon superficiel riche en matière organique existe, comme un mat de prairie ou une couche d'humus en forêt, c'est même là que s'arrête l'essentiel des produits.

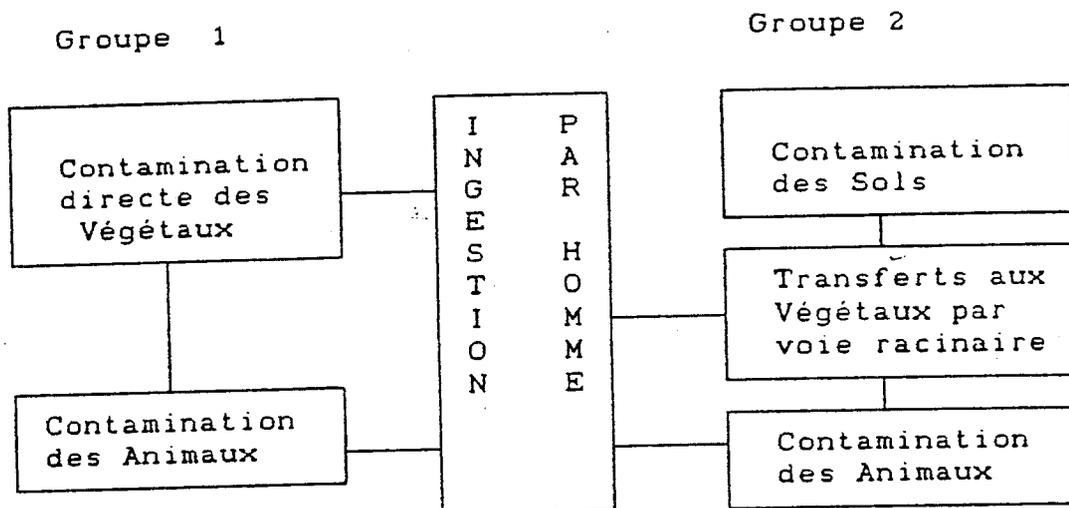
Le labourage a pour effet de faire pénétrer les radionucléides dans le sol en les diluant, ce qui peut être dans certains cas une contre-mesure vis à vis de l'irradiation externe, mais en général la migration naturelle est très lente (vitesses inférieures à 1 cm/mois) et on ne peut la considérer comme une perte. Il est donc raisonnable, là encore, de prendre la période physique comme base de la diminution de la radioactivité dans les sols.

Corrélativement, le drainage par les cours d'eaux est très faible, encore que le cas des orages à fort pouvoir d'érosion soit à étudier.

Les feux de forêt, par contre, semblent avoir la capacité de renvoyer dans l'atmosphère des quantités substantielles de radioactivité déposée. En cas de pollution massive d'une forêt il faudrait prévenir les incendies avec vigilance et éviter toute activité génératrice de poussière. Si la période des radionucléides n'excède pas quelques dizaines d'années l'interdiction d'accès pure et simple pourrait être la contre-mesure la plus efficace.

IX.2. Enseignements et suggestions.

Il y a deux schémas d'atteinte de l'homme par ingestion de radionucléides que l'on classera en groupe 1 et groupe 2.



A la suite d'un dépôt les concentrations que l'on peut attendre dans les produits consommés sont de plusieurs ordres de grandeur supérieures dans le groupe 1 que dans le groupe 2 et les normes internationales sont basées sur des concentrations.

Or, si l'on se réfère à la littérature Radioécologique on trouve des masses de publications sur le comportement des radionucléides dans les sols et les facteurs de transfert racinaires, beaucoup moins sur la contamination directe par les aérosols, et très peu sur les facteurs de transfert aux animaux.

Sur ce dernier point on voit se perpétuer d'étude en étude les mêmes facteurs souvent déduits du comportement d'homologues chimiques stables des radionucléides. Les formulations mêmes peuvent être sources d'erreurs. De plus les valeurs disponibles sont toujours établies pour des conditions de régime permanent et ne permettent pas de calculer des dynamiques.

On a donc :

Concentrations dans
groupe 1

>>

Concentrations dans
groupe 2

Etudes sur transferts
groupe 1

<<

Etudes sur transferts
groupe 2

La conclusion est qu'il paraît nécessaire d'engager un programme de recherches sur les transferts aux animaux, car c'est sur ce point que nous sommes le moins bien armés pour répondre aux problèmes posés par les conséquences d'un dépôt accidentel.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Recensement Général de l'Agriculture 1979-1980. Premiers résultats. Alpes-Maritimes. Ministère de l'Agriculture.
- [2] Manuel de Radioécologie CEA-EDF. Edition 1984.
- [3] Vade Mecum du technicien; Raymond Pannetier; Edition 1965.