

**ORSTOM**

**Laboratoire Biologie et Organisation des Sols Tropicaux  
(Fort-de-France, Martinique)**

**ROLE DES SYSTEMES BIOLOGIQUES DANS LE  
FONCTIONNEMENT DES VERTISOLS (MARTINIQUE).**

**APPLICATION AUX PROCESSUS DE RESTAURATION DES  
PROPRIETES PHYSIQUES DES SOLS.**

*Rapport final du Projet SOFT  
Ministère de l'Environnement (DGAE / SRAE)  
Subvention n° 94128*

*Coordinateur : Eric BLANCHART*

**Mai 1997**

## RESUME

Les vertisols du Sud-Est de la Martinique sont des sols chimiquement riches mais physiquement fragiles (la matière organique est grandement responsable de la stabilité structurale). Afin de limiter l'érosion dans les systèmes cultivés et donc de sauvegarder la ressource-sol dans cette région, nous avons étudié les systèmes biologiques qui influencent les propriétés physiques, soit directement, soit indirectement en modifiant la dynamique (localisation et formes) de la matière organique. En effet, ces systèmes biologiques formant des réseaux d'interactions entre macroorganismes, propriétés physiques et matière organique ont un rôle important dans le fonctionnement des écosystèmes. On s'est principalement intéressé à la rhizosphère (sol influencé par les racines) et à la drilosphère (sol influencé par les vers de terre).

L'étude menée dans cette région a permis de montrer l'importance des systèmes biologiques dans le fonctionnement des vertisols et notamment de leur rôle vis à vis des propriétés physiques et de la matière organique (teneur, formes). Abondantes et diversifiées en milieu naturel, les communautés animales sont très affectées par la mise en culture des sols (diminution de la diversité, augmentation des densités sous pâturages et diminution des densités sous maraîchage). Cette étude a permis de montrer les relations qui existent entre communautés animales (vers de terre notamment), biomasse racinaire et propriétés physiques (stabilité structurale, porosité). En particulier, la disparition des vers de terre dans les cultures maraîchères s'explique par le travail du sol traditionnellement utilisé et par la diminution des teneurs en matière organique. Dans ce type de sol, l'activité des vers de terre, bien qu'intense, n'affecte pas les propriétés physiques du sol (aux échelles mesurées). En revanche, les racines de Graminées (lors de l'installation d'une prairie) permettent le stockage du carbone et donc une amélioration des propriétés physiques du sol. La conservation de cette ressource-sol (fragile) nécessite donc une meilleure utilisation de l'activité racinaire, soit à travers l'utilisation de rotation prairie/maraîchage, soit à travers la conservation d'une couverture graminéenne dans les inter-rangs. De même, cette étude a montré l'intérêt à utiliser des travaux superficiels du sol pour conserver l'activité biologique et limiter la dégradation des vertisols de Martinique.

## TABLE DES MATIERES

Introduction .....	1
1. Description des parcelles d'étude .....	6
2. Méthodes d'étude .....	8
3. Caractérisation des communautés animales (vers de terre, mésofaune) dans des parcelles plus ou moins anthropisées .....	11
4. Caractérisation de la matière organique et des propriétés physiques dans les parcelles plus ou moins anthropisées .....	19
5. Caractérisation au laboratoire des propriétés physico-chimiques des turricules de l'espèce <i>Polypheretima elongata</i> .....	28
6. Croissance de <i>Polypheretima elongata</i> en fonction de la teneur en matière organique du sol et paramètres démographiques .....	35
7. Discussion .....	41
8. Conclusion .....	45
9. Rapports réalisés dans le cadre de ce programme .....	46
10. Références bibliographiques .....	47
11. Liste des participants au programme .....	49

# **Etude du rôle des systèmes biologiques dans le fonctionnement des vertisols (Martinique). Application aux processus de restauration des propriétés physiques des sols.**

## **Rapport final**

### **Introduction**

Les vertisols, dont la fraction argileuse est constituée de smectites (argiles de type 2/1, gonflantes et à forte capacité d'échange), se développent sous climat chaud et humide à saison sèche marquée. Ils sont généralement très fertiles, pour peu qu'on maîtrise l'eau, et représentent des surfaces importantes dans le monde tropical (70 Mha en Australie, 100 Mha en Afrique, 80 Mha en Inde, 17 Mha en Amérique du Sud, 14 Mha en Chine, 10 Mha en Amérique Centrale, bien représentés dans les Caraïbes) (Dudal & Eswaran, 1988). Ces sols ont fait l'objet de nombreuses études liées au caractère original de leurs constituants minéraux (Mohr et al., 1972). Le fonctionnement de ces sols (et leur mode d'aménagement) est essentiellement expliqué par le comportement physique et physico-chimique des argiles (Virmani, 1987). Les paramètres biologiques ont très rarement été étudiés. Des études récentes menées aux Antilles (Martinique et Guadeloupe) ont montré que les activités biologiques (vers de terre, racines, microorganismes) ont un rôle important dans le fonctionnement des vertisols et qu'elles sont fortement influencées par le mode d'occupation des sols (Barois et al., 1987 ; Cabidoche et al., 1991 ; Rossi, 1992 ; Chotte, 1988 ; Chotte et al., 1993).

A la Martinique, les vertisols occupent le Sud-Est de l'île, marqué par une pluviosité annuelle moyenne de 1440 mm (existence d'une saison sèche de février à avril) (Figure 1) et une température moyenne de 26,7°C. Ces vertisols se sont développés sur roches volcaniques et sont caractérisés par l'abondance, par rapport au calcium (agent flocculant), de sodium et de magnésium (agents dispersants). La stabilité de leur structure dépend donc de la matière organique.

Autrefois occupés par des forêts, la majeure partie des sols de cette région a ensuite été plantée en canne à sucre. Depuis quelques années se sont développées les cultures maraîchères (notamment melons).

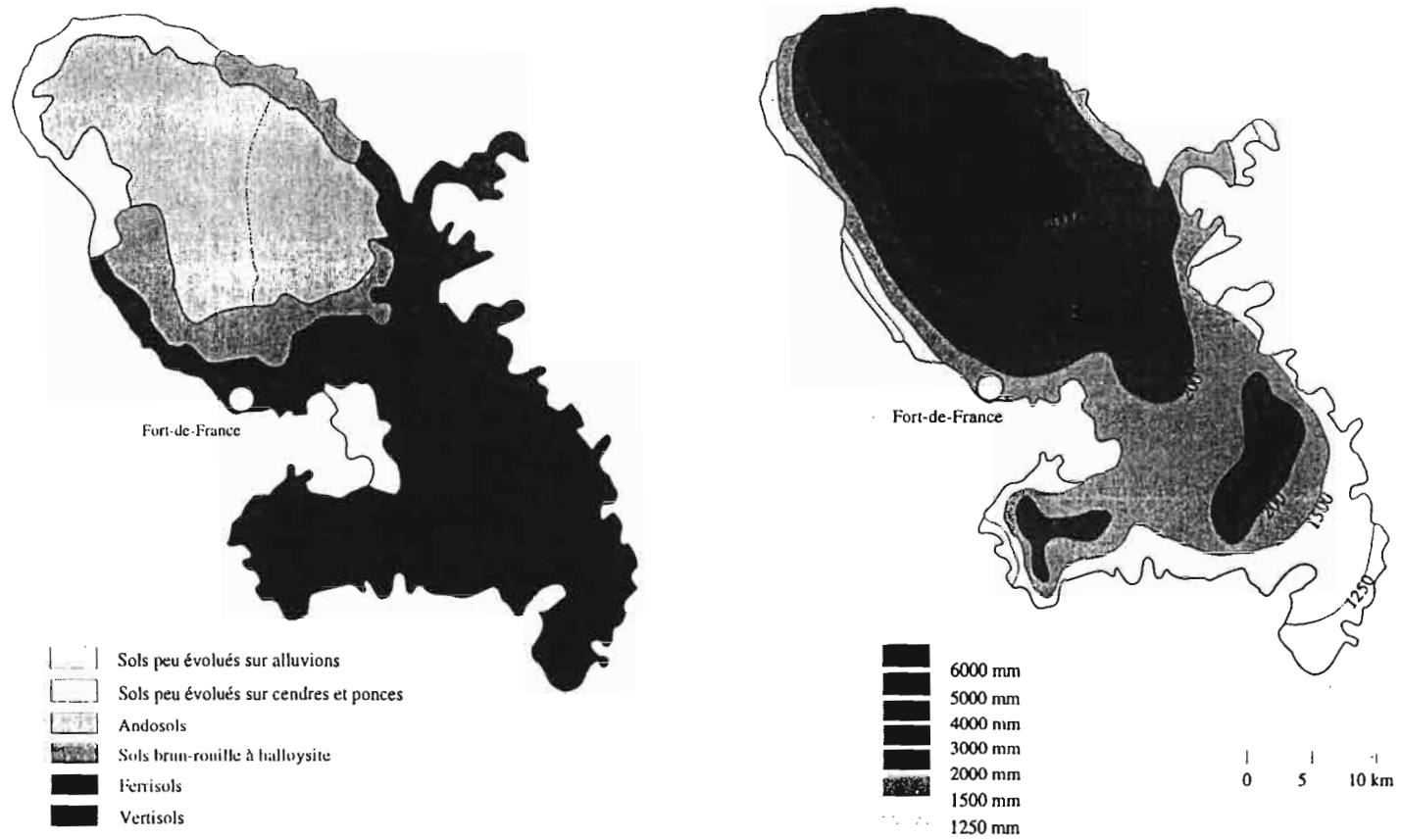


Figure 1 - Cartes pédologique et climatique de la Martinique.  
(d'après ATLAS - Martinique, 1977)

La mise en cultures maraîchères de ces vertisols conduit rapidement à une dégradation sévère des sols : (i) diminution du stock de matière organique et de l'azote potentiellement minéralisable, (ii) diminution marquée des biomasses de vers de terre, de racines et de microorganismes, (iii) diminution de la stabilité structurale, consécutive à la diminution de la matière organique, entraînant une augmentation de l'érodibilité, avec à long terme une perte de la ressource en sols (Albrecht et al., 1991, 1992).

En comparaison, les prairies à Pangola (*Digitaria decumbens*) sont caractérisées par un stock important de matière organique, une bonne stabilité structurale, des biomasses élevées de vers de terre, de microorganismes et de racines.

Mais sur cette île, en raison de la faible disponibilité en terres, la durée des pâturages est généralement trop courte pour permettre une amélioration des propriétés édaphiques.

Sur ces sols chimiquement riches mais physiquement fragiles, il faut donc développer des techniques d'utilisation du sol qui évitent d'atteindre des seuils de dégradation irréversible, en étudiant d'abord, puis en manipulant, les éléments du sol qui interagissent avec les propriétés physiques et la matière organique : les organismes vivants du sol. Les interactions entre ces différents paramètres forment les **systèmes biologiques** (Figure 2).

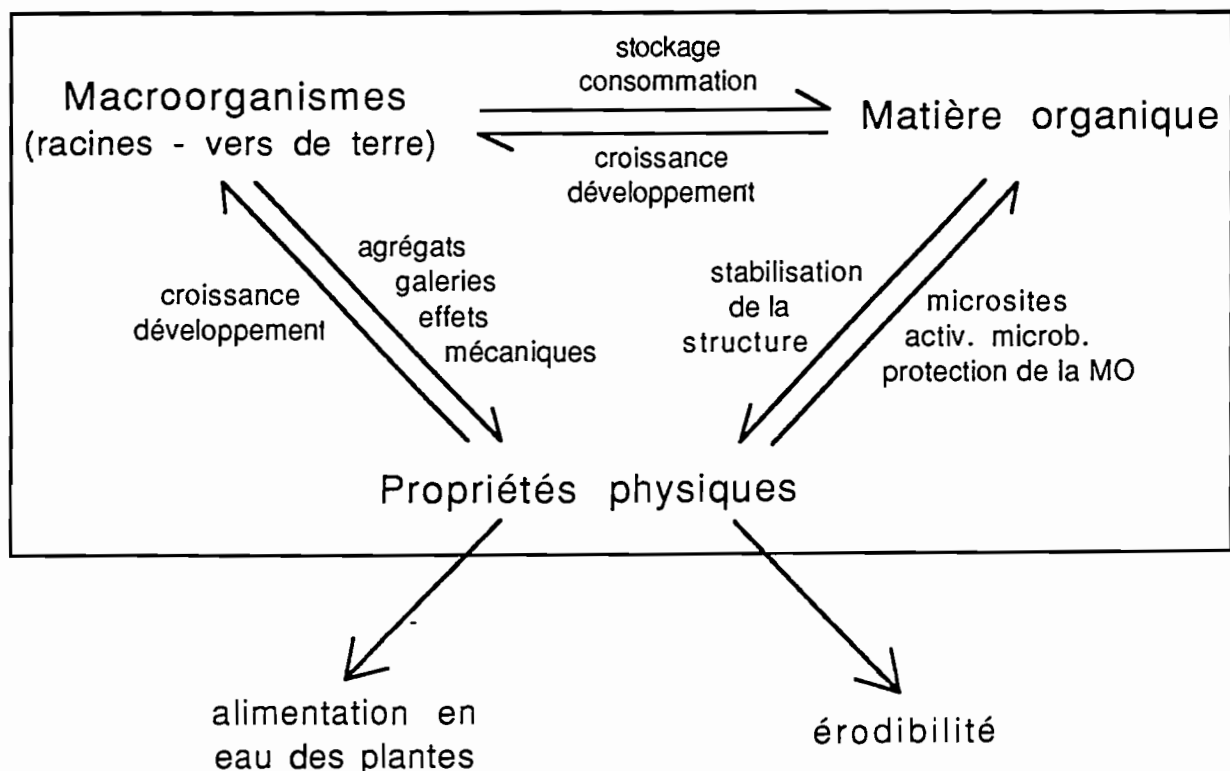


Figure 2 : Systèmes biologiques = Interactions entre macroorganismes, matière organique et propriétés physiques de sols. L'étude de ces interactions et de leurs modifications avec la perturbation ou la restauration des milieux sur vertisol constituent les objectifs de base de ce projet. Dans le Sud-est de la Martinique, les trois compartiments du système biologique sont assez bien connus. En revanche, les interactions entre ces compartiments n'ont jamais été étudiées, excepté l'effet de stabilisation de la matière organique sur les agrégats du sol et la localisation des microorganismes dans les agrégats.

Ce projet avait pour objectifs :

$O_1$  : de caractériser les systèmes biologiques en prenant comme référence une forêt secondaire de 40 ans,

$O_2$  : d'étudier précisément, dans le sol, les processus d'interactions entre macroorganismes, propriétés physiques et matière organique,

$O_3$  : de suivre l'évolution des systèmes biologiques selon le mode d'occupation des sols (depuis la forêt jusqu'aux agrosystèmes intensifs),

$O_4$  : de définir les facteurs responsables des modifications des systèmes biologiques, en comparant les différentes situations,

$O_5$  : d'optimiser la durée de rotations cultures maraîchères / prairie à Pangola à travers l'étude précise de ces interactions organismes vivants - propriétés physiques - matière organique.

Pour ceci, 5 hypothèses ont été testées :

$H_1$  : les macroorganismes (racines et vers de terre), dans les systèmes où ils sont présents, affectent la répartition et les formes de la matière organique et les propriétés physiques des sols (porosité, capacité de rétention en eau, agrégation, stabilité structurale, érodibilité).

$H_2$  : dans les systèmes où les macroorganismes sont présents, la stabilité structurale des sols est meilleure et donc l'érodibilité moindre.

$H_3$  : l'état de la matière organique et de l'organisation du sol, dans un certain stade de dégradation ou de restauration entraîne un développement et une croissance particulière de macroorganismes, caractéristiques de cet état.

$H_4$  : l'installation d'une prairie à Pangola permet de restaurer efficacement la fertilité des vertisols en favorisant le développement des macroorganismes.

$H_5$  : il existe, dans les pratiques culturales liées aux cultures maraîchères, des itinéraires techniques limitant la dégradation des vertisols, en permettant un meilleur développement des macroorganismes.

Ce présent rapport sera construit en 10 parties :

1. Description des parcelles d'étude
2. Méthodes d'étude
3. Caractérisation des communautés animales (vers de terre, mésofaune) dans des parcelles plus ou moins anthropisées
4. Caractérisation de la matière organique et des propriétés physiques dans les parcelles plus ou moins anthropisées
5. Caractérisation au laboratoire des propriétés physico-chimiques et physiques des turricules de l'espèce *Polypheretima elongata*
6. Croissance de *Polypheretima elongata* en fonction de la teneur en matière organique du sol et paramètres démographiques
7. Discussion
8. Conclusion
9. Rapports réalisés dans le cadre de ce programme
10. Références bibliographiques
11. Liste des participants au programme



## I. Description des parcelles d'étude

De nombreuses parcelles ont été étudiées dans le cadre de ce projet :

- une forêt secondaire de 40 ans (FS) sur précédent canne à sucre. C'est une des rares forêts de la région située sur un vertisol profond, calco-magnésio-sodique.

- des prairies à *Digitaria decumbens* (pangola) : une prairie âgée de plus de 15 ans (P15), une prairie installée en 1991 (P5), des mini-parcelles expérimentales installées dans P5 : une situation où des vers de terre ont été introduits en grande densité (=densité d'une prairie âgée) (P5<sub>pV</sub>), une situation où les vers de terre ont été éliminés (P5<sub>psV</sub>) et une situation où les vers de terre et les racines ont été éliminés (P5<sub>spSV</sub>). Ces parcelles sont régulièrement irriguées et fertilisées.

