



# Matière organique, infiltrabilité des sols et transfert de bentazone

Richard Cherrier, Corinne Perrin-Garnier, Pierre Kerveillant, Jean-Marie Portal, Michel Schiavon

## ► To cite this version:

Richard Cherrier, Corinne Perrin-Garnier, Pierre Kerveillant, Jean-Marie Portal, Michel Schiavon. Matière organique, infiltrabilité des sols et transfert de bentazone. 31. Congrès du Groupe Français des Pesticides, May 2001, Lyon, France. hal-02764330

**HAL Id: hal-02764330**

**<https://hal.inrae.fr/hal-02764330>**

Submitted on 4 Jun 2020

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# Matière organique, infiltrabilité des sols et transfert de bentazone

Richard CHERRIER<sup>1</sup>, Corinne PERRIN-GANIER<sup>1</sup>, Pierre KERVEILLANT<sup>2</sup>, Jean-Marie PORTAL<sup>3</sup> et Michel SCHIAVON<sup>1</sup>.

1.Laboratoire Sols et Environnement, ENSAIA-INRA, BP 172, 54505 Vandoeuvre-lès-Nancy.

Tél. : 33.(0)3.83.59.57.75 ; Fax : 33.(0)3.83.59.57.91 ;

e-mail : richard.cherrier@ensaia.inpl-nancy.fr

2.Station Expérimentale de Kerlavic - EDE , 29000 Quimper.

3.CNRS-Centre de Pédologie Biologique, 17 rue N.D. des Pauvres, 54505 Vandoeuvre-lès-Nancy.

**Résumé** : Le principal phénomène impliqué dans la contamination des eaux par les produits phytosanitaires en milieu agricole est le transfert par ruissellement et lessivage. L'importance du transfert vertical est déterminée d'une part par les caractéristiques physiques du sol impliquées dans la circulation de l'eau et d'autre part par sa composition chimique. La matière organique, en particulier, représente une composante majeure du système sol dont il convient de préciser le rôle dans le devenir des pesticides en fonction des conditions pédoclimatiques.

A cet effet, trois sols cultivés sous un même climat mais présentant des teneurs naturelles variées en matière organique (de 2 à 6 %), ont fait l'objet d'une caractérisation organique et physique et d'un suivi de la distribution verticale au cours du temps d'un herbicide, la bentazone.

Le sol présentant un fort potentiel de rétention des produits phytosanitaires dû à sa teneur élevée en matière organique (6 %) et une grande infiltrabilité, a donné lieu à des transferts rapides de bentazone. Au contraire, dans les sols présentant moins de matière organique et une porosité plus fine, le transfert vertical a été ralenti (davantage de sites d'adsorption rencontrés et dégradation plus intense lors d'un temps de séjour plus long). Ainsi, des niveaux de transferts variables peuvent être reliés à des statuts organiques et des porosités caractéristiques.

## 1. Introduction

Le principal phénomène impliqué dans la contamination des eaux par les produits phytosanitaires en milieu agricole est le transfert par ruissellement et lessivage (Lambert, 1965 ; Boesten, 1989). Ce dernier, encore appelé transfert vertical, est en priorité responsable de la pollution des ressources en eau de type nappe alluviale. L'importance du transfert est déterminée à la fois par les caractéristiques physiques du sol, impliquées dans la circulation de l'eau (entraînant les pesticides en solution) mais également par la composition chimique du sol (notamment la matière organique), responsable de la réactivité du sol vis à vis des pesticides (rôle de rétention) (Nicholls, 1988 ; Novak, 2001).

La matière organique, par son rôle dans la structuration du sol (Rost et Rowles, 1941; Greenland, 1971 ; Paré, 1999), la dégradation des pesticides (Stevenson, 1972 ; Burns, 1979 et Calderbank, 1989) et le relargage des produits phytosanitaires lors de l'humification, (Grathwohl, 1990 ; Paya-Perez, 1992) représente une composante majeure du système sol, à prendre en compte dans les études centrées sur la qualité de l'eau. Ceci est d'autant plus marqué en Bretagne où les teneurs en matière organique des sols cultivés peuvent atteindre 8 %, contre 1 à 2,5 % en moyenne dans les sols agricoles du reste de la France.

