

IRSN

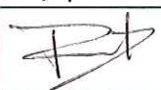

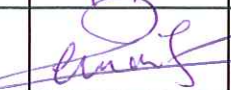
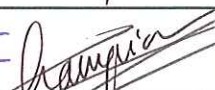

INSTITUT
DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

Sensibilité des zones de prairies permanentes

Rapport préliminaire

Laurent Pourcelot

DIRECTION DE L'ENVIRONNEMENT ET DE L'INTERVENTION
Service d'Etude et de SURveillance de la Radioactivité dans l'Environnement

Demandeur					
Référence de la demande					
Numéro de la fiche programme					
<h3>Sensibilité des zones de prairies permanentes</h3> <h4>Rapport préliminaire</h4> <p>Rapport DEI/SESURE n° 2006-28</p>					
	Réservé à l'unité		Visas pour diffusion		
	Auteur(s)	Vérificateur*	Chef du SESURE	Directeur de la DEI	Directeur Général de l'IRSN
Noms	L. POURCELOT	P. RENAUD	N. LEMAITRE	D. CHAMPION	J. REPUSSARD
Dates	19/6/2006	20/06/06	27/09/06	16/10/06	
Signatures					

* rapport sous assurance de la qualité

HISTORIQUE DES MODIFICATIONS

Version	Date	Auteur	Pages ou paragraphes modifiés	Description ou commentaires
0	1/6/2006	Pourcelot		création
	1/6/2006	Pourcelot		corrections C. Mercat
	18/6/2006	Pourcelot		corrections Ph. Renaud
	25/8/2006	Pourcelot		corrections N. Lemaitre
	20/10/2006	Pourcelot		corrections D. Champion

LISTE DE DIFFUSION

Nom	Organisme
J. REPUSSARD	IRSN/DIR
M. BRIERE	IRSN/DIR
M. BOUVET	IRSN/DSDRE
J. LEWI	IRSN/DESTQ
MP BIGOT	IRSN/COM
F. SOULET	DESTQ/DISCT/CRIS
D. CHAMPION	DEI/DIR
D. BOUCLAUD	DEI/DIR
B. DUFER	DEI/DIR
JM PERES	DEI/SARG
JC GARIEL	DEI/SECRE
P. DUBIAU	DEI/SESUC
JP MAIGNE	DEI/SIAR
MC ROBE	DEI/STEME
P. BOUISSET	DEI/SESURE/LESE
P. CUENDET	DEI/SESURE/LVRE
P. RENAUD	DEI/SESURE/LERCM
P-M BADOT	LBE Université de Franche-Comté

RESUME

L'objectif du travail proposé dans le cadre du projet SENSIB sur les zones de prairies permanentes est de comparer la sensibilité de ces surfaces et des filières fromagères qui leur sont associées, et d'identifier les processus qui déterminent cette sensibilité.

La réalisation de cet objectif s'appuiera sur certaines données d'activités acquises récemment par l'IRSN (compartiments : sols, herbe, lait et fromage), ainsi que sur de nouvelles mesures, sur trois sites : Saint-Laurent-de-Céris (Ouest), Beaune-le Froid (Centre) et Massif du Jura (Est). Deux échelles d'observation des transferts et de la sensibilité sont retenues. Dans un premier temps, la sensibilité des zones de prairie sera étudiée à l'échelle régionale, à partir des données acquises dans le massif du Jura (entre 300 et 1200 m d'altitude). Dans un deuxième temps, une étude permettra de comparer la sensibilité des trois zones retenues (Ouest, Centre, Est) à l'échelle nationale.

L'expertise sera focalisée sur les facteurs de sensibilité du transfert sol-herbe et les facteurs de sensibilité liés aux filières fromagères. Les données des zones d'étude déjà disponibles font apparaître de fortes variabilités des taux de transfert du ^{137}Cs aux interfaces sol/herbe et herbe/lait, laissant à supposer que la nature des sols, la quantité et la qualité des aliments ingérés par les bétails constituent des facteurs de sensibilité prépondérants. Par ailleurs, la taille du bassin de collecte du lait, extrêmement variable d'un site d'étude à l'autre, doit influencer la contamination des fromages et, à ce titre, il constitue un facteur de sensibilité important des filières fromagères.