- des jachères à *Digitaria decumbens* ou à *Brachiaria humidicola* (star grass) : une jachère installée en 1980 (J15), une jachère installée en 1991 (J5).

- des parcelles cultivées (cultures maraîchères) de façon plus ou moins intensives (selon le nombre de cultures par an, la profondeur du travail du sol, le nombre de reprises...). Six sont des parcelles cultivées par des agriculteurs du Sud-Est de la Martinique (Agr1 à Agr6), les autres sont des parcelles situées sur la Station d'Essais en Cultures Irriguées (Conseil Général de la Martinique). Dans ce dernier cas, il peut s'agir de parcelles anciennes, cultivées traditionnellement à 40 cm par un labour (MML) ou travaillées superficiellement depuis 2 ans par une machine à bêcher (MMB). Il peut aussi s'agir de prairies ou de jachères mises en cultures depuis 2 ans et cultivées soit profondément par un labour, soit superficiellement par une machine à bêcher (MPL, MPB, MJL, MJB).

Code Parcelles	Description et Caractéristiques
<b>Forêt</b>	
FS	Forêt secondaire de 40 ans sur antécédent canne à sucre
<b>Prairies</b>	
P15	Pâturage de longue durée (15 ans) ( <i>Digitaria decumbens</i> ) sur antécédent canne à sucre, régulièrement irrigué et fertilisé
P5	Pâturage de 5 ans ( <i>D. decumbens</i> ) sur antécédent cultures maraîchères, irrigué et fertilisé
P5 <sub>PV</sub>	Sous-parcelle de P5 dans laquelle des vers de terre ont été introduits en grande quantité (même densité que P15)
P5 <sub>PSV</sub>	Sous-parcelle de P5 dans laquelle les vers de terre ont été détruits (par nématocide)
P5 <sub>SPSV</sub>	Sous-parcelle de P5 dans laquelle les plantes et les vers de terre ont été éliminés (par herbicide et nématocide)
<b>Jachères</b>	
J15	Jachère de <i>Brachiaria humidicola</i> de 15 ans, développée sur antécédent canne à sucre, jamais irrigué ni fertilisé
J5	Parcelle contigüe à P5 dans laquelle l'installation du <i>D. decumbens</i> n'a pas réussi
<b>Cultures maraîchères...</b>	
<b>... chez des exploitants</b>	
Agr1	Parcelle cultivée chez un exploitant depuis 3 ans, 1 culture par an, intensive sur billon (sous-solage et labour à 20 cm, cultivateur)
Agr2	id. Agr1
Agr3	Parcelle cultivée chez un exploitant depuis 5 ans, 3 cultures par an, travail léger, culture à plat (cover-crop et chisel à 20-30 cm de profondeur)
Agr4	Parcelle cultivée chez un exploitant depuis 8 ans, 1 culture par an, intensive sur billon (sous-soleuse à 50-70 cm, , quatre passages de cover-crop, cultivateur à 30 cm et vibroculteur à 10 cm)
Agr5	Parcelle cultivée chez un exploitant depuis 10 ans, 3 cultures par an, travail léger sur billon, vertisol calcique (rotobêche 25 cm et sous-soleuse)
Agr6	Parcelle cultivée chez un exploitant depuis 6 ans, 2 cultures par an, intensive sur billon (labour à 30-40 cm, cultivateur à 15 cm et billonnage)
<b>... en station expérimentale</b>	
MML	Maraîchage cultivé pendant plus de 15 ans de façon traditionnelle (labour profond, nombreuses reprises)
MMB	Maraîchage cultivé pendant plus de 15 ans de façon traditionnelle et depuis 2 ans travaillé superficiellement (machine à bêcher)
MJL	Maraîchage installé depuis 2 ans sur un antécédent jachère, et travaillé profondément (labour)
MJB	Maraîchage installé depuis 2 ans sur un antécédent jachère, et travaillé superficiellement (machine à bêcher)
MPL	Maraîchage installé depuis 2 ans sur un antécédent prairie, et travaillé profondément (labour)
MPB	Maraîchage installé depuis 2 ans sur un antécédent prairie, et travaillé superficiellement (machine à bêcher)

Tableau XXX : Principales caractéristiques des parcelles d'étude

## 2. Méthodes d'étude

### 2.A. Communautés animales

Les vers de terre sont récoltés manuellement dans des blocs de sol de 30 x 30 x 30 cm. Ils sont ensuite déterminés, pesés et comptés.

La mésofaune a été extraite à partir de blocs de sol de 10 x 10 x 3 cm. Ces blocs ont été placés dans un extracteur de Berlèse pendant 48 heures à 40°C. La faune récoltée a été ensuite déterminée à différents niveaux taxonomiques (au niveau spécifique pour les collemboles et les acariens). Les densités ont été calculées, ainsi que divers indices habituellement calculés : la richesse spécifique  $R_s$  (nombre d'espèces présentes), l'indice de diversité de Shannon  $I_{sh}$  ( $I_{sh} = 3,322(\log \sum q_i - \sum (q_i \log q_i)) / \sum q_i$ ) avec  $q_i$  = nombre d'individus de l'espèce  $i$ ), l'équitabilité  $E$  renseigne sur l'équilibre du peuplement ( $E = I_{sh} / I_{shmax}$  avec  $I_{shmax} = \ln S$  avec  $S$  = nombre d'espèces total) (si  $E$  se rapproche de 1, le peuplement est bien équilibré, si  $E$  se rapproche de 0, le peuplement est très mal équilibré, avec la dominance nette de certaines espèces).

### 2.B. Elevage de vers de terre en laboratoire

Les vers de terre sont élevés sur des sols séchés à l'air, broyés et tamisés. Les élevages sont effectués sur les fractions 1-2 mm et/ou 0,5-1 mm. Les sols sont ensuite amenés à une humidité équivalente à la capacité au champ. Un seul ver est introduit par boîte d'élevage. Les vers sont pesés et changés de sol tous les 12-15 jours.

### 2.C. Biomasse racinaire

Des blocs de sol de 10 x 10 x 10 cm sont dispersés dans l'eau (avec quelques gouttes de soude) ; les racines sont ensuite récupérées sur des tamis de 200  $\mu$ m et 1 mm, puis séchées et pesées.

### 2.D. Biomasse microbienne

La méthode utilisée pour mesurer la biomasse microbienne est celle de la mesure de ninhydrine (après fumigation au chloroforme).

## 2.E. Teneur en matière organique (C, N)

Il s'agit d'une mesure de la teneur en carbone (organique = totale en l'absence de carbonates) et azote par microanalyses, grâce à un CNS (Carlo Erba 1500).

## 2.F. Formes de l'azote et du phosphore

Les ions nitrates (NO<sub>3</sub>) et ammonium (NH<sub>4</sub>) sont dosés par colorimétrie après extraction KCl. Le phosphore total et le phosphore assimilable sont dosés par la méthode colorimétrique de Duval. Le phosphore assimilable est le phosphore extrait par des résines anioniques.

## 2.G. Profils culturaux

La description des unités morphologiques est faite selon la méthode de Manichon (1982) : description tactile et visuelle de la structure des unités en se référant à des critères à trois niveaux : état interne des mottes, mode d'assemblage des mottes et regroupement de ces modes d'assemblage.

- 1er niveau : taille de la sous-structure minimale et organisation interne (compacité) de la motte.

$\Gamma$  = taille de 1 à 3 mm,  $\Phi$  = taille de 3 à 7 mm,  $\Delta$  = taille > 7 mm.

- 2ème niveau : organisation des mottes entre elles et selon leur taille. M= massif, F= mottes individualisées, FV= mottes individualisées avec présence de vide inter-motte importante, SF= mottes soudées facilement discernables, SD= mottes soudées difficilement discernables.

- 3ème niveau : rangement des unités morphologiques dans des classes. O= horizon travaillé de surface, granuleux, noir avec des mottes plus ou moins cohérentes, facilement reconnaissables, C= horizon travaillé intermédiaire plus ou moins compacté, correspondant à une dégradation de la structure, mottes généralement soudées entre elles et facilement reconnaissables, S= horizon humique de prairie, brun plus ou moins foncé, avec des mottes de forme carrée à polyédrique et de taille comprise entre 5 et 10 cm, agrégats polyédriques à nuciformes, B= horizon B pédologique, jaune à jaune olivâtre, présence de taches d'hydromorphie et de slickensides. Pour les unités O, S, C et B, des valeurs de 1 à 3 correspondent à des sous-classes (O1=  $\Gamma$  F 1 cm, O2=  $\Phi$  à  $\Gamma$  F 10 cm, C1=  $\Phi$  SF 5cm, C2=  $\Delta$  SF 10 cm, C3=  $\Delta$  SF 10 cm, S1=  $\Gamma$  SD 10 cm, S2=  $\Phi$  SD 10 cm, S3=  $\Delta$  SD 10 cm, B1=  $\Gamma$  M, B2=  $\Delta$  F 10 à 30 cm, B3=  $\Phi$  SF 10 cm) (Kulesza, 1994).

## 2.H. Stabilité structurale

Les échantillons de sol (après séchage, broyage et tamisage à 2 mm, on récupère la fraction 1-2 mm) sont soumis à une cinétique de désagrégation (agitation dans l'eau sans agitation ( $t_0$ ) ou après 30 retournements, 30 min., 1h, 2h, 6h, 12h et 18h). Après agitation, les échantillons sont tamisés sous eau à 500 et 200  $\mu\text{m}$ . La granulométrie des fractions  $< 200 \mu\text{m}$  est analysée grâce à un granulomètre à diffraction LASER.

La construction d'une courbe cumulée des pourcentages pondéraux des classes d'agrégats permet l'obtention d'un Diamètre Médian Pondéral (DMP = diamètre correspondant à 50% du poids des agrégats sur la courbe cumulée)

## 2.I. Erodibilité

L'érodibilité des sols est évaluée, au champ, grâce à un mini-simulateur de pluie. Différentes intensités de pluie (pluie de récurrence annuelle 50  $\text{mm.h}^{-1}$ , pluie de récurrence décennale 80  $\text{mm.h}^{-1}$  et pluie de récurrence centennale 150  $\text{mm.h}^{-1}$ ) sont appliquées successivement sur différents états de surface (surface enherbée ou naturelle, surface nue ou désherbée, surface labourée - petit travail à la houe). La perte en terre, la turbidité de l'eau de ruissellement, la perte en matière organique et la taille des agrégats entraînés sont des paramètres mesurés.

## 2.J. Porosité

La mesure de la porosité des vertisols est délicate en raison du comportement particulier des argiles (smectites) qui gonflent en présence d'eau et se rétractent en période de sécheresse. La densité apparente du sol varie donc avec la teneur en eau. Malgré la teneur élevée en argile, ces sols présentent un volume oral occupé par l'air ( $V_a$ =volume spécifique d'air) qui reste relativement stable sur une large gamme d'humidité. Cette porosité dite "structurale" est un bon indicateur de la porosité utile pour la circulation et le stockage de l'eau disponible pour les plantes. L'obtention de la valeur de  $V_a$  nécessite la connaissance du volume total  $V_t$  de l'échantillon (mesures par poussée hydrostatique dans l'eau après ensachage sous vide ou dans le pétrole) et la teneur en eau de l'échantillon  $V_e$  (au moment de la mesure). Le volume spécifique du solide  $V_s$  étant constant ( $=0,377 \text{ cm}^3.\text{g}^{-1}$ ), on en déduit :

$$V_a = V_t - V_e - 0,377$$

Les mesures peuvent être réalisées sur des agrégats de taille variable. Nous avons étudié des agrégats (et turricules) centimétriques et des mottes décimétriques.

### 3. Caractérisation des communautés animales (vers de terre, mésofaune) dans des parcelles plus ou moins anthropisées

Les vers de terre ont été échantillonnés dans toutes les situations étudiées. La mésofaune a été étudiée dans les situations FS, P15, P5, J15, J5, MML. On a ensuite cherché à mettre en évidence une relation entre la présence de vers de terre et la présence de mésofaune dans une prairie âgée. Pour ceci, la répartition spatiale des vers de terre a été étudiée dans cette prairie puis la mésofaune a été étudiée dans les taches avec (forte densité) ou sans (faible densité) vers de terre.

#### 3.A. Vers de terre

##### \* Peuplements en fonction du mode d'exploitation

Certaines situations ont été étudiées plusieurs fois par an, pendant plusieurs années consécutives afin de suivre l'évolution des peuplements avec le temps (cf Rapport Macrofauna-CEE). Chez les agriculteurs, les peuplements ont été étudiés en novembre-décembre 1995. En comparaison, on donnera les résultats des autres situations pour cette même date, excepté pour P15 (Rossi, 1992) et J15 (1994), situations évoluées, proches d'un équilibre (Figure XXX).

La plus forte abondance de vers de terre se rencontre dans le pâturage âgé P15 avec une densité de 317 ind.m<sup>-2</sup> (données J.P. Rossi, 1992). La forêt présente une densité plus faible de 111 ind.m<sup>-2</sup> en moyenne. La jachère de 15 ans présente une densité faible (21 ind.m<sup>-2</sup>) alors que les parcelles cultivées installées sur J15 : MJL et MJB présentent des densités élevées proches de 200 ind.m<sup>-2</sup>. Les parcelles cultivées installées sur P15 : MPL et MPB présentent quant à elles des données plus faibles que P15 (autour de 100 ind.m<sup>-2</sup>). Enfin les 6 parcelles étudiées chez des agriculteurs montrent des densités très faibles.

Ces peuplements de vers de terre sont composés de différentes espèces. L'espèce *Pophypheretima elongatu* est une espèce pouvant atteindre 5 g à l'âge adulte. En revanche, les juvéniles de cette espèce peuvent très facilement être confondus avec des individus de deux autres espèces de petite taille (espèces Y et Z, non déterminées actuellement, pouvant atteindre 60 mg à l'âge adulte). Ainsi, les observations des biomasses totales et des poids moyens des vers de terre dans ces différents systèmes permettent de mieux préciser les espèces présentes. Les parcelles Agr5, P5PV et P5 présentent un poids moyen de vers de terre relativement élevé (> 500 mg), signe d'une prédominance de l'espèce *P. elongata*. Ceci entraîne des biomasses importantes dans ces parcelles. La parcelle P15 et la parcelle MPL présentent un peuplement mitigé constitué à la fois de vers de terre de grande taille et de petits vers de terre. A la différence

des parcelles anthropisées, la forêt présente une espèce supplémentaire (*Pontoscolex sp.*) qui constitue la moitié du peuplement, pour un poids assez faible.

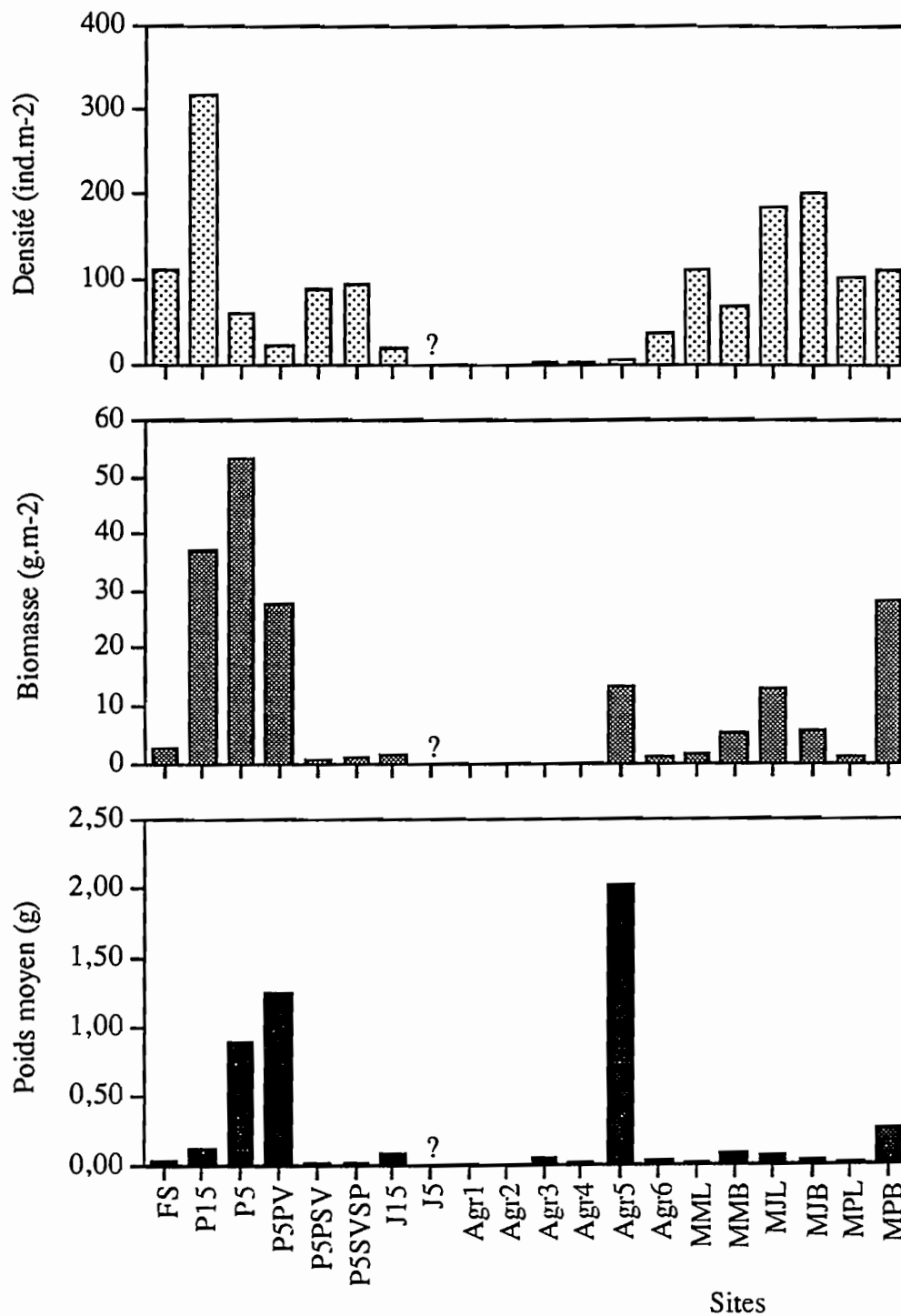


Figure XXX : Densité, biomasse et poids moyen des vers de terre pour différents modes d'exploitation des vertisols.