Des travaux précédents, menés en 1998 et 1999 sur le site de Kerlavic (présentant 6 % de matière organique) n'ont jamais montré de présence d'atrazine et d'isoproturon dans l'eau du sol prélevée à l'aide de bougies poreuses implantées à 80 cm de profondeur et ont révélé une faible migration dans le sol d'isoproturon, traduisant probablement des phénomènes de rétention des herbicides dans les couches supérieures à forte teneur en matière organique. Afin de vérifier cette hypothèse, une étude des mouvements de l'eau dans le sol à l'aide d'un traceur et du transfert vertical d'un pesticide présentant une forte solubilité a été entreprise, sous un même climat, entre cette situation et d'autres situations pédologiques (variant essentiellement en matière organique). Son objectif était de cerner au mieux les facteurs limitant ou favorisant le transfert de pesticides (notamment de bentazone) vers les eaux.

## 2. Matériel et Méthodes

### 2.1 Les sites

Les 3 sites retenus sont localisés dans les communes suivantes :

- Kerlavic (Finistère), Kerguéhennec (Morbihan) et Champ-Noël (Ille et Vilaine).

Les caractéristiques physico-chimiques des sols des trois sites sont regroupées dans le tableau 1. Les sols de Kerlavic et Kerguéhennec présentent une texture de limon sablo-argileux et celui de Champ-Noël une texture limoneuse (diagramme de texture GEPPA).

Site	Niveau	Granulométrie (%)					Carbone (%)	Azote (%)	pH eau
		Argile	Limons fins	Limons grossiers	Sables fins	Sables grossiers			
	(cm)								
Kerlavic	0-25	18,6	22,8	21,1	11,0	26,5	3,58	0,39	5,9
Kerguéhennec	0-25	19,0	26,9	27,8	16,7	9,6	1,81	0,17	6,7
Champ-Noël	0-30	13,5	23,9	45,2	12,0	5,4	1,10	0,12	7,0

*Tableau n° 1 : Caractéristiques physico-chimiques de la couche de labour des sols des sites expérimentaux.*

## 2.2 Traitement phytosanitaire

En 1999/2000, les trois sites, semés en blé, ont été désherbés à l'aide de bentazone (3-isopropyl-(1H)-benzo-2,1,3-thiadiazin-4-one 2,2-dioxide) à la dose de 1200 g/ha (Basagran). Dans la bouillie de traitement a également été dissout un traceur de l'eau, le bromure de potassium, apporté à raison de 50 kg/ha de Br<sup>-</sup>.

## 2.3 Caractérisation des sols des sites

La caractérisation des sols des sites a comporté deux volets :

- Dans un premier temps, nous avons effectué une caractérisation du degré d'évolution de la matière organique des sols. Pour cela nous avons évalué la part d'humines, d'acides fulviques et d'acides humiques présents dans la fraction fine du sol, c'est à dire la fraction < 50 µm. La caractérisation du degré d'évolution de la matière organique s'est déroulée en deux étapes. Tout d'abord, nous avons réalisé un fractionnement physique du sol (séparation des fractions fine <50 µm et grossière > 50 µm) par tamisage sous un flux d'eau. Ensuite, nous avons effectué une séparation chimique des composants par extraction et séparation des fractions alcalino-solubles de la fraction fine. Cette dernière étape s'est déroulée en deux temps. D'abord en séparant les humines et les molécules carbonées par solubilisation en milieu alcalin puis en séparant les produits carbonés alcalino-solubles (acides humiques et acides fulviques) par précipitation des acides humiques en milieu acide.
- Dans un deuxième temps, nous avons déterminé la porosité (norme AFNOR X31-502) et l'état structural (norme AFNOR X31-506) des sols étudiés.

## 2.4 Protocole de suivi du traceur et de l'herbicide au champ

### *Suivi de la bentazone et du traceur dans les sols*

Les suivis ont été effectués sur des surfaces de 260 m<sup>2</sup> (parcelles de 20 m sur 13 m), présentant chacune une légère pente de 2 à 3 %.

Un prélèvement « témoin » de sol a été effectué un mois avant l'apport de la bentazone.

Un prélèvement de sol a été réalisé le jour du traitement (26/11/99) puis 1, 2, 3 semaines, 1, 2, 3 et 6 mois après le traitement. Le dernier prélèvement n'a pu être effectué à Champ-Noël où le sol de la parcelle a été retourné à la mi-février.