MOTS-CLES

Sensibilité, prairie, transfert, ^{137}Cs , ^{90}Sr

SOMMAIRE

1 INTRODUCTION	7
2 OBJECTIFS DE L'ETUDE DE LA SENSIBILITE DES ZONES DE PRAIRIES PERMANENTES	7
3 CADRE DE L'ETUDE DE LA SENSIBILITE DES ZONES DE PRAIRIES PERMANENTES	8
4 DONNEES DISPONIBLES	9
4.1 BILAN DES DONNEES DISPONIBLES	9
4.2 COMPARAISON DES TAUX DE TRANSFERT DE ¹³⁷ CS	10
5 STRATEGIE D'ACQUISITION DES DONNEES	12
5.1 ETUDE REGIONALISEE	12
5.2 ETUDE COMPARATIVE	13
6 METHODOLOGIE D'ETUDE DE LA SENSIBILITE DES ZONES DE PRAIRIES PERMANENTES	14
6.1 FACTEURS DE SENSIBILITE DU TRANSFERT SOL-HERBE DE PRAIRIES PERMANENTES	14
6.2 FACTEURS DE SENSIBILITE LIES AUX FILIERES FROMAGERES	15
7 CONCLUSION	16
REFERENCES	17

1 INTRODUCTION

En première approximation, il est souvent considéré que les conséquences d'une pollution dans l'environnement sont directement proportionnelles aux quantités déposées. En particulier, dans le cas des zones de prairies permanentes, on fait classiquement l'hypothèse que les transferts entre le sol et l'herbe, puis dans le lait et dans les fromages sont constants. Cependant, une évaluation précise de l'impact des polluants nécessite la prise en compte de la spécificité des transferts dans ces compartiments, liée aux caractéristiques régionales d'un territoire, incluant : le type de sol, les espèces herbacées, les pratiques agricoles ainsi que les filières fromagères.

Ce travail s'inscrit dans le cadre du projet Sensibilité Radioécologique (SENSIB) de l'IRSN dont l'un des objectifs est d'évaluer dans quelle mesure les conséquences des dépôts de polluants radioactifs peuvent être accentuées ou diminuées en certaines zones du territoire (Mercat-Rommens et Renaud, 2003). Dans le cas des zones de prairies permanentes, les transferts des polluants radioactifs dans l'herbe, le lait et les fromages peuvent être accentués en certaines zones pour des raisons naturelles ou à cause des pratiques agricoles ou encore à cause des procédés de fabrication des fromages. Le taux d'argile des sols, par exemple, explique en partie la biodisponibilité du radiocésium et par voie de conséquence son transfert à ces produits de la chaîne alimentaire. C'est pour étudier tous ces effets que le LERCM débute une thèse de Doctorat, en collaboration avec le Laboratoire de Biologie de l'Environnement (Université de Franche-Comté). Le présent rapport fait état des réflexions engagées sur le thème de la sensibilité des zones de prairie : objectifs, cadre et méthodologie de cette étude. Enfin, on illustrera la sensibilité des zones de prairie à l'aide de quelques données déjà disponibles.

2 OBJECTIFS DE L'ETUDE DE LA SENSIBILITE DES ZONES DE PRAIRIES PERMANENTES

L'objectif de ce travail de thèse est de comparer la sensibilité de zones de prairies permanentes ainsi que celle des filières laitières associées, aux différentes étapes des chaînes de transfert et de production, et d'identifier les processus qui déterminent cette sensibilité. Au terme de ce travail, il s'agit de hiérarchiser les processus déterminants pour définir si la sensibilité des zones de prairie est davantage le fait de certaines caractéristiques naturelles des terroirs (liées à la présence de certaines espèces végétales, aux facteurs pédologiques, minéralogiques, morphologiques, climatiques etc.) ou des pratiques zootechniques ou des procédés de fabrication des fromages d'AOC, selon que l'on s'intéresse au ^{137}Cs ou au ^{90}Sr . En l'état actuel des connaissances, la variabilité des taux de transfert sol-herbe et herbe-lait est sans doute à l'origine d'activités en ^{137}Cs du lait, paradoxalement plus élevées à Beaune le Froid (de l'ordre de $0,3 \text{ Bq.l}^{-1}$) que sur les plateaux du Jura ($0,09 \text{ Bq.l}^{-1}$ en moyenne),

où la contamination des sols est pourtant supérieure (50-100 Bq.kg⁻¹, contre 30-40 Bq.kg⁻¹ à Beaune-le-Froid). Pour autant, la prépondérance d'un processus de transfert expliquant les variations d'activité du lait n'est pas démontrée à ce jour.

Cette étude permet d'appréhender (observer, comprendre, puis modéliser) ces mécanismes naturels ou issus de l'action de l'homme et, ainsi, de mieux anticiper leurs effets, voire de les corriger. C'est le propos du projet « SENSIB », dans lequel s'intègre ce travail de thèse, qui vise à établir une classification et une hiérarchisation des facteurs d'influence à l'échelle territoriale ou locale et de proposer un outil d'aide à l'évaluation (Mercat-Rommens et Renaud, 2003).