\* Evolution des peuplements de vers de terre lors de la mise en culture maraîchère de trois parcelles à antécédents différents et effet de la profondeur de travail du sol

La transformation en culture maraîchère (melon) d'une prairie (J15) selon deux itinéraires techniques : profond avec retournement (MPL) et superficiel sans retournement (MPB) a entraîné des divergences dans le peuplement de vers de terre de cette parcelle. Les densités de vers de terre ont fortement diminué après la première culture de melon (Figure XXX). Ensuite, dans la parcelle MPB, les valeurs se maintiennent autour de la valeur de 93 ind.m<sup>-2</sup>. Les valeurs mesurées dans la parcelle labourée MPL sont plus faibles malgré un pic en Déc-95 ; la valeur moyenne après mise en culture est de 47 ind.m<sup>-2</sup> (soit la moitié de la parcelle MPB). Les biomasses de vers de terre subissent aussi une diminution importante après la première culture ; la biomasse égale à 37,3 g.m<sup>-2</sup> dans le pâturage atteint 8,48 g.m<sup>-2</sup> dans la parcelle bêchée MPB et 0,78 g.m<sup>-2</sup> dans la parcelle labourée MPL (Figure XXX). Ensuite, progressivement, les valeurs remontent dans les deux parcelles. Elles augmentent surtout très fortement dans la parcelle MPB qui présente la valeur moyenne de 94.8 g.m<sup>-2</sup> en Déc-96 (valeur bien supérieure à la valeur initiale avant travail du sol). Ceci est dû au développement très important d'individus *P. elongata* adultes de grande taille.

La transformation en culture maraîchère d'une jachère de star grass (J15) selon deux itinéraires techniques différents : profond (MJL) et superficiel (MJB) entraîne également des évolutions des populations de vers de terre différentes. Si les densités moyennes ont augmenté par rapport au t0 (échantillonnage en période plus sèche), les densités sont plus élevées dans la parcelle bêchée (MJB) que dans la partie labourée (MJL), notamment après le deuxième cycle cultural. Les biomasses, au bout de deux ans, sont également supérieures dans MJB que dans MJL.

La comparaison entre un sol de maraîchage cultivé profondément (MML) ou superficiellement (MMB) montre que les densités de vers de terre ne semblent pas affectées par cette différence de travail du sol. Après deux cycles culturaux, les densités sont identiques, et très faibles (voire nulle) dans les deux parcelles. En effet, aucun ver de terre n'a été rencontré (à t2) dans la parcelle bêchée, alors que 2 individus de *P. elongata* ont été rencontrés dans un échantillon de la parcelle labourée ; ce qui donne une biomasse > 5 g/m<sup>2</sup> dans cette parcelle.

Ainsi, au bout de deux ans de préparation différente du sol, soit profonde, soit superficielle, il semble que le travail superficiel maintienne les populations de vers de terre dans les parcelles riches en vers de terre (prairie) alors qu'un travail profond (labour + reprises) provoquent une diminution importante des biomasses et, dans une moindre mesure des densités de vers de terre. Inversement, dans les parcelles où les vers de terre sont, au départ, relativement rares, un travail du sol superficiel ne permet pas, en deux ans de restaurer les populations, par rapport à un travail classique profond - rappelons qu'en raison de différences d'humidité du sol au cours de l'année et entre les années, il est difficile de comparer différentes dates).



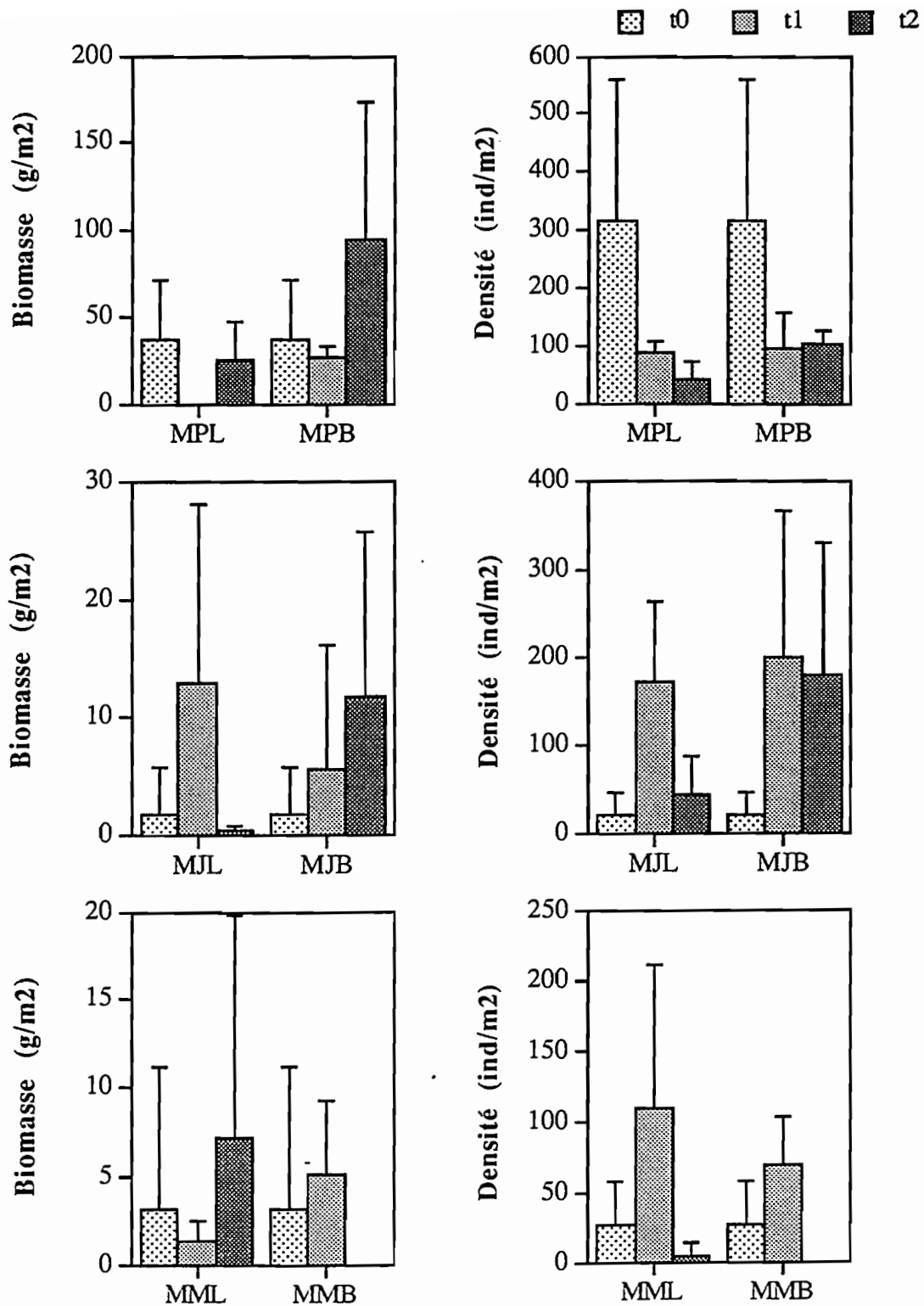


Figure XXX : Evolution des densités (ind.m<sup>-2</sup>) et des biomasses (g.m<sup>-2</sup>) de vers de terre après mise en culture d'un vertisol à antécédents pâturage (P), jachère (J) et maraîchage (M) selon deux modes de préparation du sol (labour profond à 40 cm (L) et rotobèche à 10 cm (B)), un mois (Mai-95) et 8 mois (Déc-95) après la première récolte et un mois (Mai-96) et 8 mois (Déc-96) après la deuxième récolte de melon.

### 3.B. Mésofaune

Les résultats de densité de mésofaune (acariens, collemboles et autres groupes) montrent des différences importantes entre les 6 situations étudiées (Figure xx). Dans sa totalité, la mésofaune domine dans la jachère récente J5 (58.200 ind.m<sup>-2</sup>), puis dans la forêt FS (et dans le pâturage âgé P15 La parcelle cultivée intensivement depuis plus de 15 ans donne les densités les plus faibles. Les acariens et les collemboles suivent ce même ordre.

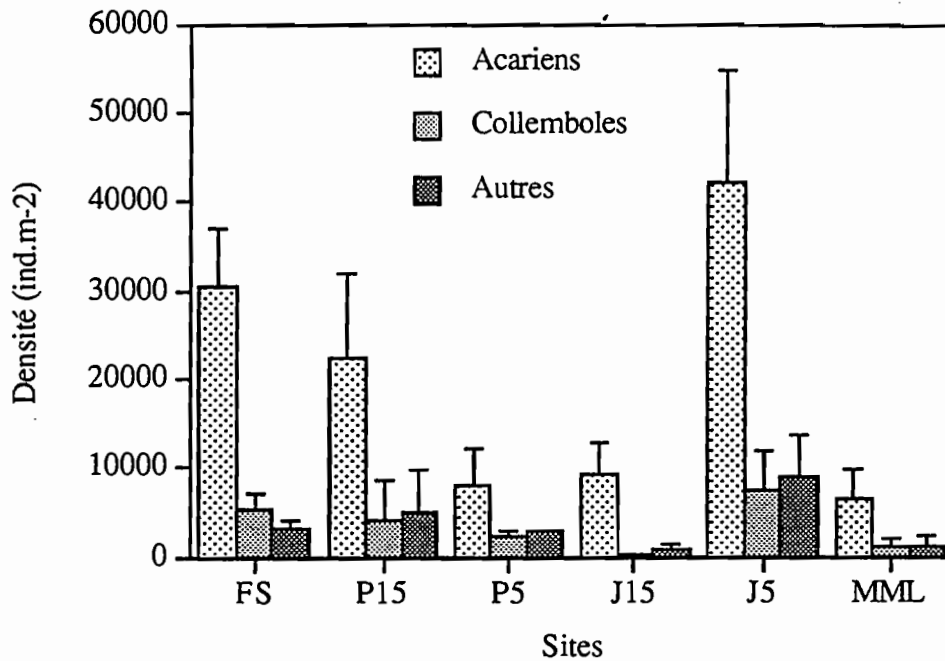


Figure xxx : Densité des groupes de la mésofaune en fonction du mode d'occupation du vertisol.

Les densités mesurées ont été comparées à l'aide d'un test d'ANOVA et montrent des différences significatives entre les divers peuplements (Tableau XXX).

	FS	P15	P5	J15	J5	MML
<b>Acariens</b>	c	c	a	a	b	a
<b>Collemboles</b>	ef	efg	dfg	d	e	dg
<b>Total</b>	c	c	a	a	d	a

Tableau XXX : Test ANOVA de comparaison des groupes de mésofaune entre différents modes d'utilisation du vertisol. Des lettres différentes représentent des différences significatives.

Les Collemboles et les Acariens ont été étudiés en détail : les Collemboles ont été étudiés au niveau spécifique, dans les 6 situations étudiées et les Acariens ont été étudiés au niveau

morphologique (les individus ont été séparés selon des critères morphologiques ne permettant pas de façon certaine d'avoir des espèces différentes) seulement dans le pâturage âgé P15.

\* Collemboles

Un total de 43 espèces de Collemboles a été trouvé. Certaines de ces espèces sont inféodés à certains milieux, d'autres semblent ubiquistes (Tableau XXX).

Les indices de diversité de Shannon, l'équitabilité et la richesse spécifique des différents milieux ont pu être calculés (Tableau XXX).

Les pâturages et la forêt présentent les indices de diversité spécifique les plus élevés. De même l'équitabilité est plus élevée dans ces milieux. Malgré une richesse spécifique élevée, la jachère récente J5 présente un déséquilibre du peuplement avec notamment une forte dominance des espèces 41 et 7. La jachère âgée J15 présente non seulement une très faible diversité spécifique mais également un mauvais équilibre entre les espèces (dominance de l'espèce 12).

	FS	P15	P5	J15	J5	MML
Ish	2,87	3,25	3,07	1,15	2,23	2,03
E	0,76	0,86	0,82	0,31	0,59	0,54
Rs	25	24	17	3	20	11

Tableau XXX : Indices de Shannon Ish, équitabilités E et richesses spécifiques Rs des six modes d'exploitation du vertisol pour les peuplements de Collemboles.

\* Acariens

Dans la pâturage âgé P15, 38 types morphologiques d'Acariens ont été observés (14 Oribatida, 10 Gamasida, 6 Acaridida et 8 Actinedida). En abondance, les Oribatida (saprophages) sont largement dominants avec 79% du peuplement. Viennent ensuite les Gamasida (essentiellement prédateurs) avec 14% du peuplement.

3.C. Relation entre vers de terre et mésofaune dans une prairie âgée

Il existe des différences significatives entre les deux taches (présence ou absence de vers de terre) pour les collemboles, les acariens et la mésofaune totale. La densité de mésofaune est ainsi plus élevée dans la tache "avec vers de terre" (moyenne=812, écart-type=295, n=60) que dans la tache "sans vers de terre" (moyenne=486, écart-type=184, n=60). L'indice de diversité est également plus important dans la tache "avec vers de terre" (1,29 contre 1,15), ainsi que l'équitabilité (0,38 contre 0,35) et la richesse taxonomique (0,43 contre 0,37).

	FS	P15	P5	J15	J5	MML
sp 1		5	8		14	2
sp 2		3	28		25	21
sp 3	1	21	4	1	4	1
sp 4	5	15	32		16	11
sp 5			1			
sp 6		4	4		6	10
sp 7	28	186	68		115	66
sp 8	1	22				2
sp 9		3	5			1
sp 10	253	25	1			1
sp 11	2	31	3	1		1
sp 12		6		5	2	
sp 13		2	36		12	
sp 14	6	13	5		37	
sp 15	1	18	5			
sp 16			1			
sp 17		4	7			
sp 18		13				
sp 19			3		5	
sp 20	9	5				
sp 21		8				
sp 22	6	5	5		4	
sp 23	17	2			8	
sp 24		5			7	
sp 25		12				
sp 26					2	1
sp 27	3					
sp 28	12					
sp 29	2				2	
sp 30	16					
sp 31	46				4	
sp 32	7					
sp 33	9					
sp 34	33				13	
sp 35		5				
sp 36		3				
sp 37	45				12	
sp 38	2					
sp 39	1					
sp 40	1					
sp 41	5				437	
sp 42	1					
sp 43					1	
TOTAL	512	416	216	7	726	117
Nb espèces	25	24	17	3	20	11

Tableau XXX : Espèces de Collemboles dans les différents systèmes étudiés (somme des 10 prélèvements effectués).

En ce qui concerne les collemboles, 5 espèces sont caractéristiques des taches "avec vers de terre" et une seule espèce est inféodée à la tache "sans vers de terre". Pour ces animaux, la diversité (3,53 contre 2,74), l'équitabilité (0,94 contre 0,73) et la richesse spécifique (2,8 contre 2,3) sont également plus importants en présence de vers de terre. En ce qui concerne les acariens, 38 espèces ont été rencontrées en présence de vers de terre contre 32 espèces en leur absence. L'indice de diversité (1,69 contre 1,05) et l'équitabilité (0,57 contre 0,40) sont plus élevés dans les taches "avec vers de terre" que dans la tache "sans vers de terre".

### 3.C. Conclusions

Les vers de terre sont très sensibles aux pratiques culturales menées sur les vertisols. De 5 espèces rencontrées en forêt (FS), le peuplement ne contient plus que 3 espèces dans les parcelles cultivées. Sous prairies, l'espèce *P. elongata* est nettement dominante, en biomasse mais également en densité. En revanche, sous cultures maraîchères intensives, le peuplement est dominé par deux espèces de petite taille (en cours de détermination), épi-endogées dont les densités peuvent dépasser 200 ind.m<sup>2</sup>. Dans ces situations maraîchères, *P. elongata* n'existe plus que grâce à quelques individus. Une seule situation ressort de ce schéma global, il s'agit de la situation Agr5 qui est la seule situation sur vertisol calcique ; le peuplement est dominé par *P. elongata*.