A chacune de ces dates, les niveaux suivants ont été prélevés : 0-3, 3-10, 10-25, 25-50 et 50-80 cm.

Les échantillons de terre ont été prélevés à la sonde automatique, pour chaque horizon, en 10 points de la parcelle puis séchés à l'air libre, émiétés et tamisés manuellement à 2 mm.

L'extraction de la bentazone a été réalisée par 2 agitations successives de 50 g de sol avec 100 ml de méthanol (durée de l'extraction 16 h). Les extraits ont ensuite été concentrés par évaporation sous vide. Le dosage des résidus a été effectué par HPLC (Varian) muni d'un détecteur à barrette de diodes (colonne Kromasil C18, éluant acétonitrile/eau 50/50 avec 0,4 % d' $\text{H}_3\text{PO}_4$ , débit  $0,8 \text{ ml mn}^{-1}$ ). Les résidus ont été identifiés grâce à une gamme d'étalons de bentazone (Cluzeau CIL, pureté > 99%) de concentrations 0,5-1-2,5-5 et  $10 \text{ mg l}^{-1}$ . Dans ces conditions, la limite de détection de la bentazone dans le sol est de  $1,68 \text{ } \mu\text{g kg}^{-1}$ .

Les bromures ont été extraits par agitation de 50 g de sol avec 100 ml d'eau milliQ pendant 1 h. Le mélange a ensuite été filtré sur papier filtre plissé puis sur filtre Sartorius  $0,2 \text{ } \mu\text{m}$ . Pour précipiter les colloïdes restés en suspension, le filtrat a ensuite été centrifugé à  $16\ 000 \text{ tr/mn}$  pendant 1 h à  $4^\circ\text{C}$ . Les bromures ont été dosés par électrophorèse capillaire (capillaire  $75 \text{ } \mu\text{m} \times 60 \text{ cm}$ ; voltage 20 kV, courant 20 à 25  $\mu\text{A}$ , détection UV 254 nm; électrolyte dans l'eau milliQ :  $25 \text{ ml l}^{-1}$  de Waters CIA-Pak OFM anion BT +  $50 \text{ ml l}^{-1}$  de solution mère de chromate-acide sulfurique). Ils ont été identifiés grâce à une gamme étalon de KBr de 1, 5, 10, 50 et  $100 \text{ mg l}^{-1}$ . Dans ces conditions, la limite de détection des bromures dans le sol est de  $0,07 \text{ mg kg}^{-1}$ .

### 3. Résultats et discussion

#### 3.1 Caractérisation des sols

##### *Caractérisation organique des sols*

Les teneurs en carbone organique total des sols des parcelles sont de 3,58 % à Kerlavic, 1,81 % à Kerguéhennec et 1,10 % à Champ-Noël (tableau 1). Si les parcelles de Kerguéhennec et de Champ-Noël reçoivent des apports organiques conventionnels, celle de Kerlavic n'a pas reçu d'apports organiques depuis 20 ans. Sa forte teneur en carbone est due à l'histoire du sol, ce site étant une ancienne lande bretonne avec un pH acide, ralentissant la biodégradation de la matière organique qui s'est progressivement accumulée. Actuellement, à Kerlavic, plus de 93 % du carbone total se trouve dans des composés humifiés (Figure 1). Il s'agit de matière organique ancienne.

A Kerguéhennec et Champ-Noël, les composés humifiés représentent 80 % du carbone total. La part de la matière organique fraîche (peu humifiée), issue d'apports récents, est plus grande qu'à Kerlavic (Figure 1).

A Kerlavic, l'absence d'apport organique depuis 20 ans se traduit par une faible présence de carbone dans la fraction peu humifiée, et cette parcelle présente une

stabilisation des composés organiques avec plus de 51 % d'humines et 22 % d'acides humiques (Figure 1). La nature de la matière organique de ce sol lui confère sans doute une forte capacité de rétention des pesticides, ceux-ci étant généralement davantage retenus par la matière organique humifiée que fraîche.

Le sol de la parcelle de Kerguéhennec représente un intermédiaire d'évolution entre Kerlavic et Champ-Noël. Il présente des parts plus faibles en acides fulviques et humiques respectivement de 15 % et 14 %. Ceux-ci représentent des composés humiques intermédiaires entre la matière fraîchement apportée et les composés humifiés très stables (humines).