3 CADRE DE L'ETUDE DE LA SENSIBILITE DES ZONES DE PRAIRIE PERMANENTE

Les dépôts radioactifs consécutifs des tirs atmosphériques d'armes nucléaires (années 50-60) et les retombées de l'accident de Tchernobyl (mai 1986) varient fortement selon les régions, comme le suggèrent les travaux menés par l'IRSN (Renaud et al., 2003 ; Renaud et al., 2004) et l'Université de Franche-Comté (Badot et al., 2005) (Figure 1). Ainsi, si l'on considère les données provenant de trois zones d'étude distinctes, on remarque que les sols témoignent d'un marquage spécifique par les dépôts radioactifs :

- les activités en ⁹⁰Sr et ¹³⁷Cs acquises dans l'ouest de la France par le SCPRI, puis l'OPRI entre 1961 et 2000 (Station de mesure de Saint Laurent-de-Céris, Charente) expriment la prépondérance des dépôts liés aux essais d'armes nucléaires (environ 10 Bq kg⁻¹ en ¹³⁷Cs dans les sols, à l'heure actuelle),
- les observations menées par l'IRSN depuis 1993, dans le cadre de l'Observatoire Permanent de la Radioactivité (OPERA) (station de prélèvements de Beaune-le-Froid, Puy-de-Dôme), montrent des contributions équivalentes des deux sources de retombées atmosphériques dans la contaminations des sols : 30-40 Bq kg⁻¹, à l'heure actuelle),
- en Franche-comté, la contamination des sols est très variable. En effet, les recherches menées par Laboratoire de Biologie de l'Environnement de l'Université de Franche-Comté, mettent en évidence une gamme plus large d'activités en ¹³⁷Cs des sols (50-100 Bq kg⁻¹ dans les sols), globalement plus fortes en altitude, en fonction de l'étagement des plateaux du massif jurassien.

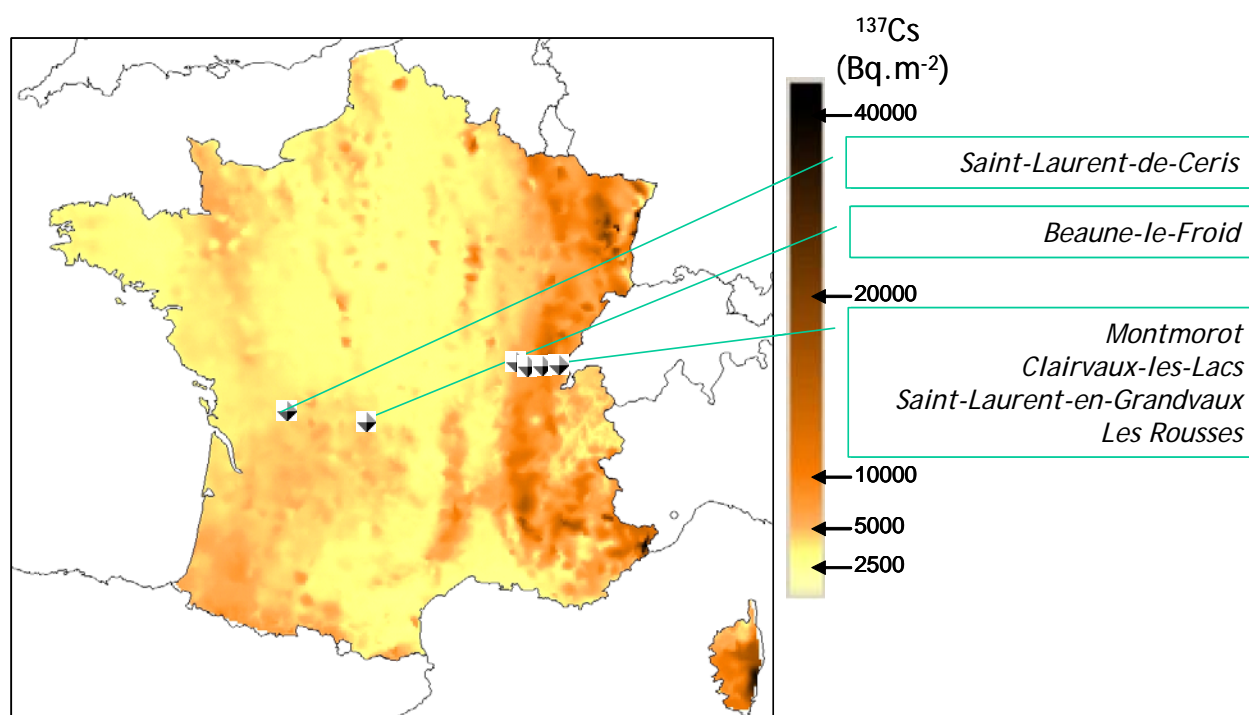


Figure 1 : Répartition des sites d'études de la sensibilité des prairies permanentes, en fonction du cumul théorique des dépôts des tirs d'armes nucléaires et des retombées de Tchernobyl

Ainsi, la contribution des deux principales sources de radioactivité artificielle, accessible par les modèles empiriques de dépôts, est très variable à l'échelle de la France. Cette variabilité, provenant essentiellement des dépôts initiaux est probablement encore accentuée à l'échelle locale dans l'herbe de prairie, le lait et les productions fromagères, par la variabilité des milieux étudiés (altitude, types de sols et de végétation), des pratiques zootechniques et des productions fromagères qui diffèrent d'un terroir à l'autre.