Les densités de microarthropodes mesurées dans 6 situations sur vertisol sont relativement faibles (en comparaison notamment avec des milieux tempérés). La forêt, milieu le moins perturbé, présente une diversité biologique élevée. De nombreux taxons ne sont pas représentés ailleurs (termites, pseudoscorpions). Inversement, les Isopodes ne sont pas représentés dans ce milieu alors qu'ils sont abondants dans le maraîchage. La grande abondance d'espèces et d'individus dans la jachère récente J5 est difficile à expliquer ; elle peut toutefois être expliquée par la diversité des ressources (grande diversité végétale) et par une irrigation et une fertilisation régulières. En comparaison, le pâturage récent P5, situé juste à côté, présente une abondance moindre de microarthropodes ; ceci peut être dû à la dominance du *Digitaria*. De même la diversité spécifique des nématodes est amoindrie sous *Digitaria* (Quénéhervé, comm. pers.). La jachère âgée J15 est le système le plus pauvre en mésofaune ; ceci peut s'expliquer par la prédominance de la graminée *Brachiaria* et par l'absence de fertilisation et d'irrigation sur cette parcelle. Enfin, la parcelle cultivée intensivement MML présente, à la fois, une faible diversité biologique et une faible abondance. Certains groupes dominent toutefois dans ce milieu ; ils ne se rencontrent pas dans la forêt : isopodes et larves d'hémiptères.

#### 4. Caractérisation de la matière organique et des propriétés physiques dans les parcelles plus ou moins anthropisées.

Un certain nombre de propriétés édaphiques ont pu être déterminées pour les différentes situations étudiées. En raison de l'évolution connue des différents paramètres avec la profondeur, seul l'horizon 0-10 cm a été étudié dans toutes les parcelles d'étude. Certaines parcelles ont été étudiées plus en profondeur mais notre discours portera donc essentiellement sur la strate de surface.

##### 4.A. Teneurs en carbone

Les mesures de C organique présentent des différences importantes entre les systèmes (Figure xxx). La forêt FS est le milieu qui présente la teneur en C la plus importante (36‰ dans l'horizon 0-10 cm), suivie par le pâturage âgé P15 (35‰). En revanche, la jachère âgée J15 n'a pas permis la restauration de la teneur en carbone du sol (19‰). En ce qui concerne les parcelles en restauration (P5, P5<sub>pv</sub>, P5<sub>psv</sub>, P5<sub>svsp</sub>), les teneurs en carbone ont suivies des évolutions différentes depuis 2 ans. Pour les parcelles soumises à une influence de la profondeur de travail du sol (MML, MMB, MJL, MJB, MPL, MPB), on note là encore des différences dans les évolutions des teneurs en carbone, les parcelles cultivées superficiellement présentant des valeurs supérieures à celles des parcelles cultivées profondément (Tableau xxx).

<b>Sites</b>	FS	P15	P5	P5 <sub>pv</sub>	P5 <sub>psv</sub>	P5 <sub>svsp</sub>	J15	Agr1	Agr3
<b>C ‰</b>	36	35	24,7	22,3	20,7	15,9	19,7	16,4	24,5

<b>Sites</b>	Agr4	Agr5	Agr6	MML	MMB	MJL	MJB	MPL	MPB
<b>C ‰</b>	16,2	19,3	18,8	14,9	15,1	16,4	17,9	24,8	28,6

*Tableau xxx : Teneurs en carbone (‰ ou mg/g sol) de l'horizon 0-10 cm pour différents modes de gestion d'un vertisol.*

Les situations sous maraîchage, cultivées intensivement depuis plusieurs années présentent les teneurs en carbone les plus faibles (< 20‰), la parcelle en jachère J15 présente une teneur proche de 20‰, les parcelles transformées en pâturage ont des teneurs en carbone qui augmentent avec le temps et la présence d'activités biologiques (vers de terre et/ou racines), pour atteindre des valeurs > 30 ‰. Sans activité biologique (racines principalement), la teneur en carbone du sol n'augmente pas.

#### 4.B. Etat structural et propriétés physiques

##### \* Profils cultureux

Des profils cultureux ont été réalisés dans 12 situations (P15, P5, P5<sub>PV</sub>, P5<sub>PSV</sub>, P5<sub>SVSP</sub>, J5, Agr1, Agr3, Agr4, Agr5, Agr6, MML). Les données ont été présentées presque intégralement dans le rapport intermédiaire n°1 (juin 1996). Nous ne présentons donc ici que les principaux résultats (Tableau xxx).

Sites	Caractéristiques du profil cultural
P15	2 unités S1 et B1, racines et faune très bien représentées, S1 a une épaisseur de 30 cm environ
P5	2 unités S2 et B1, racines bien représentées et quelques vers de terre, S2 a une épaisseur de 35 cm
P5 <sub>PV</sub>	3 unités S3, S1 et B1, racines nombreuses, vers de terre présents dans S1, S3 (12 cm) beaucoup plus compacts que S1 (22 cm)
P5 <sub>PSV</sub>	2 unités S2 et B1, racines bien représentées, rares vers de terre, S2 a une épaisseur de 35 cm
P5 <sub>SVSP</sub>	2 unités S3 et B1, rares vers de terre et racines, S3 sec en surface et très humide en profondeur
J5	4 unités S2, C2, C1, B1, présence d'unités morphologiques de situations maraîchères C2 et C1 plus étendues que celle de prairie S2, S2 présente sous la ligne de plantation des graminées
Agr1	3 unités O1, C2, B1, O1 important, descend jusqu'à 35 cm, C2 situé sous le passage de la roue du tracteur
Agr3	3 unités O1, C2, B2, activité racinaire et faunique importante, O1 a une épaisseur de 10 cm
Agr4	4 unités O1, C2, C1, B1, activité biologique faible
Agr5	3 unités O1, O2, B1, absence d'unité C, O a une épaisseur de 25 cm
Agr6	4 unités O2, C1, C2, B2, O2 a une épaisseur de 5 cm, unité C1 très humide comportant énormément de vers de terre
MML	3 unités O2, C3, B3, profil le plus dégradé au niveau morphologique, hydromorphie dans C3, racines rares, faune absente

*Tableau xxx : Principales caractéristiques des profils cultureux pour différents modes de gestion d'un vertisol.*

##### \* Stabilité structurale

La stabilité structurale de l'horizon 0-10 cm a été étudiée dans toutes les situations excepté J15 et les situations soumis à un travail du sol plus ou moins profond (Tableau xxx).

En absence d'agitation ( $t_0$ ), la forêt présente une très bonne stabilité de l'agrégation avec un DMP de 820  $\mu\text{m}$ , suivie par le pâturage âgé, les pâturages jeunes en cours de restauration (P5..) et la situation maraîchère Agr6. Après 2 heures d'agitation, le sol de la forêt est toujours bien agrégé, ainsi que P15 et la situation maraîchère Agr5. La stabilité des agrégats semble meilleure dans la situation Agr5 et dans la forêt avec une diminution du DMP de 55 et 66%

respectivement. La bonne stabilité structurale de Agr5 peut s'expliquer par son caractère calcique spécifique, ce qui rend son comportement vis-à-vis de l'eau très particulier par rapport aux autres situations cultivées.

Sites	FS	P15	P5	P5 <sub>PV</sub>	P5 <sub>PSV</sub>	P5 <sub>SVSP</sub>	J15	Agr1	Agr3
DMP t0	820	550	470	400	430	300	?	280	400
DMP 2h	280	83	21	19	19	50	?	38	20
$\Delta$ DMP	0,66	0,85	0,96	0,95	0,96	0,83		0,86	0,95

Sites	Agr4	Agr5	Agr6	MML	MMB	MJL	MJB	MPL	MPB
DMP t0	300	200	480	55	?	?	?	?	?
DMP 2h	42	90	30	6,2	?	?	?	?	?
$\Delta$ DMP	0,86	0,55	0,94	0,89					

Tableau xxx : Stabilité structurale des agrégats. Cinétique de désagrégation (t0 et 2 h) : diamètres médians pondéraux ( $\mu\text{m}$ ) pour différents modes de gestion d'un vertisol. En italique, données obtenues à partir d'un sol total (fraction 0-2 mm), en normal, données obtenues à partir de la fraction 1-2 mm.

\* Porosité (volume spécifique d'air)

La porosité sur petites (5 cm<sup>3</sup>) et grosses mottes (500 cm<sup>3</sup>) a également été mesurée sur quelques situations (Tableau xxx).

Sites	FS	P15	P5	P5 <sub>PV</sub>	P5 <sub>PSV</sub>	P5 <sub>SVSP</sub>	J15	Agr1	Agr3
Va GM (eau)		0,164	0,076	0,082	0,085	0,054	0,098		
Va GM (pétrole)		0,105	0,063	0,064	0,064	0,032	0,070		
$\Delta$ Va GM (%)		36	17	22	25	41	29		
Va PM (pétrole)		0,048	0,023	0,027	0,020	0,025	0,032		
$\Delta$ Va pétrole		0,057	0,040	0,037	0,044	0,007	0,038		

Sites	Agr4	Agr5	Agr6	MML	MMB	MJL	MJB	MPL	MPB
Va GM (eau)				0,064	0,085	0,108	0,118	0,107	0,134
Va GM (pétrole)				0,046	0,061	0,072	0,067	0,074	0,083
$\Delta$ VA GM (%)				28	28	33	43	31	38
PM (pétrole)				0,031					
$\Delta$ Va pétrole				0,015					

Tableau xxx : porosité de l'horizon 0-10 cm de quelques situations étudiées. Volume spécifique d'air sur grosses mottes (Va GM) mesuré à l'eau ou au pétrole. différence entre les deux mesures ( $\Delta$  Va GM %), volume spécifique d'air mesuré sur petites mottes (Va PM) et différence entre les deux mesures au pétrole ( $\Delta$  Va pétrole).



Le pâturage âgé P15 présente les volumes spécifiques d'air sur grosses mottes les plus élevés (aussi bien à l'eau qu'au pétrole). Le Va mesuré à l'eau définit une porosité totale de l'échantillon tandis que le Va mesuré au pétrole mesure la porosité non accessible au pétrole, donc non ouverte. La différence entre les deux (%) permet d'estimer la part de la porosité accessible au pétrole, donc ouverte et fonctionnelle pour les transferts. Cette valeur est plus élevée pour MJB (43%), P5<sub>svsp</sub> (41%), MPB (38%) et P15 (36%). Sur petites mottes, le Va est plus important pour P15.

\* Erodibilité

L'érodibilité mesurée sous simulation de pluie permet de dégager plusieurs paramètres (turbidité de l'eau de ruissellement, débit solide, exportation de terre, teneur en C de la partie solide exportée, taille des agrégats entraînés par l'eau de ruissellement). Plusieurs de nos situations ont subi des tests de simulation de pluie (Tableau xxx).

Sites	FS	P15	P5	P5 <sub>pv</sub>	P5 <sub>psv</sub>	P5 <sub>svsp</sub>	J15	Agr1	Agr3
Turbidité (g/l)	1,83	4,70	12,76	11,93	11,17	18,35	5,85		
Débit solide (g/mn)	3,70	10,69	30,27	28,01	25,40	45,46	14,91		
Perte en terre (t/ha)	1,07	3,10	8,78	8,12	7,36	13,53	4,32		
Argile exporté (%)		41,11	54,87	49,33	51,82	47,34	41,06		
3Q terre exportée		13	7	9	9	13	18		
C (‰) terre exportée		27,32	18,65	18,51	21,41	19,29	27,54		
C exportée (g/m2)		13,68	16,37	15,03	15,77	26,10	11,91		

Sites	Agr4	Agr5	Agr6	MML	MMB	MJL	MJB	MPL	MPB
Turbidité (g/l)					23,74	?	10,97	14,95	12,29
Débit solide (g/mn)				72,31	56,04	?	25,96	26,58	34,37
Perte en terre (t/ha)				20,97	16,62	?	7,53	7,44	10,23
Argile exporté (%)				53,69					
3Q terre exportée				7					
C (‰) terre exportée				15,98					
C exportée (g/m2)				16,14					

Tableau xxx : Caractéristiques de l'érodibilité du vertisol pour différents modes d'exploitation (simulation de pluie, durée 30 mn, surface labourée, intensité de pluie 150 mm/h). 3Q = Taille des agrégats correspondant à 75% du poids des agrégats sur la courbe cumulée (3ème quartile).

L'érodibilité du vertisol est très forte sous culture maraîchère de longue durée (MML et MMB) et pour la prairie en restauration caractérisée par l'absence d'activité racinaire et lombricienne P5<sub>svsp</sub>. A l'opposé la forêt FS et le pâturage longue durée P15 sont les moins sensibles au risque d'érosion. Dans les parcelles P5, il existe une différence importante entre les parcelles "avec plantes" (P5, P5<sub>pv</sub>, P5<sub>psv</sub>) et la parcelle "sans plantes" (P5<sub>svsp</sub>). Les parcelles "avec

plantes" ont des paramètres d'érodibilité très proches, qu'ils soient quantitatifs ou qualitatifs. La parcelle "sans plantes" présente une très forte érodibilité, avec une perte en terre élevée, une perte en matière organique plus importante et des agrégats exportés de plus grande taille.

#### 4.C. Relations entre teneur en carbone, activités biologiques et propriétés physiques

Les coefficients de corrélation ont été calculés pour l'ensemble des paramètres mesurés (matière organique, vers de terre, propriétés physiques) (Tableau XXX).

	C	VDT Densité	VDT Bioma.	VDT Pm	DMP t0	DMP 2h	Va GM eau	Va GM pétrole	Va PM pétrole	Turbid.	Débit solide
VDT Densité	<b>0,400</b>	-									
VDT Bioma.	<b>0,451</b>	0,317	-								
VDT Pm	0,007	-0,339	<b>0,465</b>	-							
DMP t0	<b>0,844</b>	0,337	0,226	-0,235	-						
DMP 2h	<b>0,673</b>	0,254	-0,083	-0,038	<b>0,684</b>	-					
Va GM	<b>0,74</b>	<b>0,717</b>	0,326	-0,169	0,647	<b>0,741</b>	-				
Va GM pétrole	<b>0,812</b>	<b>0,567</b>	0,457	0,019	0,711	0,573	<b>0,943</b>	-			
Va PM pétrole	<b>0,661</b>	<b>0,793</b>	0,231	-0,229	0,215	<b>0,740</b>	<b>0,838</b>	<b>0,718</b>	-		
Turbid.	<b>-0,742</b>	-0,234	-0,239	-0,092	<b>-0,954</b>	-0,643	<b>-0,625</b>	<b>-0,666</b>	-0,307	-	
Débit solide	<b>-0,742</b>	-0,236	-0,195	-0,072	<b>-0,953</b>	-0,638	<b>-0,617</b>	<b>-0,676</b>	-0,306	<b>0,986</b>	-
Perte en terre	<b>-0,742</b>	-0,237	-0,193	-0,074	<b>-0,953</b>	-0,636	<b>-0,614</b>	<b>-0,677</b>	-0,308	<b>0,982</b>	<b>0,999</b>

Tableau XXX : Coefficients de corrélation (R) entre différents paramètres pédologiques mesurés sur 18 situations sur vertisol. En gras : corrélation significative ( $P < 0,1$ ), en gras + italique : corrélation très significative ( $P < 0,05$ ). Légende : C = carbone, VDT = vers de terre, Pm = Poids moyen, DMP = Diamètre médian pondéral, Va = Volume spécifique d'air, GM = grosses mottes, PM = Petites mottes.

La teneur en carbone est le paramètre qui montre les meilleures relations avec les autres paramètres. Ainsi, les corrélations sont significatives avec la densité et la biomasse de vers de terre, très significatives avec les DMP (t0 et 2h) et la porosité mesurée sur grosses mottes, inversement proportionnelle avec les paramètres d'érodibilité des sols. Les vers de terre sont mal corrélés avec les autres paramètres. Seule leur densité est corrélée avec les paramètres de

porosité (que ce soit mesures sur grosses mottes ou sur petites mottes). En ce qui concerne les paramètres physiques, l'agrégation du sol (en absence d'agitation - t0) est bien corrélée (négativement) avec les paramètres d'érodibilité, mais n'est pas significativement corrélée avec les paramètres de porosité. Après 2 heures d'agitation, une corrélation apparaît entre l'agrégation et la porosité. Enfin, les mesures de porosité sur grosses mottes sont bien corrélés (négativement) avec les paramètres d'érodibilité.

#### 4.D. Evolution des teneurs en carbone et des propriétés physiques lors de la mise en culture maraîchère de trois parcelles à antécédents différents et effet de la profondeur de travail du sol

Une étude a été mise en place en 1994 afin de tester deux types de préparation du sol, l'une classiquement utilisée faisant intervenir un labour à 40 cm et trois reprises (L), et l'autre faisant intervenir un travail superficiel à la machine à bêcher, à 10 cm de profondeur (B). De plus, cette étude a été appliquée à des parcelles ayant subi trois antécédents culturels différents : une ancienne prairie (MP), une ancienne jachère (MJ) et une ancienne culture maraîchère (MM). Ces parcelles présentaient à l'origine de cette étude des teneurs en carbone différentes ; ainsi pour l'horizon 0-10 cm : 34,5 mgC/g sol pour MP, 19 mgC/g sol pour MJ et 15 mgC/g sol pour MM.