Enfin, à Champ-Noël se trouve le sol avec le moins de composés humifiés (47 % d'humines et presque 20 % du carbone total dans la fraction non humifiée). Ce sol, comportant une matière organique moins riche et moins évoluée, présente probablement une réactivité moins marquée vis à vis des produits phytosanitaires et une structuration plus faible.

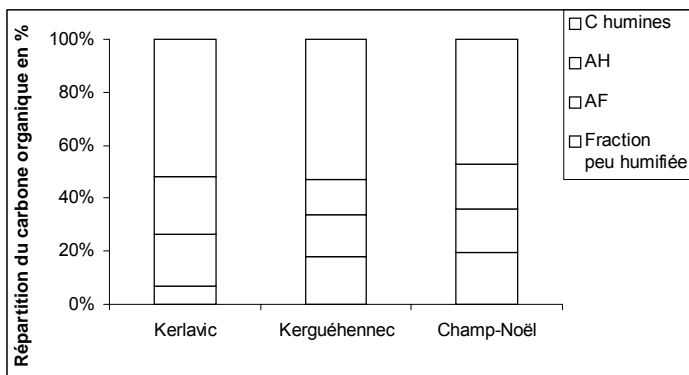


Fig. n° 1 : Répartition du carbone dans les différentes fractions de la matière organique des sols.

La nature de la matière organique a une importance majeure dans la rétention des pesticides par le phénomène d'adsorption ainsi que dans la structuration du sol. Ainsi les données précédemment obtenues nous serviront pour étayer nos hypothèses dans l'interprétation des suivis de la bentazone.

### **Caractérisation physique des sols**

#### **Densité apparente**

Les sols des trois sites sont significativement différents en terme de densité (tableau 2) avec la densité la plus forte à Champ-Noël. Plus la densité est faible, plus le sol est poreux au moment du prélèvement et son évolution dépendra de la stabilité structurale.

Site	Profondeur cm	Densité Moyenne g cm <sup>-3</sup>	Ecart type
Kerlavic	0-25	1,24	0,11
	25-50	1,17	0,04
Kerguéhennec	0-25	1,34	0,11
Champ-Noël	0-30	1,51	0,03
	30-60	1,62	0,02

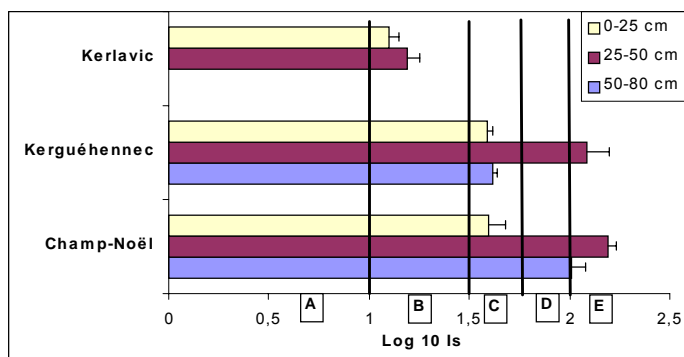
Tableau n° 2 : Densité moyenne des sols en fonction de la profondeur (La densité apparente des couches inférieures à 25 cm de Kerguéhennec n'a pu être mesurée en raison d'une trop forte proportion de cailloux).

### **Stabilité structurale des sols**

Nous n'observons pas d'écart significatif de la stabilité structurale entre les sols des parcelles de Champ-Noël et de Kerguéhennec ; tous deux sont classés «médiocrement stables» (Figure 2). Il existe, dans les deux cas, la même tendance à une forte instabilité à 25-50 cm, ceci pouvant, avec le temps et le passage des engins agricoles, se traduire par un tassement de ce niveau et ainsi modifier le transfert vertical et l'hydrodynamique globale.

Par contre, le sol de la parcelle de Kerlavic est classé en sol stable, même en profondeur. Le pH acide induisant une faible minéralisation couplée à un fort taux de matière organique historique, permet, malgré les années, le maintien d'une bonne stabilité structurale.

Ces mesures peuvent traduire une infiltrabilité moindre des sols de Champ-Noël et Kerguéhennec, et de ce fait un transfert plus lent de l'eau et des solutés (pesticides par exemple) vers la profondeur, surtout lorsque l'on s'éloigne de la période de labour.



