

## Research Article

# Mise en relation de la diversité des vers de terre et des caractéristiques du sol de Thua Thien Hue (Centre Vietnam)

Lara Zirbes<sup>1\*</sup>, Caroline Collin<sup>1</sup>, Joseph Dufey<sup>2</sup>, Pham Khanh Tu<sup>3</sup>, Nguyen Duyet<sup>3</sup>, Frédéric Francis<sup>1</sup>, Philippe Lebailly<sup>4</sup>, Eric Haubruge<sup>1</sup>, et Yves Brostaux<sup>5</sup>.

<sup>1</sup>Unité d'Entomologie fonctionnelle et évolutive, Faculté des Sciences agronomiques de Gembloux (FUSAGx), B-5030 Gembloux (Belgique). \* @-mail : zirbes.l@fsagx.ac.be

<sup>2</sup>Unité Sciences du sol Université catholique de Louvain (UCL), Croix du Sud 2/10, 1348 Louvain-la-Neuve.

<sup>3</sup>Université agronomique et forestière de Hué (UAFH), 24 - Phung Hung, Hue City, Vietnam

<sup>4</sup>Unité d'Economie et Développement rural, Faculté des Sciences agronomiques de Gembloux (FUSAGx), B-5030 Gembloux (Belgique)

<sup>5</sup>Unité de Statistique, Informatique et Mathématiques appliquées, Faculté des Sciences agronomiques de Gembloux (FUSAGx), B-5030 Gembloux (Belgique)

### Résumé

Etant donné leur texture sableuse, les sols de la zone côtière de la province de Thua Thien Hue au Centre Vietnam présentent un milieu particulier pour le développement des organismes du sol, dont les vers de terre représentent 70% de la biomasse. Cette étude met en relation les caractéristiques du sol et les communautés de vers de terre, après identification de ceux-ci. Sept espèces appartenant aux familles des Glossoscolecidae, des Megascolecidae et des Microchaetidae ont été relevées : *Pontoscolex corethrurus*, *Glyphidrilus papillatus*, *Pheretima rodericensis*, *Pheretima danangana*, *Pheretima sp.*, *Perionyx excavatus*, et *Lampito mauritii*. Les Microchaetidae sont présents quelque soit la richesse du sol et constituent la famille dominante dans les sols acides à forte teneur en limon et argile. Les deux autres familles sont associées à des sols pauvres mais moins acides, riches en sable. Il ressort également de cette étude que le nombre de *P. corethrurus* est significativement plus important dans les vergers (AF) alors que *L. mauritii* est significativement plus présent dans les sols avec des autres cultures que le riz (AC). *G. papillatus*, significativement plus abondant dans les friches, est la seule espèce retrouvée dans ce milieu. L'étude de la diversité (Indice de Shannon-Wiener) montre que les cultures autres que le riz (AC) présentent la plus grande diversité de vers de terre ( $H' = 0,97$ ) alors que les friches ne présentent aucune diversité.

**Mots clés:** diversité, vers de terre, caractéristiques du sol, Vietnam, co-inertie

### Abstract

The large proportion of sandy soils of Thua Thien Hue, in Central Vietnam, present a particular habitat for soil-inhabiting organisms among which earthworms represent close to 70% of total biomass. This study identified relationships between the characteristics of soil and earthworms. Our inventories yielded the presence of seven species of earthworms belonging to the families Glossoscolecidae, Megascolecidae and Microchaetidae. These were: *Pontoscolex corethrurus*, *Glyphidrilus papillatus*, *Pheretima rodericensis*, *Pheretima danangana*, *Pheretima sp.*, *Perionyx excavatus*, and *Lampito mauritii*. Those of the Microchaetidae were present in acid soils with a high rate of silt and clay. Species in the other families were associated with poor but less acid sandy soils. This study also showed that the number of *P. corethrurus* was significantly higher in orchards while *L. mauritii* was significantly more common in soils with cultures other than rice. The species *G. papillatus* was significantly more abundant in fallow and was the only species found in this habitat. Highest earthworm diversity (Shannon-Wiener index(  $H' = 0.97$ )) was found in crops like manioc and sweet potatoes rather than in rice.