##### \* Evolution des teneurs en carbone

L'évolution des teneurs en carbone du sol dépend des teneurs initiales. Pour la parcelle à antécédent prairie, la diminution des teneurs en carbone est mesurée dans les deux traitements MPL et MPB (Figure XXX). Après deux cycles culturels (soit deux cultures de melon), la teneur moyenne de l'horizon 0-10 cm est 21,7‰ dans la parcelle labourée (perte de 37% par rapport au carbone initial) et 26,6‰ dans la parcelle bêchée (soit une perte de 23% par rapport au carbone initial). Pour la parcelle à antécédent prairie, la diminution du carbone est donc plus forte en situation labourée qu'en situation bêchée pour l'horizon 0-10 cm (significatif) et 10-20 cm, mais la tendance s'inverse pour les profondeurs 20-30 et 30-40 cm. Cela est dû au retournement lié au labour qui remonte du sol profond en surface et enfouit du sol de surface en profondeur ; il y a donc dilution du carbone dans le profil.

Pour les parcelles à antécédent jachère (MJ) et maraîchage (MM), l'utilisation de l'une ou l'autre des profondeurs de travail du sol ne modifie pas les profils de carbone après deux cycles culturels. Pour ces parcelles à teneur en carbone initiale faible, le travail du sol ne provoque plus de diminution significative du carbone ; inversement, le travail superficiel ne permet pas d'augmentation des teneurs en carbone du sol.

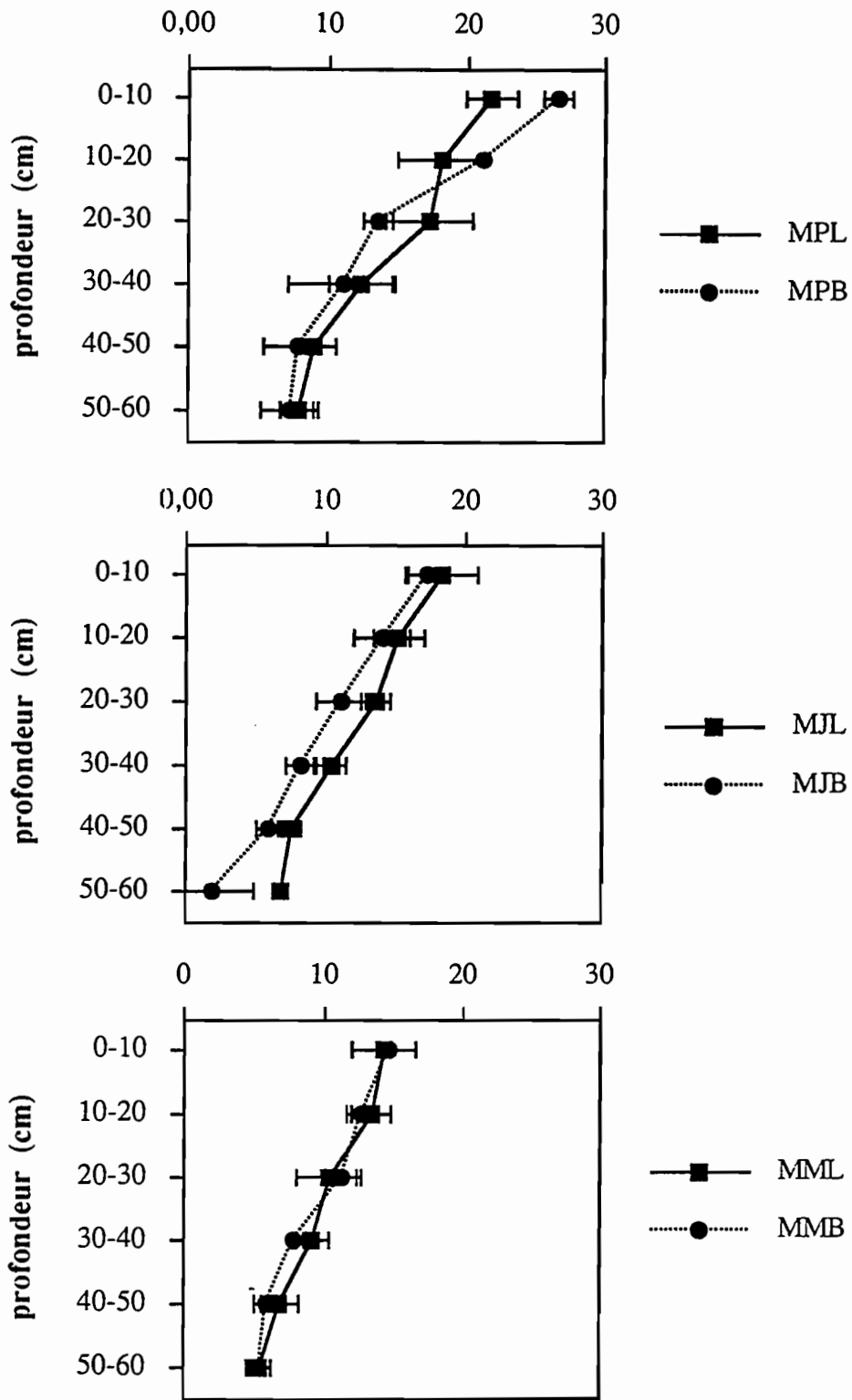


Figure XXX : Profils de carbone dans des parcelles cultivées selon deux itinéraires techniques : labour (L) et machine à bêcher (B) en fonction de l'antécédent culturel : prairie (MP), jachère (MJ) et maraîchage (MM), après le deuxième cycle cultural (moyennes et écarts-types).

### \* Propriétés physiques

Les mesures des propriétés physiques (porosité, stabilité structurale) sont actuellement en cours d'analyses. Seules les données au t0 sont exploitables, mais n'apportent rien à notre discours. Les premières analyses confirment toutefois la forte relation qui existe entre carbone et propriétés physiques ; on observe ainsi, comme pour le carbone, une diminution de la porosité et de la stabilité structurale (associée à une augmentation de l'érodibilité) lors de la mise en culture d'un sol riche en carbone (MP). Ces diminutions semblent supérieures dans la parcelle labourée que dans la parcelle bêchée.

### 4.E. Conclusion

La mise en valeur agricole des vertisols calco-magnésosodiques de Martinique entraîne des modifications profondes des propriétés biologiques, physico-chimiques et physiques, en comparaison avec la forêt. Tous les paramètres mesurés dans cette étude subissent des modifications importantes lorsque les sols sont mis en culture : teneur en carbone, agrégation et stabilité structurale, porosité, érodibilité. Les prairies présentent des teneurs en carbone élevées et des propriétés physiques et biologiques satisfaisantes (bien que la diversité biologique soit supérieure en forêt), ce qui permet une bonne disponibilité de l'eau du sol pour les plantes et un risque d'érosion faible. En revanche, les cultures maraîchères présentent des teneurs en carbone faibles et des propriétés physiques qui entraînent une mauvaise alimentation en eau pour les plantes et un risque d'érosion élevé. Toutes les propriétés physiques mesurées sont corrélées avec les teneurs en carbone ; celui-ci agit donc comme un indicateur de l'état physique de ces sols, aussi bien pour la stabilité de l'agrégation (Albrecht et al., 1992) que pour la porosité structurale.

L'étude des rôles respectifs des vers de terre et des racines dans la restauration des propriétés physiques d'un vertisol dégradé par plusieurs années de maraîchage intensif (projet Macrofauna/CEE) a permis de montrer que les racines sont les acteurs biologiques qui permettent une restauration des teneurs en carbone et, par conséquent, de toutes les propriétés physiques qui sont liées. Si il semble clair que la stabilité de l'agrégation dépend directement de la teneur du sol en carbone, il en va différemment de la porosité qui pourrait plus être directement reliée à l'activité mécanique des racines. Dans ce schéma, les vers de terre, même s'ils modifient la structure du sol à travers la formation de galeries et le rejet de turricules à l'intérieur de ces galeries, ne semblent pas agir sur la teneur en carbone du sol, ni sur les propriétés physiques du sol, et notamment sur la stabilité de l'agrégation. En ce qui concerne la porosité, la présence de galeries non rebouchées par des turricules peut permettre une augmentation de la porosité structurale mesurée sur grosses mottes (à l'eau) - bien qu'il n'y ait pas de corrélation marquée entre ces deux paramètres -, mais cette porosité millimétrique, si elle

peut jouer sur les transferts, ne peut influencer la réserve en eau utile du vertisol qui se situe à une échelle micrométrique (Cabidoche, XXXX).

## 5. Caractérisation au laboratoire des propriétés physico-chimiques des turricules de l'espèce *Polypheretima elongata*

L'effet à court terme des vers de terre sur certaines propriétés physico-chimiques ou physiques peut être appréhendé à travers la comparaison de ces propriétés entre le sol témoin (sol d'élevage) et les turricules. Dans ce présent rapport, nous nous sommes intéressés aux formes de la matière organique, aux teneurs en azote minéral ( $\text{NH}_4$ ,  $\text{NO}_3$ ) et en phosphore assimilable, à la porosité (volume spécifique en air), à la capacité de rétention en eau (relation teneur en eau-pF) et à la stabilité structurale, ceci pour trois sols d'élevage distincts par leur teneur en carbone (un sol prélevé sous forêt - 40 mgC/g sol, un sol prélevé sous prairie âgé - 35 mgC/g sol et un sol prélevé sous culture maraîchère intensive - 15 mgC/g sol).

### 5.A. Fractionnement granulométrique de la matière organique

La répartition par classes granulométriques des particules (avec ou sans destruction de la matière organique) a été effectuée sur des sols provenant de prairie et de maraîchage et sur des turricules issus de ces sols (Figure XXX et XXXX).

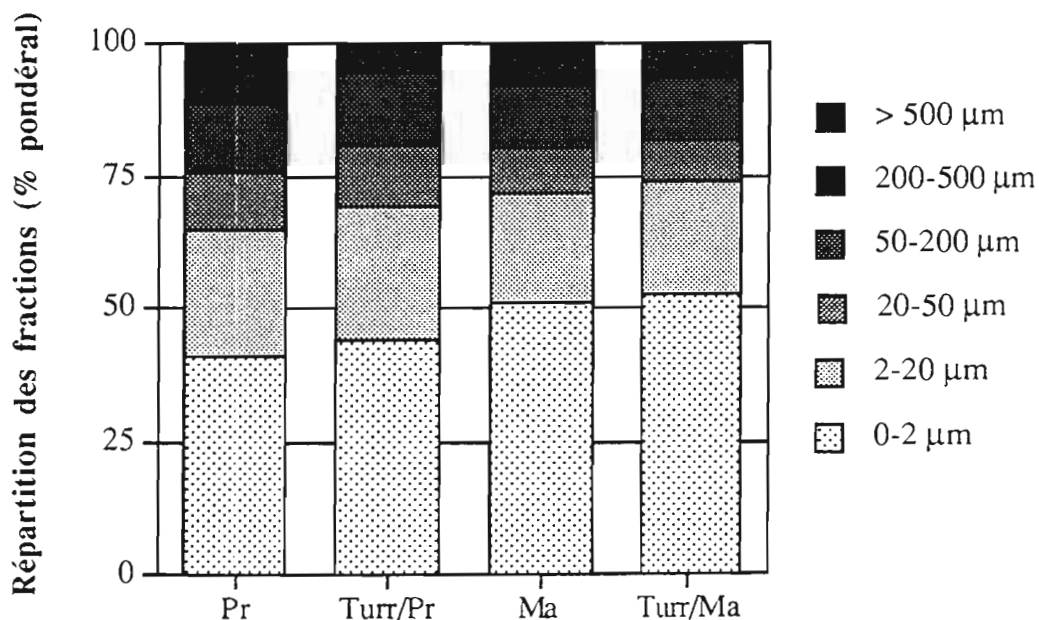


Figure XXX : Répartition par classes granulométriques des particules, après destruction de la matière organique dans deux sols d'élevage (Pr=prairie, Ma=maraîchage) et les turricules de *Polypheretima elongata* issus de ces deux sols d'élevage (n=2).

Après destruction de la matière organique et dispersion maximale, le fractionnement physique du sol montre une texture légèrement plus argileuse pour le sol sous culture maraîchère (51,2%) que pour le sol sous prairie (41,2%). Cette différence peut s'expliquer par l'érosion, relativement forte pour la culture maraîchère qui entraîne les particules argileuses (érosion en nappes). Les turricules montrent peu de différences avec les sols d'élevage respectifs (sols dans lesquels les vers ont été élevés), si ce n'est pour la fraction  $> 500 \mu\text{m}$  quasi-absente dans les turricules (6,0% pour le sol sous prairie et 1,6% pour les turricules issus de ce sol).

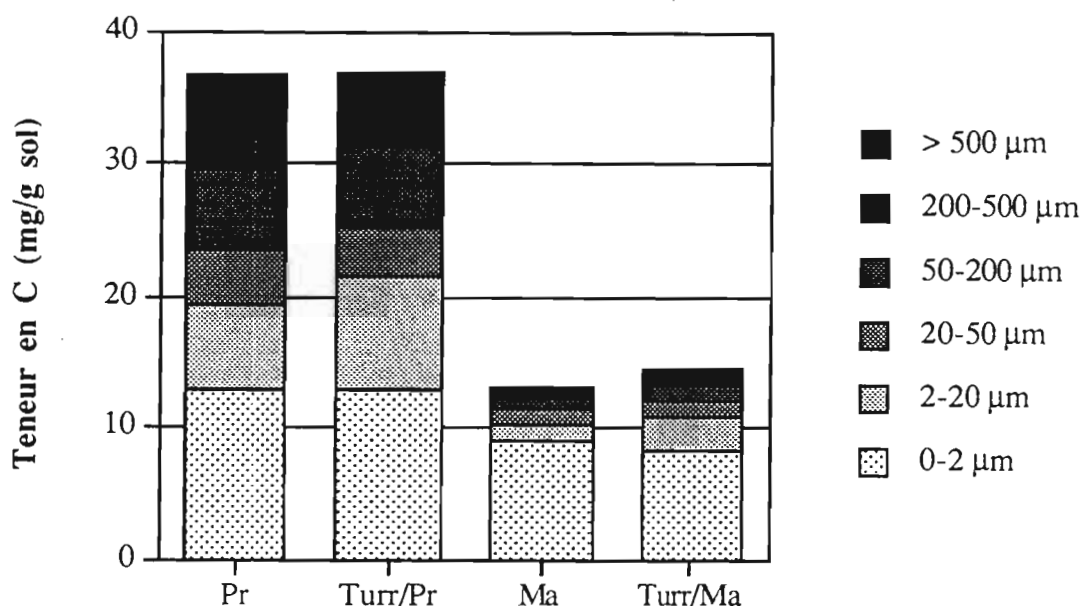


Figure XXXX : Teneur en C (mgC/g sol) dans les différentes fractions granulométriques des sols d'élevage et des turricules de *Polypheretima elongata* issus de ces sols d'élevage.

Le sol sous culture maraîchère, comme il a déjà été dit dans les chapitres ci-dessus, présente une teneur en C très inférieure à celle du vertisol sous prairie de longue durée (13‰ contre 37‰). La répartition du carbone entre les différentes fractions granulométriques souligne la forte concentration de celui-ci dans la fraction argileuse 0-2  $\mu\text{m}$ , notamment dans le sol sous maraîchage (69% pour le maraîchage et 35% pour la prairie). Ainsi le sol sous prairie présente des fortes teneurs en carbone, réparties de manière plus homogène entre les différentes fractions. Ce sol reçoit un apport de matière organique fraîche (racines, litière) bien supérieur au maraîchage. Ceci est particulièrement net si l'on observe le poids représenté par ces fractions organiques  $> 50 \mu\text{m}$  par rapport au sol total : 5,2% pour le sol de prairie et seulement 0,5% pour le sol de maraîchage (Figure XXX). La comparaison entre turricules et sols d'élevage respectifs montre que les vers de terres n'augmentent pas significativement la teneur en carbone (ni celle de l'azote) dans leurs turricules (bien que les valeurs mesurées dans les turricules soient systématiquement supérieures à celles du sol témoin) (Figure XXX). En revanche, il semblerait



que les vers de terre aient tendance à concentrer les fractions organiques > 50 µm dans leurs turricules lorsque le sol est pauvre en ces fractions : les turricules issus du sol sous maraîchage ont un poids de fractions organiques > 50 µm 2,5 fois supérieur à celui du sol d'élevage (Figure XXX). A l'inverse, les turricules issus du sol de prairie ne montrent pas d'augmentation de ces fractions organiques mais au contraire une légère baisse, notamment de la fraction > 500 µm (mais le manque de répétitions - deux seulement - ne permet pas de conclure).

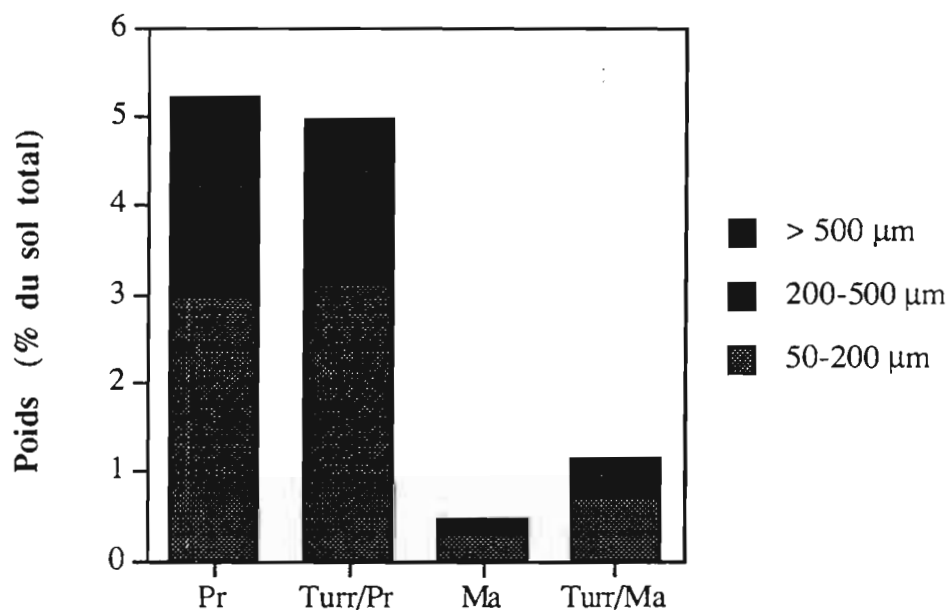


Figure XXX : Poids des fractions organiques > 50 µm (en proportion du sol total) dans les sols d'élevage et les turricules respectifs (Pr=prairie, Ma=marâchage).