**Légende** : A : Très stable                                  D : Instable  
 B : Stable    E : Très instable  
 C : Médiocre

Fig. n° 2 : Stabilité structurale des différents horizons des 3 sols (la faible proportion de terre fine dans l'horizon 50-80 cm de Kerlavic n'a pas permis de réaliser cette mesure)

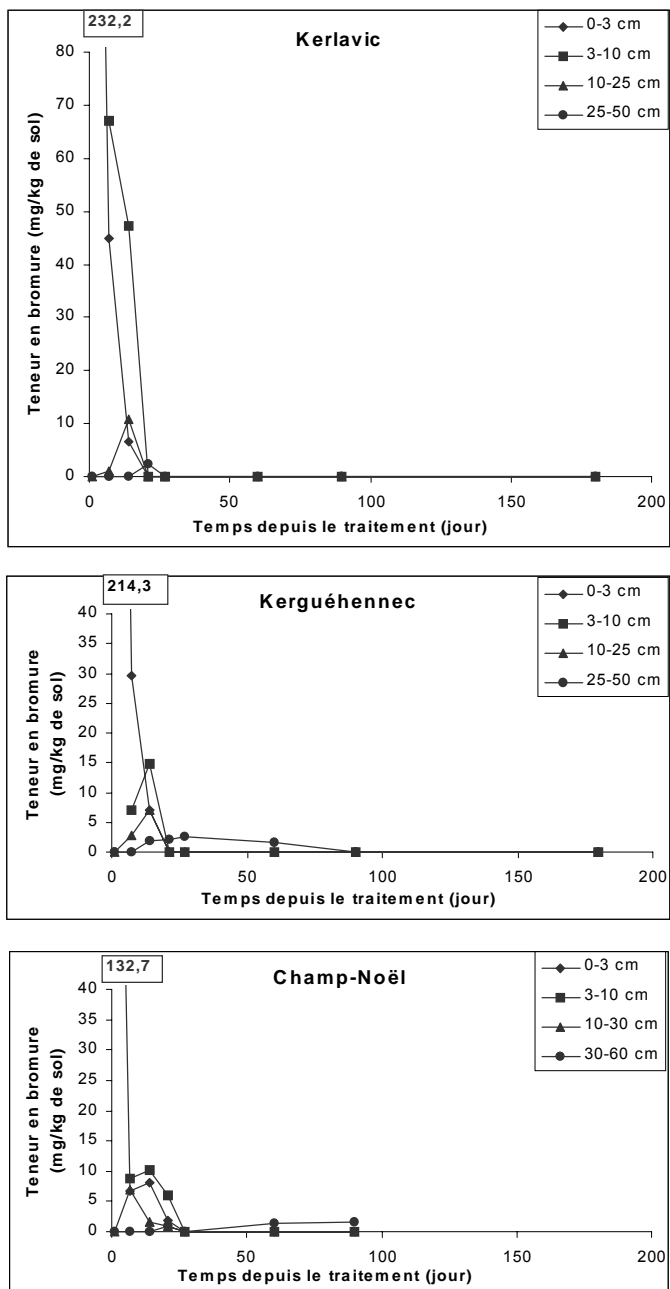


Fig. n° 3 : Evolution des teneurs en bromures dans les différentes couches de sols des 3 sites.



## 3.2 Suivi du traceur et de la bentazone au champ

### *Suivi du traceur dans les sols des trois sites*

Les mouvements du traceur de l'eau du sol diffèrent d'un site à l'autre (Figure 3). A Kerlavic, les bromures progressent rapidement et en quantité importante vers la profondeur, où se trouve un sous-sol filtrant avec une grande proportion de cailloux. Ils ne sont jamais détectés au delà de 50 cm, probablement en raison de leur concentration à ce niveau inférieure à la limite de détection ou de leur apparition à cette profondeur entre 2 dates de prélèvement. Trois semaines après l'apport, ils ne sont plus détectés dans le profil. Ceci provient d'une circulation très rapide de l'eau dans le sol de Kerlavic à la suite d'une pluviométrie importante (Figure 4). Le front de migration des bromures avec la lame d'eau a quitté le profil en moins d'un mois.