4 DONNEES DISPONIBLES

4.1 BILAN DES DONNEES DISPONIBLES

Pour la station de prélèvements de Beaune-le-Froid, on dispose d'ores et déjà d'un nombre significatif de résultats de mesures de sol, d'herbe, de lait et de fromage réalisées par l'IRSN depuis 1991 (Tableau 1). Pour la station de prélèvements de Saint-Laurent-de-Céris, si le nombre de mesures réalisées par le SCPRI et l'OPRI a été important depuis la création de la station (début des années 60), le nombre de mesures significatives et réalisées simultanément dans les compartiments étudiés est relativement faible (une dizaine de mesures ^{90}Sr et ^{137}Cs).

	sols	herbe	lait	fromage
Saint-Laurent-de-Céris (1980-1987)	⁹⁰ Sr : 10 ¹³⁷ Cs : 10	⁹⁰ Sr : 10 ¹³⁷ Cs : 15	⁹⁰ Sr : 34 ¹³⁷ Cs : 13	-
Beaune-le-Froid (1991-2006)	⁹⁰ Sr : - ¹³⁷ Cs : 46	⁹⁰ Sr : - ¹³⁷ Cs : 30	⁹⁰ Sr : 10 ¹³⁷ Cs : 80	⁹⁰ Sr : 2 ¹³⁷ Cs : 30

Tableau 1 : Nombre de mesures de ⁹⁰Sr et ¹³⁷Cs disponibles pour chaque matrice, pour les sites de Beaune-le-Froid et de Saint-Laurent-de-Céris

De plus, les données provenant de la station de Saint-Laurent-de-Céris sont relativement anciennes (plus de 20 ans) et doivent être réactualisées, pour être comparées aux données de Beaune-le-Froid. Quelques prélèvements ont été effectués en 2005 dans le massif jurassien, en fonction de l'étagement des prairies (Tableau 2). Mais, le nombre de données en ¹³⁷Cs est encore très insuffisant pour permettre une évaluation fiable des transferts, puis de la sensibilité à l'échelle régionale. Ce jeu de données sera complété par des prélèvements réalisés aux mêmes stations et également par des mesures de l'activité en ⁹⁰Sr.

Stations	altitude (m)	sols	herbe	lait	Fromage (Comté)
Montmorot	280	24±1	0,9±0,4	<ld	
Boissia	480	103±3	3,8±0,7	0,01±0,005 0,13±0,01	0,05±0,01
Saint-Laurent-en-Grandvaux	780	50±2	0,3±0,1	0,04±0,01	
Les Rousses	1120	48±3	5,3±0,6	0,05±0,01	

Tableau 2 : Activités en ¹³⁷Cs de chaque matrice, dans le cadre de l'étude de la sensibilité des zones de prairies permanentes du massif jurassien (en Bq.kg⁻¹ sec et Bq.l⁻¹ pour le lait)

4.2 COMPARAISON DES TAUX DE TRANSFERT DE ¹³⁷Cs

En dépit de la mauvaise représentativité statistique (données du Jura) ou de données « anciennes » (Saint-Laurent-de-Céris), les données disponibles à l'heure actuelle permettent de rendre compte de la variabilité des activités de ¹³⁷Cs dans les compartiments des sites étudiés et contribueront à l'étude comparative de la sensibilité des zones de prairies permanentes, qui sera menée dans le cadre du travail de thèse.