Si ces résultats étaient confirmés par d'autres analyses, on pourrait qualifier *Polypheretima elongata* de vers de terre endogés mésohumiques lorsqu'ils se trouvent dans un sol riche en matière organique et de vers de terre endogés polyhumiques lorsqu'ils se trouvent dans un sol pauvre en matière organique.

### 5.B. Azote minéral et phosphore assimilable

L'ion ammonium NH<sub>4</sub> et le phosphore extractible aux résines cationiques ont été mesurés dans les sols d'élevage (prairie et marâchage) et les turricules d'âge moyen 6 heures (Figure XXX). Les sols d'élevage présentent des valeurs différentes pour chacun de ces ions minéraux. Le sol de prairie est plus riche en NH<sub>4</sub> mais plus pauvre en P extractible que le sol de marâchage. Le passage de ces sols d'élevage dans le tube digestif de *P. elongata* entraîne une augmentation, non significative (excepté pour NH<sub>4</sub> marâchage), de ces teneurs. La teneur en NH<sub>4</sub> est multipliée par 1,7 dans les turricules par rapport au sol de prairie (respectivement 461,1 et 271,4

ppm N). Elle est multipliée par 4,3 pour le sol de maraîchage (151,7 dans les turricules et 35,0 dans le sol témoin).

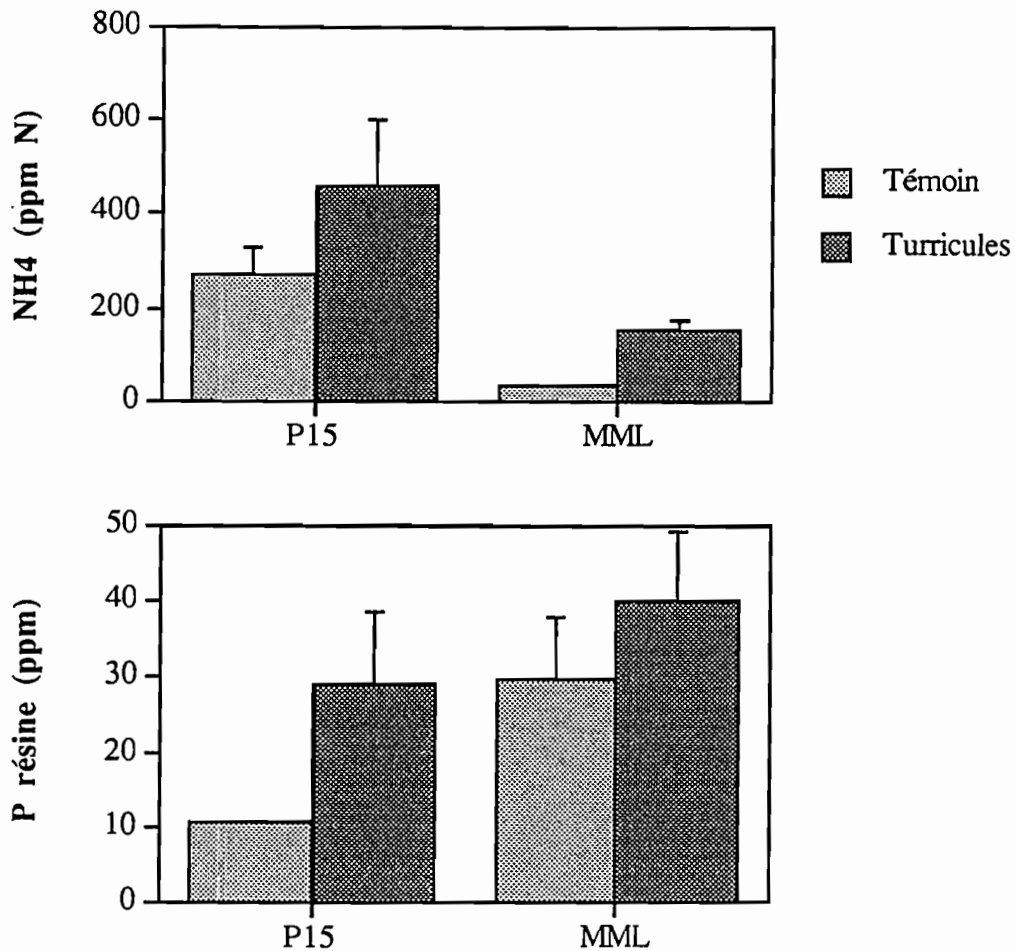


Figure XXX : Teneurs en NH4 et P extractible dans deux sols d'élevage (prairie P15 et maraîchage MML) et les turricules de *P. elongata* issus de ces sols (moyennes et écarts-types, n=3 pour le sol témoin et n=4 pour les turricules, sauf n=1 pour témoin prairie P résine).

Les teneurs en P extractible sont 2,7 fois plus fortes dans les turricules que dans le sol de prairie et seulement 1,3 fois plus élevées pour le sol de maraîchage.

### 5.C. Porosité et capacité de rétention en eau

Au moment de l'excrétion, les turricules de *Polypheretima elongata* ont une teneur en eau supérieure à 80% alors que le sol à capacité au champ a une teneur en eau d'environ 40%. Pour des turricules âgés de 12 heures en moyenne, la teneur en eau est de 74% en moyenne. Sur ces échantillons âgés en moyenne de 12 heures, nous avons pu calculer le volume spécifique en air de turricules issus de sols sous prairie ou sous cultures maraîchères (Figure XXX). Pour des textures identiques et pour des teneurs en carbone différentes, le volume spécifique en air des

turricules provenant de sol sous prairie est légèrement plus élevé ( $0,039 \pm 0,009 \text{ cm}^3/\text{g}$ ,  $n=18$ ) que celui de turricules provenant de sol sous maraîchage ( $0,030 \pm 0,007 \text{ cm}^3/\text{g}$ ,  $n=27$ ). La différence n'est pas significative pour  $P < 0,05$  ; elle peut être due à la quantité de débris végétaux plus important dans les turricules/prairie que dans les turricules/maraîchage ce qui limiterait la compaction et favoriserait l'existence d'une porosité structurale légèrement plus importante dans les turricules.

Des courbes teneurs en eau /pF ont pu être établies (en dessiccation, sous pression) pour des turricules issus de sols sous forêt et prairie (Tableau XXX).

pF	Turricules issus de sol de forêt	Turricules issus de sol de prairie
1	$52,56 \pm 3,78$	$55,80 \pm 1,61$
1,5	$49,61 \pm 3,62$	$52,58 \pm 1,69$
2	$48,06 \pm 4,13$	$50,40 \pm 1,22$
2,5	$44,22 \pm 3,09$	$46,20 \pm 2,09$
3	$38,99 \pm 2,85$	$40,68 \pm 2,94$

Tableau XXX : Teneur en eau de turricules de *Polypheretima elongata* élevés sur des vertisols de forêt ou de prairie, pour différents potentiels hydriques (pF) (moyenne et écart-type,  $n=4$ ).

#### 5.D. Stabilité à l'eau des turricules

Une cinétique de désagrégation dans l'eau a été appliquée sur un sol de maraîchage et sur les turricules issus de ce sol d'élevage, soit humide, soit après séchage à l'air.

Ainsi, en l'absence d'agitation dans l'eau ( $t_0$ ), le turricule humide, le turricule sec et l'horizon 0-10 cm du maraîchage ont des DMP égaux respectivement à  $27 \mu\text{m}$ ,  $210 \mu\text{m}$  et  $170 \mu\text{m}$  (Figure XXX). Les turricules frais de *Polypheretima elongata* élevés sur un sol de maraîchage sont très instables. Une fois séché, ils acquièrent une meilleure stabilité, comparable toutefois à celle d'un sol de maraîchage. En comparaison, des sols de pâturage âgé, stables, donnent des DMP pouvant atteindre  $600 \mu\text{m}$ . Ainsi, le transit d'un vertisol à faible stabilité par l'intestin de *P. elongata* n'améliore pas cette stabilité, en conditions de laboratoire.

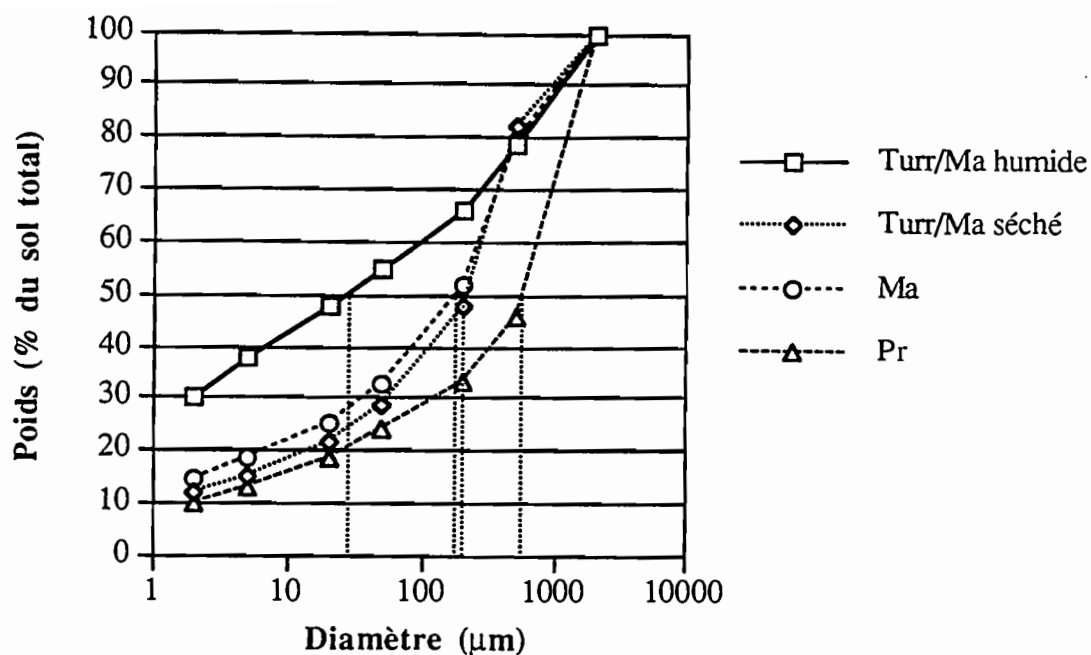


Figure XXX : Courbe cumulée des pourcentages pondéraux d'agrégats (en % du sol total) en fonction de leur diamètre, pour deux sols d'élevage (Pr=sol de prairie, Ma=sol de maraîchage) et les turricules de *Polypheretima elongata* issus du sol de maraîchage, soit conservés humides, soit séchés à l'air.

### 5.E. Conclusion

La conclusion la plus importante de cette partie concerne les différences d'effets à court terme qui existent selon que le sol qui transite dans le tube digestif de *P. elongata* est un sol riche (prairie) ou un sol pauvre (maraîchage) en matière organique. Le passage du sol de prairie (riche en carbone) dans le tube digestif de *P. elongata* n'entraîne pas de modifications notables des divers paramètres physiques ou physico-chimiques mesurés. En particulier, on ne note pas de différences significatives des teneurs en carbone ou en azote, ni de la répartition du carbone dans les classes granulométriques. L'effet du ver de terre se fait toutefois sentir sur le niveau de  $\text{NH}_4$  et de P extractible, consécutif à une stimulation de l'activité bactérienne dans le tube digestif de ce ver. A l'opposé, le passage d'un sol pauvre en matière organique (maraîchage) dans le tube digestif de *P. elongata* entraîne quelques modifications, notamment une augmentation (faible mais constante) des teneurs en carbone et en azote, une augmentation pondérale relative, significative, des fractions organiques > 50 µm, une stimulation forte de l'activité bactérienne caractérisée par une augmentation forte des teneurs en  $\text{NH}_4$  dans les turricules frais. En ce qui concerne les propriétés physiques, la comparaison entre turricules et sol témoin est délicate, notamment en ce qui concerne la porosité. Concernant la stabilité de l'agrégation, on a pu noter une très faible stabilité des turricule frais de *P. elongata* par rapport

au sol témoin (maraîchage) ; les turricules séchés n'acquièrent pas une stabilité supérieure au sol témoin.

## 6. Croissance de *Polypheretima elongata* en fonction de la teneur en matière organique du sol et paramètres démographiques

Cette étude est destinée à connaître la croissance d'individus de *P. elongata*, depuis l'éclosion jusqu'au poids de 4 g, en fonction de la teneur en carbone du sol et d'analyser quelques paramètres démographiques (nombre de cocons produits, durée de l'incubation, poids des individus à la naissance).

### 6.A. Courbes de croissance

Quatre teneurs en carbone ont été testées : un sol sous forêt (40 mgC/g sol), un sol sous prairie âgée (35 mgC/g sol), un sol sous prairie jeune de 3 ans (20 mgC/g sol) et un sol sous maraîchage (15 mgC/g sol).

Pour chaque type de sol, la croissance de *P. elongata* est évaluée par le suivi du poids de 10 vers, pour deux classes d'agrégats (agrégats 0,5-1 mm et agrégats 1-2 mm). La croissance s'effectue dans des pots de 100 ml jusqu'à un poids individuel de 500 mg puis dans des pots de 1000 ml. Le sol est réhumecté "per ascensum" (teneur en eau légèrement supérieure à la capacité au champ). Les vers de terre sont pesés tous les 12 jours environ ; la terre d'élevage étant alors renouvelée. Afin d'établir des courbes de croissance moyennes, il a été nécessaire de connaître les croissances journalières ; celles-ci étant différentes pour des vers de poids différents, il nous a fallu calculer ces croissances journalières moyennes pour diverses classes de poids ; les classes choisies sont les suivantes :

- tous les 10 mg de 20 à 99 mg,
- tous les 100 mg de 100 à 999 mg,
- tous les 250 mg de 1000 à 4000 mg.

Les résultats montrent des croissances très différentes pour les 4 types de sols. Le sol sous forêt est celui qui permet la croissance la plus rapide des individus. Dans ce sol, les individus sont devenus adultes (environ 1,5 g) au bout de 80 jours et ont atteint le poids de 4 g après 135 jours. Dans le sol de prairie âgée, le poids de 4 g a été atteint au bout de 232 jours pour les agrégats 1-2 mm et 278 jours pour les agrégats 0,5-1 mm. Le sol de prairie jeune (agrégats 1-2 mm) entraîne une croissance légèrement plus lente : le poids de 4 g est atteint au bout de 317 jours. Enfin, le sol sous maraîchage ne permet pas une croissance rapide de *P. elongata*. Sur les deux classes d'agrégats (0,5-1 et 1-2 mm), les vers de terre n'ont jamais atteint le poids de 1 g, même au bout de 600 jours ; aucun individu n'est donc devenu adulte, en conditions de laboratoire (Figure XXX).

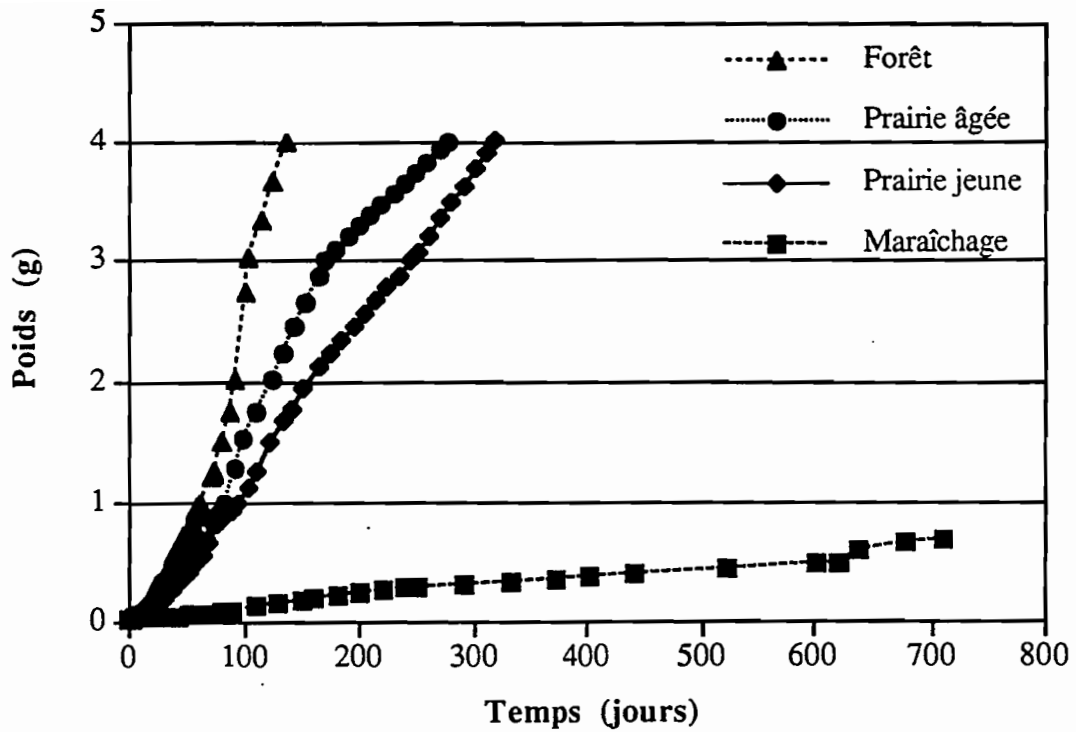


Figure XXX : Croissance de *Polypheretima elongata* sur des vertisols à différentes teneurs en carbone (humidité légèrement supérieure à la capacité au champ).