**Key words:** Biodiversity, earthworms, soil features, Vietnam, co-inertia.

Received: 19 January 2009; Accepted: 11 March, 2009, Published: 10 August, 2009

**Copyright:** © Lara Zirbes, Caroline Collin, Joseph Dufey, Pham Khanh Tu, Nguyen Duyet, Frédéric Francis, Philippe Lebailly, Eric Haubruge, et Yves Brostaux. This is an open access paper. We use the Creative Commons Attribution 3.0 license <http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/> - The license permits any user to download, print out, extract, archive, and distribute the article, so long as appropriate credit is given to the authors and source of the work. The license ensures that the published article will be as widely available as possible and that the article can be included in any scientific archive. Open Access authors retain the copyrights of their papers. Open access is a property of individual works, not necessarily journals or publishers.

**Cite this paper as:** Zirbes, L., Collin, C., Dufey, J., Khanh Tu, P., Duyet, N., Francis, F., Lebailly, P., Haubruge, E. et Brostaux Y. 2009. Mise en relation de la diversité des vers de terre et des caractéristiques du sol de Thua Thien Hue (Centre Vietnam). *Tropical Conservation Science* Vol.2 (3):282-298. Available online: [www.tropicalconservationscience.org](http://www.tropicalconservationscience.org)

## Introduction

Le Centre Vietnam est une région moins favorisée et moins développée que, par exemple, le delta du Mékong. Sa population est déficitaire pour sa production alimentaire et a un besoin particulier de soutien afin d'atteindre l'autosuffisance [1]. Les difficultés rencontrées dans le développement de l'agriculture dans la zone côtière sont essentiellement liées au climat hostile (sécheresse, inondations) et surtout au manque de fertilité des sols sableux de la région [2,3].

La fertilité des sols dépend notamment de la quantité et de la qualité des matières organiques transformées par les organismes décomposeurs [4]. Les populations d'invertébrés du sol, dont font partie les vers de terre, jouent un rôle primordial dans l'incorporation, la transformation de ces matières et améliorent la structure du sol [5]. Par leurs activités, les lombrics sont de véritables acteurs et bioindicateurs de la fertilité des sols [6]. Les espèces de vers de terre retrouvées dans un milieu dépendent de la nature, des caractéristiques du sol et des conditions climatiques [7].

Seules trois études s'intéressent au peuplement en vers de terre des sols de la province de Thua Thien Hué [8-10]. Une étude menée en Chine identifie 7 espèces de vers de terre dans les sols limoneux de Tangshan dans la province de Shangdong avec *Drawida gisti* comme espèce dominante [11]. Néanmoins la présence et la diversité naturelles des vers de terre dans les sols du Vietnam et des pays frontaliers sont très peu investiguées.

L'objectif du présent travail est tout d'abord d'identifier les espèces de vers de terre présentes dans les sols de la zone côtière sableuse de la province de Thua Thien Hué. Ensuite, de mettre en relation ces espèces avec d'une part, les caractéristiques physico-chimiques du sol et d'autre part, avec le type d'occupation des sols. La diversité des espèces en fonction des différentes occupations du sol est également étudiée.

## Matériel et méthodes

### Sites étudiés

Thua Thien Hué est une province vietnamienne s'étendant de 17°5' à 16°12' de latitude nord et de 105°37' à 106°06' de longitude est (Fig. 1). Sa superficie est de 5054 km<sup>2</sup>. Elle se divise en 8 districts dont quatre appartiennent à la région sableuse côtière (environ 184.000 ha).

La province de Thua Thien Hué est soumise à un climat de type tropical humide. La saison humide s'étale de septembre à mars et se caractérise par une température moyenne de 26.7°C et une humidité de plus de 95%, avec un vent frais venant du nord. Au cours de cette période, les fortes pluies entraînent de grandes inondations et des phénomènes d'érosion.

La saison sèche a lieu d'avril à août. Le temps est sec (température moyenne de 27.6°C et environ 50% d'humidité) avec un vent chaud venant de l'ouest, menant ainsi à une période de sécheresse. La gestion des ressources hydriques constitue donc un problème important au Centre du Vietnam: les pluies trop abondantes pendant la saison humide sont insuffisantes en saison sèche [3].