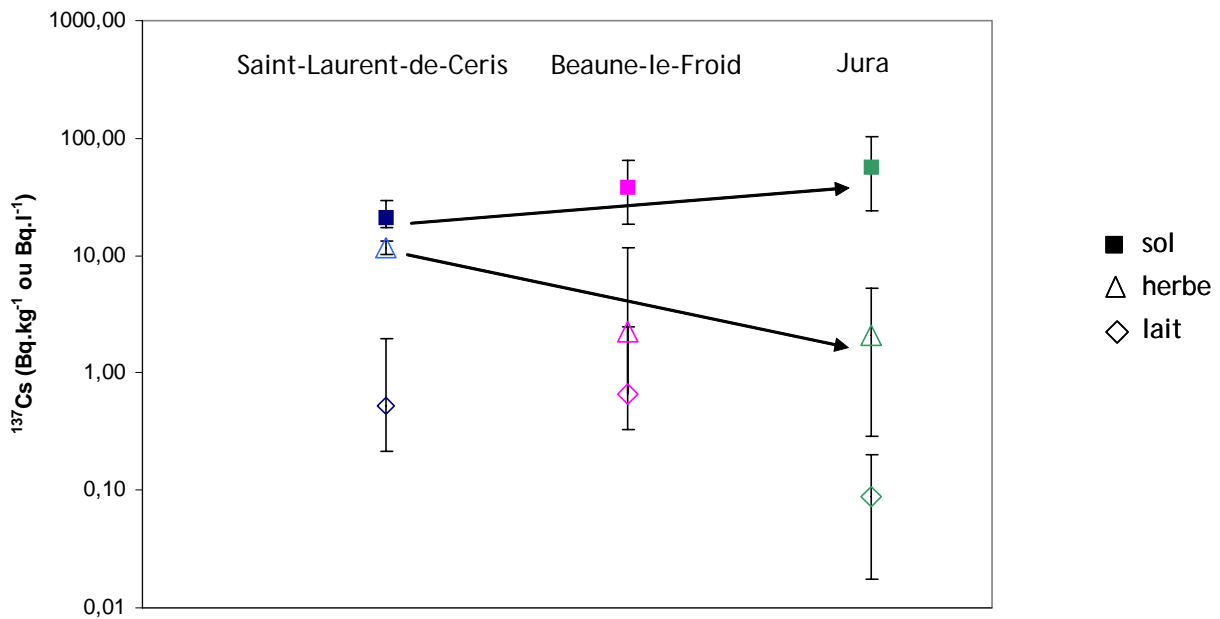


Figure 2 : Variabilité des activités de ¹³⁷Cs dans le sol, l'herbe et le lait des stations de Saint-Laurent-de-Ceris, Beaune-le-Froid et du Jura

Bien que les sols témoignent d'un accroissement de l'activité en ¹³⁷Cs d'ouest en est, on observe dans l'herbe une diminution de l'activité le long de ce profil. En effet, les plus fortes activités de l'herbe sont mesurées à Saint-Laurent-de-Ceris (12 Bq.kg⁻¹). Les activités de l'herbe prélevée à Beaune-le-Froid et dans le Jura sont plus faibles (0,1 à quelques Bq.kg⁻¹), en dépit d'activités plus fortes dans les sols du Jura (20-100 Bq.kg⁻¹). Ceci pourrait expliquer sans doute l'activité très faible du lait échantillonné dans le Jura (0,02-0,2 Bq.l⁻¹), par rapport à l'activité du lait prélevé à Beaune-le-Froid (0,6 Bq.l⁻¹, en moyenne).

Les activités mesurées dans l'herbe et le lait peuvent également être exprimées en fonction des activités mesurées dans le sol et l'herbe (Figure 3). Ce type de représentation permet de comparer le taux de transfert du ¹³⁷Cs d'un compartiment à l'autre, dans les différents sites étudiés. Ainsi, si deux points qui diffèrent par les niveaux d'activité sont situés à proximité de la même droite de corrélation, alors les taux de transfert du ¹³⁷Cs sont comparables. Par exemple, la majorité des données de la station de Beaune-le-Froid est située entre les droites 1:1 et 1:10, ce qui signifie que le rapport herbe/sol est compris entre 1 et 0,1. L'herbe des prairies du Jura témoigne de taux de transfert plus faibles, compris entre 0,1 et 0,01. Les données du second graphique montrent que le rapport lait/herbe est plus faible dans le lait prélevé dans le massif du Jura (0,01 à 0,1 Bq.l⁻¹ par Bq.kg⁻¹) par rapport au lait de Beaune-le-Froid (0,1 à 1 Bq.l⁻¹ par Bq.kg⁻¹). Ces comparaisons expriment clairement la nécessité du concept de sensibilité pour interpréter la variabilité. En effet, la nature des sols et des espèces herbacées constitue sans doute un facteur de sensibilité qui explique les écarts observés entre la station de Beaune-le-Froid et les stations du Jura. De la même

façon, la quantité et la qualité de l'herbe (par exemple : teneur en K, éléments compétiteur du radiocésium) ingérée par les vaches pourraient expliquer les différences d'activité du lait.