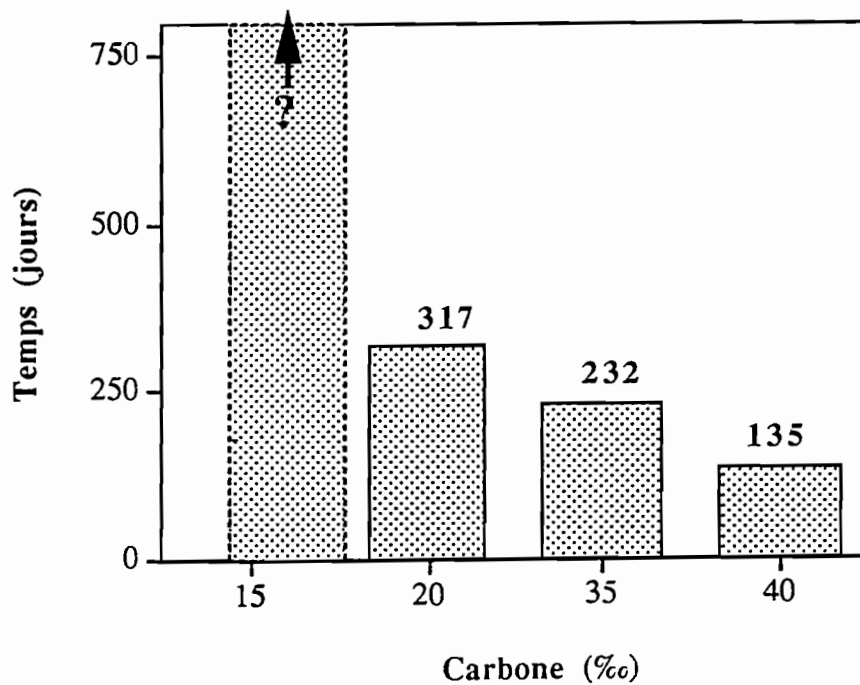


Figure XXX : Temps moyen mis par des individus de *Polypheretima elongata* pour atteindre le poids de 4 g à partir de l'éclosion, sur un vertisol à 4 teneurs en carbone différentes (agrégats 1-2 mm).

## 6.B. Paramètres démographiques

Quelques paramètres démographiques ont pu être obtenus à partir des élevages sur sol de prairie jeune et sol de prairie âgée.

### \* Prairie jeune

Le poids moyen des individus de *P. elongata*, à l'éclosion, est de  $13,0 \pm 4,8$  mg (n=65). Il existe en effet une grande variabilité de poids des individus à la naissance, celui-ci peut en effet varier de 6,6 mg à 26,0 mg (Figure XXX).

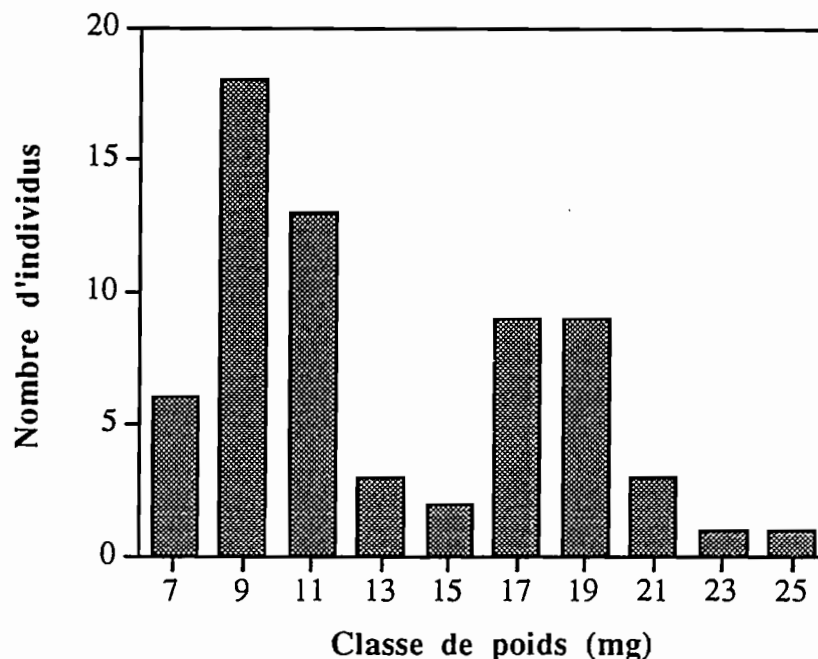


Figure XXX : Répartition des individus de *Polypheretima elongata* dans des classes de poids, mesurés à l'éclosion. Les valeurs en abscisse représentent les centres de classes de poids de 2 mg de portée.

La répartition des individus par classes de poids laisse apparaître 2 modes, l'un centré sur 9-10 mg, et l'autre sur 18 mg. Ceci peut s'expliquer par le nombre variable de vers sortant d'un même cocon. Lorsque plus d'un ver sortent d'un même cocon, le poids des individus est alors plus faible ( $9,3 \pm 1,0$  mg, n=26) que lorsque l'individu est seul dans un cocon ( $15,4 \pm 4,8$  mg, n=39). En revanche, le temps d'incubation des cocons n'est pas significativement différent selon que le cocon possède un ou plusieurs embryons : respectivement  $45,4 \pm 7,1$  jours (n=39) et  $43,0 \pm 4,6$  jours (n=26). Sur 48 cocons récupérés des élevages sur le sol de la prairie jeune, 39 cocons n'ont donné naissance qu'à un seul individu tandis que 11 cocons ont donné naissance à des "jumeaux" et 1 cocon a donné naissance à des "quadruplés".



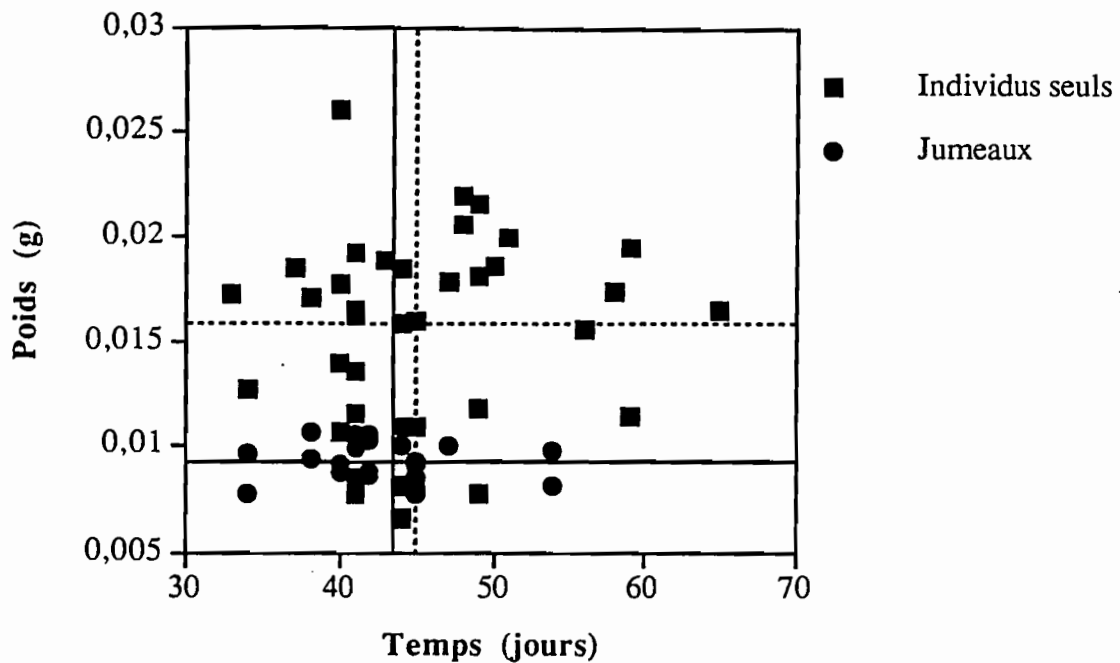


Figure XXX : Relation entre le poids des individus de *Polypheretima elongata* à la naissance et le temps d'incubation des cocons (sol d'élevage : prairie jeune) (les traits continus indiquent la moyenne pour les "jumeaux", les traits pointillés indiquent la moyenne pour les "individus seuls").

\* Prairie âgée

43 pontes ont eu lieu au cours des élevages de *P. elongata* sur ce sol de prairie âgée. Le poids minimum d'un adulte ayant produit des cocons est 2,077 g (poids moyen des adultes ayant donné des cocons, sur la durée de l'élevage : 3,277 g). 115 cocons ont été produits dans cet élevage : 59 (soit 51%) n'ont pas éclos, 44 (39%) ont donné naissance à un seul individu et 12 cocons (10%) ont donné naissance à 2 individus. Le poids moyen des juvéniles "uniques" est de  $19 \pm 7,5$  mg tandis que celui des individus "jumeaux" est de  $12,6 \pm 2,6$  mg. En revanche, de même que pour le sol de prairie jeune, le temps d'incubation des cocons n'est pas significativement différent selon que les cocons ne possèdent qu'un ou deux embryons.

Sur 17 individus en élevage ayant dépassé le poids de 2 g, 3 individus n'ont pas produits de cocons. Pour les 14 vers restants, la production moyenne est de 33 cocons/an (maximum 101 cocons/an).

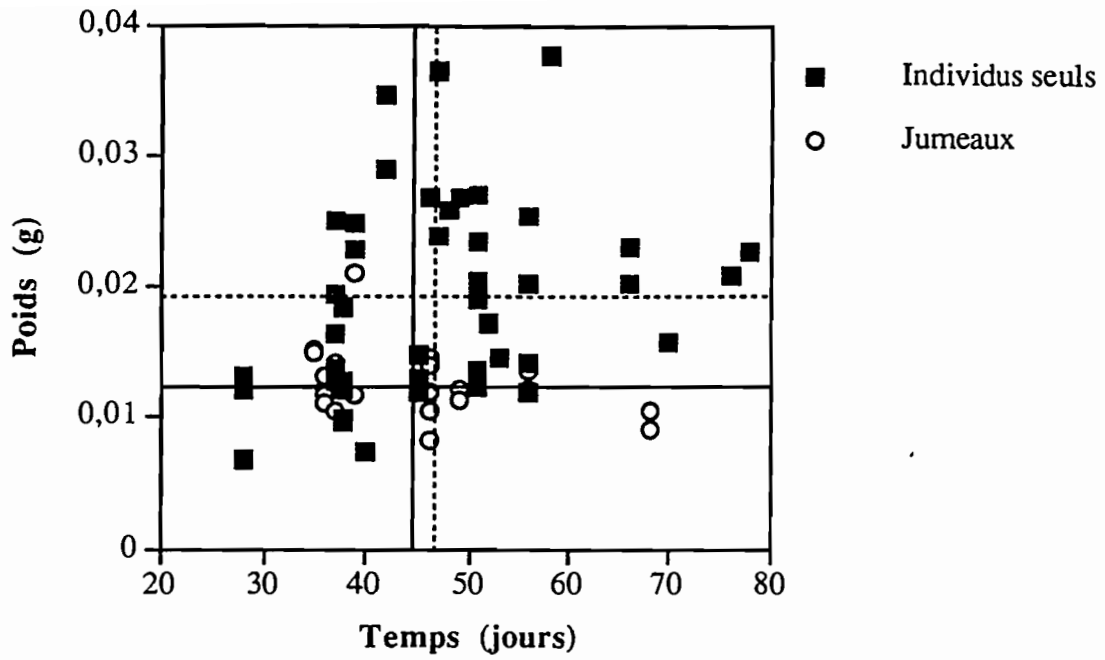


Figure XXX : Relation entre le poids des individus de *Polypheretima elongata* à la naissance et le temps d'incubation des cocons (sol d'élevage : prairie âgée) (les traits continus indiquent la moyenne pour les "jumeaux", les traits pointillés indiquent la moyenne pour les "individus seuls").

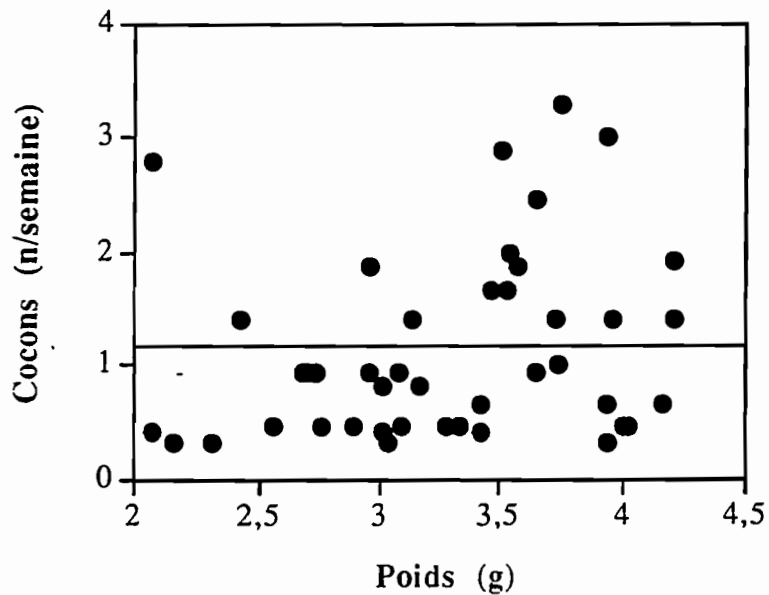


Figure XXX : Relation entre poids des *P. elongata* adultes et le nombre de cocons produits en 10 jours (le trait indique la valeur moyenne).

### 6.C. Conclusion

La croissance de *P. elongata* sur un vertisol semble dépendre énormément de la teneur en carbone du sol ; la croissance la plus rapide étant obtenue pour le sol le plus riche en carbone (sol de forêt, environ 40 mgC/g sol), la croissance la moins rapide étant obtenue pour le sol le moins riche en carbone (sol de maraîchage, environ 15 mgC/g sol). La difficulté de croissance de *P. elongata* sur un sol pauvre en carbone peut en partie expliquer l'absence de vers de terre dans les parcelles cultivées de façon intensive. Dans ces parcelles, le niveau de carbone atteint est tel que les vers de terre n'ont plus de ressources énergétiques à leur disposition. Seule une population constituée de quelques individus peut se maintenir dans ce sol.

Les cocons de *P. elongata* contiennent généralement un seul embryon mais on a pu noter jusqu'à cinq éclosions pour un seul cocon. Le poids des individus à la naissance semble dépendre beaucoup du nombre d'embryons présents dans les cocons : plus le nombre d'embryons est faible, plus le poids des individus à la naissance est élevé (ceci sans que le temps d'incubation ne varie). Aucune mesure n'a été effectuée quant à la survie, la croissance et la reproduction de ces vers de terre "uniques" ou jumeaux.

## 7. Discussion

Cette discussion va être organisée selon les hypothèses testées dans ce projet et développées en introduction de ce rapport.

**H1 : Les macroorganismes (racines et vers de terre), dans les systèmes où ils sont présents, affectent la répartition et les formes de la matière organique et les propriétés physiques des sols (porosité, capacité de rétention en eau, agrégation, stabilité structurale, érodibilité).**

La réponse à cette hypothèse nécessite d'analyser des résultats apportés par cette étude et des résultats apportés par une étude complémentaire destinée à suivre les effets respectifs des racines et des vers de terre dans la restauration des propriétés physiques des vertisols (Projet Macrofauna/CEE, coordinateur P. Lavelle).

Dans les vertisols, l'effet des vers de terre sur la conservation ou l'évolution des teneurs en carbone et des propriétés physiques du sol (associées ou non à cette matière organique) semble faible. A court terme (comparaison sol d'élevage / turricules), *les modifications engendrées par le passage du vertisol dans le tube digestif de P. elongata concernent principalement les fractions organiques > 50  $\mu\text{m}$*  : enrichissement dans les turricules seulement dans le cas où le vertisol est pauvre en carbone (sol sous culture maraîchère) et les teneurs en  $\text{NH}_4$  et phosphate extractible. *Au niveau des propriétés physiques, les analyses montrent que la stabilité structurale n'est pas affectée par un passage dans le tube digestif des vers de terre.* Comme pour d'autres espèces, les turricules frais sont très fragiles et facilement dispersés par l'eau et les turricules séchés présentent une stabilité supérieure ou égale à celle du sol témoin.