A Kerguéhennec, l'eau circule plus lentement et l'on peut suivre la progression des bromures jusqu'à 80 cm, pendant 3 mois au moins.

La situation est similaire à Champ-Noël, où l'on mesure de surcroît des concentrations moins élevées. Ces résultats sont certainement la conséquence d'une circulation matricielle de l'eau, au détriment des voies d'écoulement rapides, due à une porosité plus fine de ce sol en raison de sa texture limoneuse et de sa densité plus élevée.

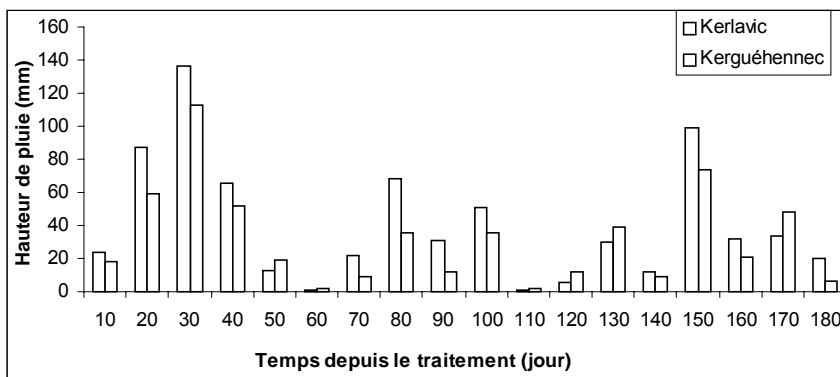


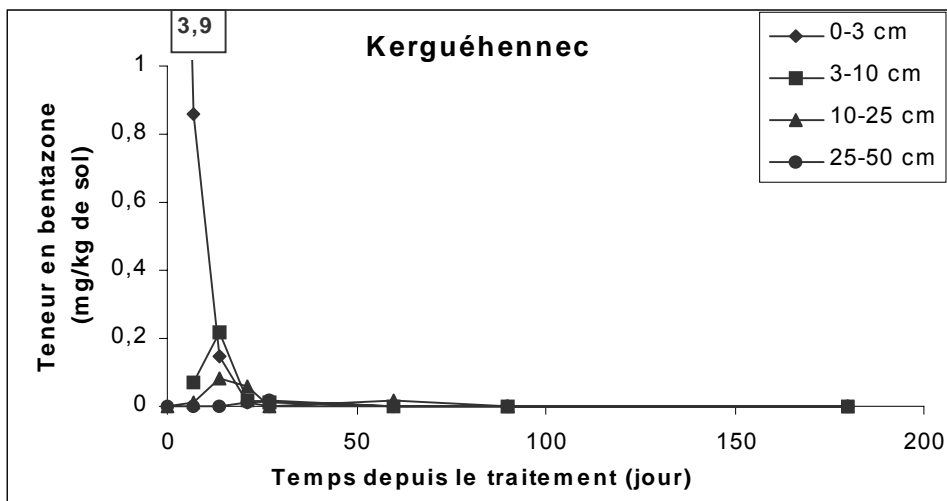
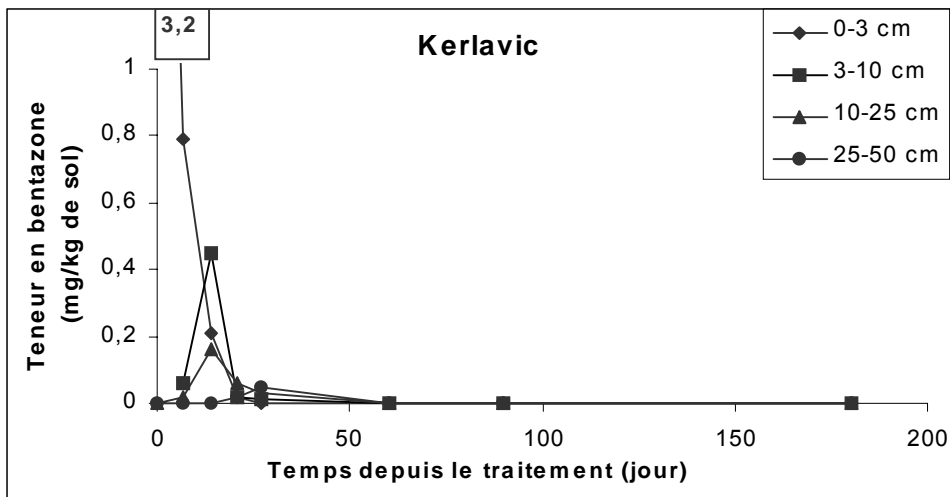
Fig. n° 4 : Pluviométrie en 1999/2000 à Kerlavic et Kerguéhennec, par décade suivant le traitement phytosanitaire du 26 novembre 1999.