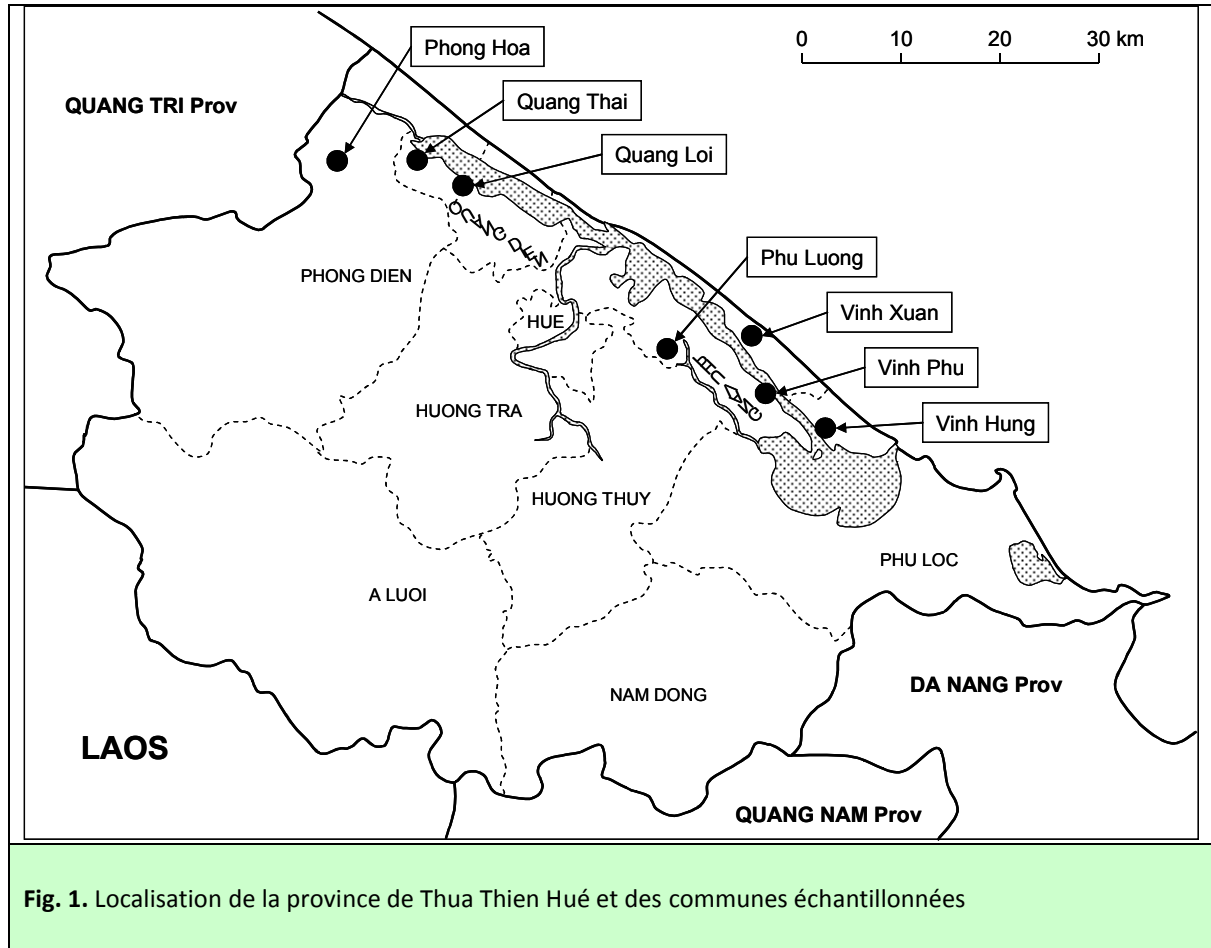


Fig. 1. Localisation de la province de Thua Thien Hué et des communes échantillonnées