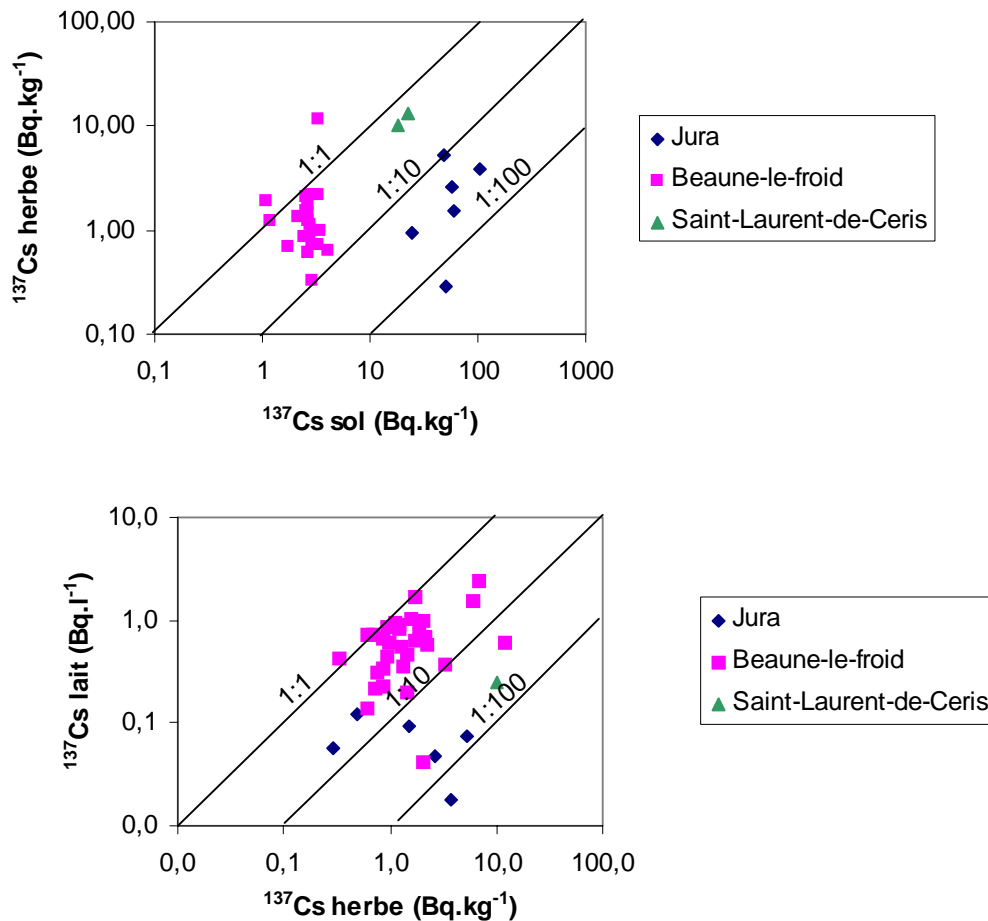


Figure 3 : Etude comparative des taux de transfert du ^{137}Cs dans l'herbe et le lait - les données du Jura (Tableau 2) sont complétées par d'autres données disponibles sur cette zone

5 STRATEGIE D'ACQUISITION DES DONNEES

L'évaluation de la sensibilité est proposée à deux échelles d'observation : une échelle régionalisée (zone d'étude du Jura) et une échelle plus large, qui compare trois zones d'étude (Ouest, Centre et Est).

5.1 ETUDE REGIONALISEE

Les données issues de l'étude régionalisée (zone d'étude du Jura), acquises en fonction de l'étagement naturel des zones de prairies (entre 300 et 1200 m d'altitude) doivent permettre d'évaluer la sensibilité des zones de prairies du Jura, à l'échelle de cette région, en intégrant les variabilités écologiques liées à l'étagement et les facteurs de sensibilité des prairies associés.

Dans le cadre de l'étude régionalisée, quatre zones d'études de la sensibilité seront retenues,

en fonction de l'altitude (plaine, premier plateau, second plateau, Monts du Jura) (Tableau 3). Pour chaque zone, le fromage (AOC Comté) sera échantillonné en fromagerie (coopérative villageoise de fabrication du Comté). En tenant compte de la traçabilité de ce produit (origine du lait, délais d'affinage), le lait, l'herbe et le sol seront échantillonnés au préalable dans les exploitations.

5.2 ETUDE COMPARATIVE

Des prélèvements seront réalisés sur les sites d'études de Saint Laurent-de-Céris et de Beaune-le-Froid (zones Ouest et Centre), afin de disposer de données qui permettent la comparaison des transferts entre les trois zones d'étude. La stratégie d'acquisition des données sera analogue à celle de l'étude régionalisée de la sensibilité : elle tiendra compte de la traçabilité du fromage (origine du lait, délais d'affinage).

		Zones d'étude	Fromage	Lait, herbe, sol	Nombre total d'échantillons
ETUDE COMPARATIVE DE LA SENSIBILITE	ETUDE REGIONALISEE DE LA SENSIBILITE	Plateaux et Monts du Jura (n=4)	1 fromagerie/plateau	3 fermes/plateau	12 sols, 12 herbes, 12 laits
		Saint-Laurent-de-Céris	1 site de fabrication	3 fermes (=3 communes)	3 sols, 3 herbes, 3 laits
		Beaune-le-Froid	1 cave d'affinage	3 fermes (=3 communes)	3 sols, 3 herbes, 3 laits

Tableau 3 : Stratégie d'acquisition des données pour l'étude régionalisée et pour l'étude comparative de la sensibilité des zones de prairies permanentes

Outre les données radiologiques, les paramètres minéralogiques et géochimiques utilisés dans les modèles radioécologiques de transfert seront renseignés (% argile, % matière organique, teneurs en cations échangeables, teneur en ammonium, etc.).

Les populations herbacées seront identifiées dans l'objectif d'expliquer leur contribution potentielle à la variabilité des transferts sol/herbe.