### *Suivi de la bentazone dans les sols des trois sites*

Les profils de distribution de la bentazone avec la profondeur et au cours du temps sur les 3 sites (Figure 5), montrent des situations assez différentes. Dans les trois cas, l'apparition de l'herbicide dans les couches proches de la surface (jusqu'à 30 cm) se présente sous la forme de pics. Cependant ceux-ci sont de plus en plus «aplatis» de Kerlavic à Champ-Noël. Ceci est à relier avec le type de circulation de

l'eau dans ces milieux pour lesquels nous avons montré que la porosité diminuait dans le même ordre.

A Kerlavic, les écoulements sont rapides, certainement avec une grande part de flux préférentiels (dans la porosité grossière). Des quantités importantes de bentazone sont retrouvées jusqu'à 30 cm. A Kerguéhennec et encore plus à Champ-Noël, l'aplatissement des pics de concentration en herbicide dans le sol traduit l'importance prépondérante de la circulation matricielle de l'eau dans ces sols. La bentazone se distribue alors dans la porosité fine du sol et circule plus lentement.



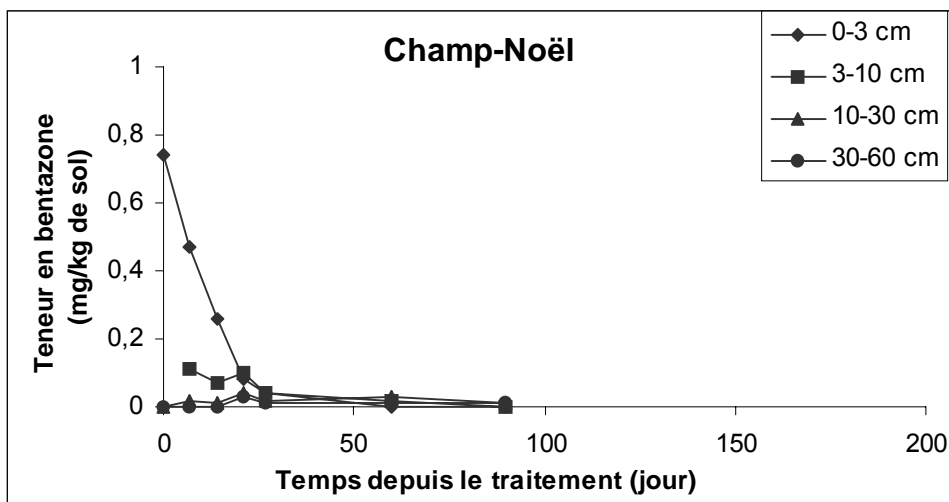


Fig. n° 5 : Evolution des teneurs en bentazone dans les différentes couches de sols des sites de Kerlavic, Kerguéhennec et Champ-Noël au cours du temps

Dans les trois cas, les teneurs en bentazone dans la couche 30-50 cm sont faibles ou nulles, probablement en raison de la présence de l'herbicide à des concentrations inférieures à la limite de détection dans le sol au moment des prélèvements. Plusieurs éléments peuvent expliquer cette situation.

Une première explication peut être trouvée dans la dynamique d'éluvion de l'herbicide à travers le sol, qui peut conduire à un passage du «pic» de concentration dans cette couche (30-50 cm) entre les dates de prélèvement.

Une seconde explication peut se rapporter à la dissipation de la bentazone dans ces sols (c'est à dire à sa disparition du pool des résidus lessivables), soit par rétention par les constituants du sol (adsorption) soit par dégradation.

Il est probable que le premier mécanisme soit prépondérant à Kerlavic où la forte teneur en matière organique confère à ce sol une capacité d'adsorption élevée. Nous avons ainsi pu mesurer, dans la couche de labour du sol de Kerlavic, des capacités d'adsorption 2 à 4 fois supérieures à celles mesurées dans l'horizon superficiel d'un sol agricole lorrain, pour différents pesticides.