Au niveau de la parcelle, l'effet des vers de terre semble inexistant sur les teneurs en carbone. Sur trois ans, la restauration des propriétés physiques et des teneurs en carbone ne s'est pas faite de façon significativement différente entre une parcelle avec graminées uniquement et une parcelle avec graminées et vers de terre (100 ind/m<sup>2</sup>). En revanche, la restauration de ces propriétés ne se fait pas dans une parcelle sans plantes et sans vers de terre. Ainsi, il semblerait que *dans les vertisols, le niveau de carbone et des propriétés physiques associées (stabilité, érodibilité) dépendent principalement de l'activité racinaire.* De même, la porosité, si elle est peut-être modifiée par les vers de terre se situe dans une gamme de taille qui n'est pas impliquée dans la disponibilité de l'eau du sol pour les plantes (porosité millimétrique alors que la porosité structurale définissant la réserve en eau utile se situe à un niveau micrométrique). *Ainsi, dans les situations où l'activité racinaire est importante, l'activité des vers de terre est imperceptible sur les propriétés et caractéristiques mesurés.*

**H2 : Dans les systèmes où les macroorganismes sont présents, la stabilité structurale est meilleure et donc l'érodibilité moindre.**

Comme nous venons de le voir, *seule la présence de racines semble déterminer les teneurs en carbone et les propriétés physiques des vertisols magnésio-sodiques de Martinique*. La présence de vers de terre provoque un effet difficilement discernable, qui n'influence pas le comportement de ces sols (aux échelles étudiées). Ainsi, qu'il y ait ou non des vers de terre, dans les situations où les graminées sont présentes, le niveau de carbone augmente jusqu'à une teneur maximale (de 35-40 ‰). Cette augmentation implique une amélioration des propriétés physiques et par conséquent une diminution du risque d'érosion. A l'inverse, *dans des parcelles sans activités racinaires importantes (cultures de melons), des niveaux de populations de vers de terre différentes n'entraînent pas un comportement du sol différent* (cas de MPL et MPB).

**H3 : L'état de la matière organique et de l'organisation du sol, dans un certain stade de dégradation ou de restauration entraîne un développement et une croissance particulière de macroorganismes, caractéristiques de cet état.**

Comme nous l'avons vu au chapitre 6, la croissance de *P. elongata* est fortement influencée par la teneur du sol en carbone ; elle est d'autant plus forte que le sol est riche en carbone. L'effet "prise en masse" du sol pour expliquer le lent développement des individus dans le sol de maraîchage a été gommé en utilisant 2 tailles d'agrégats pour les élevages sur ce sol. Pour les agrégats 0,5-1 mm, il est possible qu'une prise en masse soit apparue lors de la réhumectation de ce sol, mais cette prise en masse n'est pas apparue pour les agrégats 1-2 mm que l'on pouvait encore distinguer à la fin des élevages. Ces deux classes d'agrégats ont donné le même type de croissance. De même, pour le sol de prairie, les deux classes d'agrégats utilisés ont donné la même croissance (poids de 4 g atteint en 278 jours pour les agrégats 0,5-1 mm et 232 jours pour les agrégats 1-2 mm). *Le paramètre physique (taille des agrégats) entre donc peu en cause dans la détermination de la croissance de P. elongata. La teneur en carbone est donc un élément déterminant pour la croissance de P. elongata. A travers cette teneur en carbone, il semble que les fractions légères organiques > 50 µm soient les éléments les plus recherchés par P. elongata.* Ces fractions sont abondantes dans un sol de prairie (riche en débris végétaux épigés et hypogés) et rares dans un sol sous culture maraîchère où les apports en débris sont quasi-inexistants. Une étude réalisée sur une jachère (culture maraîchère abandonnée depuis 2 ans) a montré que la variable "débris végétaux > 500 µm" pouvaient expliquer la répartition des vers de terre juvéniles (corrélation significative  $P < 0,05$ ) (Mariani, 1996). *La conservation d'une population de vers de terre à un niveau assez élevé nécessite donc la présence de débris végétaux grossiers.* Lavelle et al. (1996) a déjà mis en évidence la nécessité de fournir suffisamment

d'énergie (sous forme de carbone) pour permettre une activité de vers de terre suffisamment intense (40 g/m<sup>2</sup>) pour qu'une action sur la "fertilité" se fasse sentir. La pauvreté en éléments nutritifs d'un vertisol peut donc expliquer en partie la diminution importante des populations de vers de terre dans les parcelles transformées en cultures maraîchères. Elle peut également expliquer la lenteur de reconstitution d'une population importante, les premières années qui suivent la transformation d'une culture maraîchère en prairie.

**H4 : L'installation d'une prairie à Pangola permet de restaurer efficacement la fertilité des vertisols en favorisant le développement de macroorganismes.**

Cette hypothèse permet de synthétiser les résultats donnés ci-dessus. L'installation d'une prairie à Pangola (*Digitaria decumbens*) après une culture maraîchère entraîne un développement rapide de l'activité racinaire. Il faut pourtant attendre 3 ans pour noter une augmentation significative des teneurs en carbone et une réelle augmentation de la population de vers de terre. Comme nous l'avons vu, seules les racines de graminées (pangola en l'occurrence) permettent une entrée de carbone dans les sols de prairie. A l'évolution des teneurs en carbone, est associée une augmentation de la stabilité structurale et une diminution du risque d'érosion (en raison de la densité de la couverture végétale et de la meilleure stabilité structurale). Enfin, tout laisse penser que l'activité racinaire et celle des vers de terre entraînent aussi, directement, le développement de la porosité structurale, grossière pour les vers de terre, plus fine (celle qui sert de réserve d'eau utile) pour les racines. Si l'installation d'une couverture graminéenne semble déterminante pour permettre un accroissement des populations de vers de terre, les facteurs "irrigation + fertilisation" sont également importants puisque les populations finissent par devenir abondantes dans les parcelles transformées en prairies irriguées, tandis qu'elles restent à un niveau très faible, même après 15 ans, dans les parcelles transformées en jachères, non irriguées, non fertilisées.

Une étude sur les déterminants du stockage du carbone dans une parcelle dégradée transformée en prairie fait actuellement l'objet d'une thèse (T. Chevallier sous la direction de C. Feller). Le développement de la porosité structurale fine et son origine sont étudiés par l'INRA de Guadeloupe (Station agro-pédo-climatologique (Y.M. Cabidoche et P. Guillaume)).

**H5 : Il existe, dans les pratiques culturales liées aux cultures maraîchères, des itinéraires techniques limitant la dégradation des vertisols, en permettant un meilleur développement des macroorganismes.**

Comme nous l'avons vu au chapitre 3 pour la faune et au chapitre 4 pour les propriétés physiques, il existe des itinéraires techniques qui limitent la dégradation des vertisols. Les itinéraires techniques habituellement utilisés dans le Sud-est de la Martinique font intervenir un sous-solage (65% des exploitations le pratiquaient en 1993), un labour profond (83% des

exploitations), de nombreuses reprises (48% de 0 à 2 reprises et 52% 3 reprises et plus). Ces pratiques culturales ont comme conséquences une diminution rapide des teneurs en carbone à travers un retournement (remontée à la surface d'horizons pauvres en carbone et enfouissement des horizons les plus riches), une diminution rapide de la stabilité structurale (associée à une augmentation de l'érodibilité, d'autant plus que le sol est alors nu) et une diminution des populations de vers de terre. Les conséquences sont dramatiques en termes de perte en sol, et de compaction.

L'utilisation d'un travail superficiel, ne provoquant pas de retournement, semble être une pratique culturale à préconiser auprès des agriculteurs. Le travail superficiel à 10 cm (avec une machine à bêcher qui ne lisse pas le fond de travail du sol) permet de limiter la diminution des teneurs en carbone dans l'horizon superficiel et de conserver les stocks organiques des horizons situés sous le travail du sol. L'effet mécanique de destruction des vers de terre est beaucoup plus faible avec ce système. Pour toutes ces raisons, les populations de vers de terre se maintiennent à des niveaux élevés. N'oublions pas, enfin, qu'il n'y a pas de différences entre les rendements en melons d'une parcelle travaillée classiquement (labour profond) et ceux d'une parcelle travaillée superficiellement. En termes économiques, la machine à bêcher est rapidement rentabilisée malgré un coût supérieur à l'achat (Gaullier, 1996) (projet CORDET, coordinateur C. Hartmann).

## 8. Conclusion

Les vertisols de Martinique se sont développés sur des andésites et ont acquis une garniture ionique où le sodium et le magnésium occupent une place importante. Ces éléments dispersants rendent ces sols physiquement fragiles. Dans ces sols, sous forêt (secondaire après canne à sucre), une activité biologique importante et diversifiée est rencontrée. La mise en valeur de ces sols provoque des modifications importantes de ces propriétés biologiques et physiques. L'installation de prairie entraîne le développement important de macroorganismes (racines de graminées et vers de terre), des teneurs en carbone élevées et des propriétés physiques satisfaisantes en termes d'érodibilité et de disponibilité de l'eau pour les plantes. A l'inverse, l'installation de cultures maraîchères entraînent une diminution des activités des macroorganismes, des teneurs en carbone faibles et des propriétés physiques médiocres (sensibilité à la compaction, forte érodibilité).

Dans ces sols fragiles, il est nécessaire de bien gérer la matière organique (teneur en carbone) pour limiter la perte en sol et le risque de compaction (prise en masse).

Cette étude a permis de montrer *le faible rôle joué par les vers de terre dans le fonctionnement des vertisols, malgré des populations parfois importantes (sous prairies)*. Dans le cas de la transformation d'une parcelle maraîchère en prairie, les vers de terre ne sont pas responsables de l'évolution des propriétés biologiques (carbone) ou physiques, excepté une augmentation d'une partie grossière de la porosité structurale. En revanche, *les racines de graminées sont un élément indispensable pour restaurer et maintenir des teneurs élevées en carbone et des propriétés physiques satisfaisantes*. Les racines agissent directement en créant une porosité et indirectement en apportant de la matière organique au sol, ce qui augmente la stabilité structurale.

*La conservation de ces sols, soumis à une érosion dramatique, doit donc passer par une utilisation mieux dirigée des graminées dans les itinéraires techniques : rotation cultures maraîchères / prairies (à condition que le travail du sol soit superficiel et que la prairie ait au moins trois ans d'existence), conservation d'une couverture graminéenne dans les inter-rangs (croissance ralentie artificiellement pendant la croissance de la culture).*

De nombreuses études sont encore nécessaires afin de mieux comprendre le fonctionnement de ces vertisols (déterminants du stockage du carbone et rôle de l'agrégation dans ce stockage - protection physique de la matière organique) et pour proposer des techniques culturales qui permettent une protection de ces sols fragiles et une agriculture durable (et ceci notamment dans les îles de taille réduite où les surfaces en sol sont limitées).



## 9. Rapports réalisés dans le cadre de ce programme

CASTIGLIONE S. (1996) Impact des macro-organismes (racines, vers de terre) sur la porosité d'un vertisol de la Martinique. Mémoire de fin d'études, ESITPA Rouen, 21 pages + annexes.

DUBOISSET A. (1994) Interactions existant entre *Polypheretima elongata* (Oligochaeta Megascolecidae) et les propriétés physico-chimiques des vertisols calco-magnésio-sodiques du Sud-Est de la Martinique suivant le mode d'anthropisation. Rapport de MST "Génie et gestion de l'environnement", Paris VII, 32 pages + annexes.

KULESZA V. (1994) Evolution de la structure des vertisols du Sud-Est de la Martinique en fonction du système de culture. Mémoire de fin d'études, ISTOM Cergy-Pontoise, 58 pages + annexes.

LE FUR A. (1994) Erodibilité et dispersabilité de vertisols de la Martinique. Rôles de la matière organique et de la garniture ionique. DAA "Génie de l'environnement", ENSA Rennes, 48 pages + annexes.

LORANGER G. (1995) Distribution spatiale de la mésofaune dans des vertisols martiniquais. Influence du mode d'exploitation du sol et des vers de terre. DEA "Géosciences", Nancy I-INAPG-ENSAR, 30 pages + annexes.

MAINGER E. (1995) Le rôle des vers de terre dans la restauration des vertisols du Sud de la Martinique. Rapport de stage BTSA, LEGTA Croix-Rivail, 48 pages + annexes.

MARIANI L. (1996) Caractérisation écologique et génétique de populations de *Polypheretima elongata* (Oligochètes Megascolecidae) dans des vertisols dégradés (Ste Anne, Martinique). DEA "Ecologie", Paris VI-ParisXI-INAPG, 34 pages + annexes.

SALOMON F. (1996) Influence des vers de terre sur le peuplement d'acariens dans un vertisol sous pâturage (Martinique). Rapport de maîtrise, Nancy I, 29 pages + photographies.

## 10. Références bibliographiques

Albrecht A., Brossard M. & Chotte J.L. (1991) Matière organique et propriétés des sols cultivés à la Martinique. Rapport technique de fin de travaux. Contrat de Plan Etat - Région Martinique - ORSTOM. Opération "Bilan de l'azote dans les agrosystèmes". 174 pages.

Albrecht A., Rangon L. & Barret P. (1992) Effets de la matière organique sur la stabilité structurale et la détachabilité d'un vertisol et d'un ferrisol (Martinique). Cah. ORSTOM, sér. pédol., sous presse.

Barois I., Cadet P., Albrecht A. & Lavelle P. (1987) Systèmes de culture et faune des sols. Quelques données. In: Fertilité des sols dans les agricultures paysannes caribéennes, Effets des restitutions organiques, Feller C. (Rapporteur). Projet CEE-ORSTOM n° TSDA-0178F : 85-95.

Blanchart E. (1990) Rôle des vers de terre dans la formation et la conservation de la structure des sols de la savane de Lamto (Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat de l'Université de Rennes I. 263 pages.

Cabidoche Y.M., Albrecht A., Ozier-Lafontaine H. & Mahieu M. (1991) Dynamique de l'eau et du solide dans les horizons B des vertisols : influence de l'activité biologique. 6e séminaire TSBF, Martinique, 27-29 juin 1991.

Chotte J.L. (1988) Importance de l'activité rhizosphérique dans la dynamique de reconstitution du stock organique des sols (vertisol, Martinique). Traçage isotopique  $^{15}\text{N}$ . Cah. ORSTOM, sér. pédol., 24 : 345-346.

Chotte J.L., Jocteur-Monrozier L., Villemin G. & Louri J. (1991) Activité racinaire et microbiologique sous prairie dans les vertisols. 6e séminaire TSBF, Martinique, 27-29 juin 1991.

Dudal R. & Eswaran H. (1988) Distribution, properties and classification of Vertisols. In: "Vertisols: their distribution, properties, classification and management" Wilding L.P. & Puentes R. (Eds.). Techn. Mono. n° 18, Texas A&M Printing Center, College Station (Texas), 1-22.

Espagnol G. (1993) Itinéraires techniques des producteurs maraîchers sur vertisols du périmètre irrigué du Sud-Est de la Martinique. Rapport d'Enquête. Station d'Essais en Cultures Irriguées, Sainte-Anne, Martinique.

Gaullier C. (1996) L'organisation de la production maraîchère et de sa commercialisation dans le Sud-Est de la Martinique. Etude technico-économique sur culture de melon d'un mode de travail du sol alternatif au labour sur les vertisols du Sud-Est de la Martinique. rapport de DAA, CNEARC-ENSAM, 88 pages + annexes.

Lavelle P., Wolters, Heal, Bignell, Cortina, Dhillion, Ineson, Lepage & Roger (1996) The functional role of soil biota under global change : decomposition - comminution, large movers. Workshop The functional role of Soil Biota under global change : an ecosystem-level perspective, Paris. 21-24 octobre 1996.

Mohr E.C.J., Van Baren F.A. & Van Schuylenborgh J. ( 1972) Tropical soils. A comprehensive study of their genesis. Mouton - Ichtiar Baru - Van Hoeve, La Hague, Pays-Bas, 481 pages.

Rossi J.P. (1992) Répartition spatiale de la macrofaune du sol et de quelques caractéristiques pédologiques selon le mode d'exploitation d'un vertisol (Ste Anne, Martinique). Rapport de DEA, Université Paris VI. 31 pages.

Sauerbeck D.R. & Johnen B.G. (1976) Root formation and decomposition during plant growth. Colloque IAEA-SM-211/16 : 141-147.

Virmani S.M. (1987) Management of vertisols for improved agricultural production in the tropics : ICRISAT experience. In: "Soil management under humid conditions in Asia (Asialand)" Latham M. (Ed.) . IBSRAM Proceed. N° 5 : 45-52.

## II. Liste des participants

### Permanents

Albrecht Alain (ORSTOM-CR1)

Bernard Jérôme (ORSTOM-TRS)

Blanchart Eric (ORSTOM-CR2) (responsable scientifique du projet)

Chotte Jean-Luc (ORSTOM-CR1)

Hartmann Christian (ORSTOM-CR1)

Lamoureux Jean-Pierre (ORSTOM-AJTR)

Laurent Jean-Yves (ORSTOM-ASIN)

Louri Joële (ORSTOM-TRN)

Mahieu Maurice (Conseil Général Martinique, SECI)

Rangon Luc (ORSTOM-TRN)

Totila Raymond (ORSTOM-AGTR)

### Non-permanents

Chevallier Tiphaine (thésarde)

Jambois Olivier (VAT)

Moutet Laurent (VAT)

N'Dandou Jean-Fernand (thésard)

Rossi Jean-Pierre (thésard)