6 METHODOLOGIE D'ETUDE DE LA SENSIBILITE DES ZONES DE PRAIRIE PERMANENTES

Les données acquises dans le cadre de l'étude régionale et de l'étude comparative doivent permettre dans un premier temps d'évaluer et de comparer les transferts. Il s'agit de mettre en évidence les compartiments où les transferts sont accentués ou au contraire diminués selon les zones étudiées. Les données issues des observations de terrain seront également comparées aux données des modèles de transferts sol/herbe, ainsi qu'à celles des modèles radioécologiques de transfert herbe-lait et lait-fromage.

Dans un second temps, le travail de thèse s'attachera à identifier et expliciter les principaux facteurs de sensibilité qui déterminent la variabilité des transferts aux interfaces étudiées. Il devra comprendre et quantifier ce qui a pu modifier les caractéristiques des dépôts initiaux obtenus par comparaison d'une part de l'inventaire réalisé dans les sols, d'autre part des dépôts calculés par les modèles empiriques, en fonction du type de sol (rémanence des radioéléments).

6.1 FACTEURS DE SENSIBILITE DU TRANSFERT SOL-HERBE DE PRAIRIES PERMANENTES

Aux deux échelles d'observation retenues, le travail de thèse s'appuiera sur l'analyse et la valorisation de jeux de données (acquis et à acquérir) nécessaires à comparer et à expliquer les taux de rémanence des radioéléments dans les sols et l'intensité des transferts sol/herbe opérant sur les zones étudiées (biodisponibilité des radionucléides artificiels et transferts spécifiques aux herbages).

En premier lieu, la confrontation des données de terrain avec le modèle dérivé des recherches expérimentales des transferts sol-herbe d'Absalom et al. (1999), ou de travaux comparables (Sanchez et al., 1999 ; Smolders et al., 1997), peut donner des indications pour adapter ces modèles à la variabilité des sols de la présente étude.

Par la suite, il s'agit de dégager et de hiérarchiser les facteurs de sensibilité prépondérants du transfert sol-herbe. Au terme de cette étude, il peut apparaître, par exemple, que la sensibilité du transfert sol-herbe de prairie dépend essentiellement de la minéralogie de la fraction fine du sol et que les amendements jouent un rôle mineur.

On se propose d'utiliser le modèle agronomique STICS, modèle de croissance des cultures à pas de temps journalier (*Brisson et al., 2002*), dans le but d'évaluer les rendements des différentes prairies en fonction des saisons, les dates de « mise à l'herbe » et de rentrée en stabulation, en fonction du type de sol, des fertilisants azotés, etc. Cette approche de la sensibilité fera éventuellement apparaître un effet de la régionalisation des pratiques culturales sur le transfert racinaire à l'herbe.

6.2 FACTEURS DE SENSIBILITE LIES AUX FILIERES FROMAGERES

Ce projet de thèse évaluera également la sensibilité radioécologique des filières de productions fromagères par la comparaison des transferts herbe/lait et lait/fromage des différentes zones d'étude. Il s'agit de dégager et de hiérarchiser les facteurs de sensibilité prépondérants du transfert herbe-lait et lait-fromage dont des exemples sont donnés dans le tableau 4.

Ainsi, deux filières fromagères sont représentées. La première est la filière AOC montagnarde (Comté et Saint-Nectaire). L'application du label AOC obéit à des cahiers des charges très précis (http://www.comte.com/nouvelles_comte/decret_aoc_comte_1998.pdf et <http://www.fromage-aoc-st-nectaire.fr/fr/htm/aoc/decret.pdf>). Dans le cas du Comté, les sites de production sont très nombreux et les réseaux de collecte restreints à quelques fermes (la distance entre la ferme et la fromagerie ne peut excéder 25 km, selon le cahier des charges). Dans certains cas, le Saint-Nectaire est produit dans les fermes, comme c'est le cas à Beaune-le-Froid (Saint-Nectaire « fermier »).

Dans ces deux zones de production, le pâturage est la règle de mars à novembre (le cahier des charges impose 1 ha/vache, au minimum). En hiver, les troupeaux sont nourris exclusivement de foin provenant de l'exploitation. La seconde filière fromagère est industrielle (production de Brie) et possède un réseau de collecte du lait à l'échelle d'une région entière (Poitou-Charentes). Dans cette zone de production, la stabulation permet d'optimiser la productivité laitière. Les troupeaux sont nourris toute l'année d'ensilage de maïs (produit de l'exploitation) et, dans une moindre mesure, de tourteau de soja (importé). L'herbe de la prairie n'est consommée qu'en été (au maximum 30% de la consommation, à cette époque de l'année).

	Alimentation troupeaux été	Alimentation troupeaux hiver	Taille de la zone de production fromagère
Auvergne	pâturage	foin	1 exploitation
Jura	pâturage	foin	1 canton
Charente	ensilage +pâturage	ensilage	1 région

Tableau 4 : Exemple de facteurs de sensibilité du transfert au lait et aux fromages de prairie (cadre de l'étude comparative)

Deux types de facteurs de sensibilité découlent de ces réflexions préliminaires. Le premier type de facteur est lié à l'alimentation du bétail. En la matière, il s'agit d'évaluer quelles

sont les pratiques susceptibles d'augmenter ou de diminuer l'activité du lait. L'ensilage de maïs, par exemple, constitue-t-il un apport significativement plus ou moins important de contaminants par rapport à l'herbe de pâture ?