Dans le cas des sols de Kerguéhennec et Champ-Noël, le temps de séjour du pesticide dans les couches supérieures du sol est assez long en raison de l'infiltrabilité moindre de ces sols. Ces couches étant biologiquement les plus actives, on peut penser que c'est, cette fois, la dégradation du pesticide qui a été favorisée dans ces sols, par rapport au site de Kerlavic. Sous l'action des micro-organismes du sol, la molécule mère a pu disparaître au profit de produits de

dégradation, réduisant ainsi les quantités de bentazone susceptibles d'être entraînées en profondeur.

Enfin, il est à noter que seules des traces d'herbicide ont été retrouvées dans la couche 50-80 cm. A cette profondeur, la teneur en matière organique est très faible et la capacité d'adsorption de la bentazone très réduite. Par ailleurs, l'activité microbienne y est quasiment inexistante. Ainsi les molécules parvenues à ce niveau n'y séjournent pas et sont entraînées par l'eau mobile.

## Conclusions

Le suivi simultané des trois sites a permis de mettre en évidence des situations assez différentes dans le contexte breton.

D'une part, il existe des sols qui présentent une faible infiltrabilité comme à Kerguéhennec et Champ-Noël, ce qui conduit à un transfert essentiellement matriciel de l'eau et à une exploration assez conséquente de la porosité fine. Cette circulation de l'eau permet aux pesticides de rencontrer de nombreux sites d'adsorption potentiels, ces interactions vont ralentir voir stopper le transfert vertical des molécules. De plus, ce temps de séjour plus long en surface va permettre une dégradation biologique des herbicides plus importante.

D'autre part, il existe des sites comme celui de Kerlavic, où la matière organique du sol, par sa teneur et sa nature, est capable de retenir une grande proportion du pesticide appliqué. La circulation de l'eau dans ces sols est rapide et concerne surtout la porosité grossière. L'exploration du milieu par l'eau est par ailleurs moins importante et les résidus libres sont rapidement entraînés verticalement.

## Références bibliographiques

- Boesten J.J.T.I. (1989) Leaching of Herbicides to Groundwater : a review of Important Factors and Available Measurements. Proceedings 1987 British Crop Protection Conference. *Weeds.*, 2, 559-568.
- Burns R.G. (1979) Interaction of microorganisms, their substrates, and their products with soil surfaces. Adhesion of microorganisms to surfaces, Ellwood, Melling and Rutter Ed., *Academic Press Publ.*, 109-138.
- Calderbank A. (1989) The occurrence and significance of bound pesticide residues in soil. *Rev. Environ. Contam. Toxicol.*, 108, 71-102.
- Grathwohl P. (1990) Influence of organic matter from soil and sediments from various origins on the sorption of some chlorinated aliphatic hydrocarbons : implication on Koc correlations. *Environ. Sci. Technol.*, 24, 1678-1693.
- Greenland D.J. (1971) Interactions between humic and fulvic acids and clay. *Soil Sci.*, 111, 34-41.
- Lambert S.M., Porter P.E. et Schieferstein R.H. (1965) Movement and Sorption of Chemicals Applied to the soil. *Weeds.*, 13, 185-190.

- Nicholls P.H. (1988) Factors influencing entry of pesticides into soil water. *Pestic. Sci.*, 22, (2), 123-137.
- Novak S.M., Portal J.M. et Schiavon M. (2001) Influence of soil aggregate size on atrazine and trifluralin leaching. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 66, 514-521.
- Paré T., Diné H., Moulin A.P et Townley-Smith L. (1999) Organic matter quality and structural stability of a black chernozemic soil under different manure and tillage practices. *Geoderma.*, 91, 311-326.
- Paya-Perez A.B., Cortes A., Sala M.N., Larsen B. (1992) Organic matter fractions controlling the sorption of atrazine in sandy soils. *Chemosphere.*, (25;6), 887-898.
- Rost R.O. et Rowles C.A. (1941) A study of the factors affecting the stability of soil aggregates. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 5, 421-433.
- Stevenson F.J. (1972) Organic matter reactions involving herbicides in soil. *J. Environ. Qual.*, (1;4), 333-343.