Le second type de facteurs de sensibilité réside dans la taille des bassins de collecte du lait destiné à la production fromagère. En effet, la réponse de l'indicateur de la contamination que constitue le fromage sera fortement dépendant des dimensions des bassins de collecte (selon le cas : une ferme, un canton et une région). Ainsi, le fromage issu d'un vaste réseau de collecte intègre la variabilité de cette surface et, en ce sens, il constitue un indicateur de la contamination moyenne de l'environnement. A l'opposé, un fromage fermier est un indicateur de la contamination d'un espace beaucoup plus restreint (quelques dizaines d'ha, dans le cas de la production de Saint-Nectaire fermier). Les données doivent permettre d'affiner les réponses des indicateurs de contamination de l'environnement, en fonction de la taille des bassins de collecte du lait et de production fromagère.

7 CONCLUSION

En 2006, le LERCM a engagé une collaboration avec le Laboratoire de Biologie de l'Environnement (Université de Franche-Comté), sous la forme d'une thèse de Doctorat, ciblée sur la sensibilité des zones de prairies permanentes. L'objectif de ce travail de thèse est de comparer la sensibilité de zones de prairies permanentes et des filières laitières et fromagères et d'identifier les processus qui déterminent cette sensibilité.

La réalisation de ce travail s'appuiera sur certaines activités acquises récemment par l'IRSN (compartiments : sols, herbe, lait et fromage), ainsi que de nouvelles mesures, sur trois sites : Saint-Laurent-de-Céris (Ouest), Beaune-le Froid (Centre) et Massif du Jura (Est). Deux échelles d'observation des transferts et de la sensibilité sont retenues. La sensibilité des zones de prairie sera étudiée à l'échelle régionale, à partir des données acquises dans le massif du Jura (entre 300 et 1200 m d'altitude). L'objectif de l'étude comparative, qui constituera le deuxième volet de cette thèse, est de comparer la sensibilité des trois zones retenues (ouest, centre, est).

L'expertise sera focalisée sur les facteurs de sensibilité du transfert sol-herbe et les facteurs de sensibilité liés aux filières fromagères. Les données des zones d'étude déjà disponibles font apparaître de fortes variabilités des taux de transfert du ^{137}Cs aux interfaces sol/herbe et herbe/lait, laissant supposer que la nature des sols, la quantité et la qualité des aliments ingérés par les bétails constituent des facteurs de sensibilité prépondérants. Par ailleurs, la taille du bassin de collecte du lait, extrêmement variable d'un site d'étude à l'autre, doit influencer la contamination des fromages et, à ce titre, il constitue un facteur de sensibilité important des filières fromagères.

REFERENCES

- Absalom J.P., Young S.D., Crout N.M.J., Nisbet A.F., Woodman R.F.M., Smolders E. and Gillet A.G. (1999) - Predicting soil to plant transfer of radiocesium using soil characteristics, *Envir. Sci. Technol.*, 33, p. 1218-1223.
- Badot P.M., Lamarque S., Lucot E., Joly D. (2005) - les retombées atmosphériques du césium 137 en Franche-Comté, *Images de Franche-Comté*, 32, 18-24.
- Brisson N et *al.*, 2002. STICS : Notice concepts et formalismes. Editions INRA.
- Mercat-Rommens C., Renaud Ph. (2003) - Rapport de lancement du projet Sensibilité radioécologique (SENSIB), Rapport IRSN/DEI/SESURE 2003-02
- Renaud Ph., Pourcelot L., Métivier J-M, Morello M. (2003) - ¹³⁷Cs deposits and behaviour over eastern France after the Chernobyl accident, *the Sciences of the Total Environment*, 309, p. 257-264.
- Renaud Ph., Metivier J M, Castelier E., Pourcelot L., Louvat D. (2004) - Cartographie des dépôts de ¹³⁷Cs en mai 1986 sur l'ensemble du territoire français métropolitain, *Radioprotection*, 39, p. 23-38.
- Sanchez A.L., Wright S.M., Smolders E., Naylor C., Stevens V.H., Kennedy V.H., Dodd B.A., Singleton D.L., Barnet C.L. (1999) - High plant uptake of radiocesium from organic soils due to Cs mobility and low soil K content, *Envir. Sci. Technol.*, 33, p. 2752-2757.
- Smolders E., Van Den Brande K., Merckx R. (1997) - Concentration of ¹³⁷Cs and K in soil solution predict the plant availability of ¹³⁷Cs in soils, *Envir. Sci. Technol.*, 31, 3422-3438.