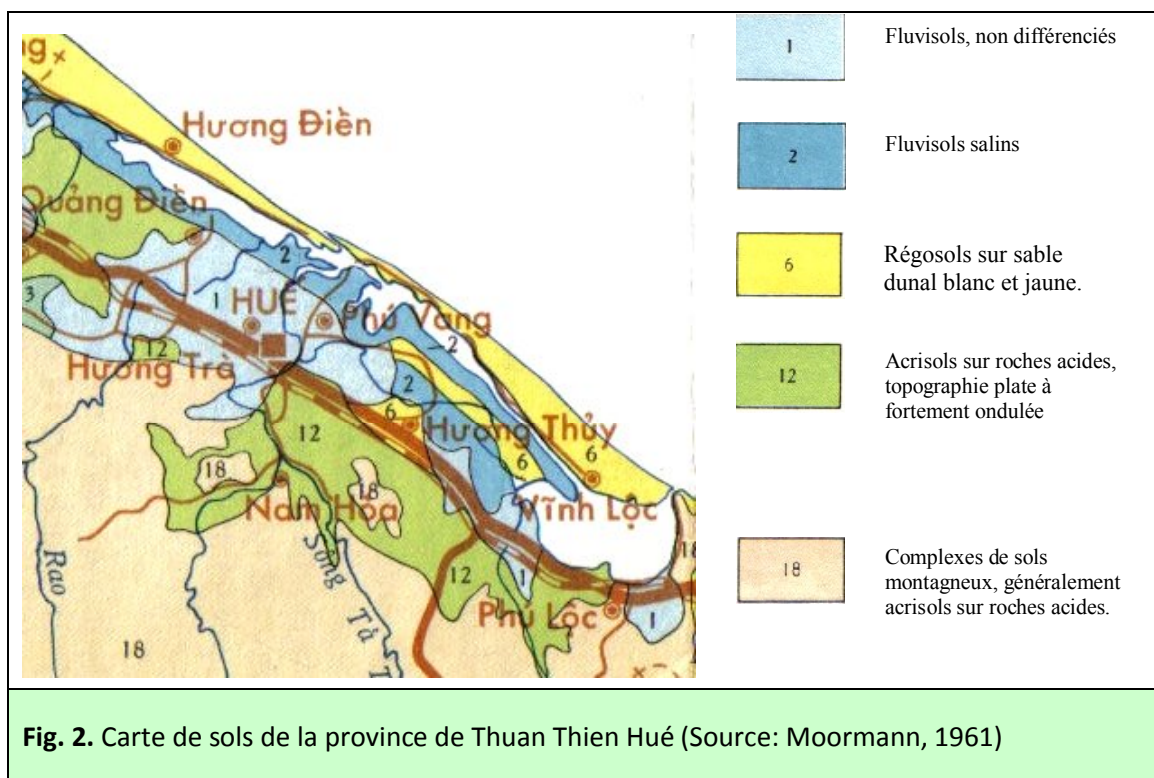
La ville de Hué s'étend sur des fluvisols non différenciés, et autour on rencontre des fluvisols salins, des acrisols sur roches acides et des régosols sur sable dunal blanc et jaune (Fig. 2). Les régosols sont jeunes, avec pas ou peu de développement de profil, formés sur des sables dunaires récents (sables jaunes à blancs). Les acrisols sont les sols les plus répandus au Vietnam. Pauvres, ils ont un pH d'environ 4.5 (on utilise des points décimaux partout ailleurs), une faible saturation en bases, une médiocre capacité de rétention en eau, et se dessèchent fortement en saison sèche. La région où se déroulent les expérimentations est caractérisée par des sols sableux dont les caractéristiques précises ont été mesurées (cf. Caractérisation du sol).

La principale culture de cette région est le riz. Près des centres de population dense, ces sols sont également utilisés pour des cultures vivrières diverses (manioc, arachide, patate douce,...).

#### *Population des vers de terre*

Les expérimentations ont été réalisées sur 29 parcelles au sein de 7 communes de la zone sableuse : Quang Loi (fluvisol salin), Quang Thai (fluvisol salin), Phong Hoa (acrisol), Phu Luong (fluvisol non différencié), Vinh Xuan (régosol), Vinh Hung (régosol) et Vinh Phu (fluvisol salin) (Fig. 1). Les parcelles diffèrent selon le type d'occupation du sol et ont été classées en 6 groupes (Fig. 3):

1. **2R** = **2** cultures de **Riz** par an (8 parcelles),
2. **1R** = **1** culture de **Riz** par an (3 parcelles),
3. **1R + AC** = **1** culture de **Riz** suivie par une **Autre Culture** (3 parcelles),
4. **AC** = **Autres Cultures** que le riz (9 parcelles),
5. **AF** = **Arbres Fruitiers** (4 parcelles)
6. **FR** = **Friche**, ancienne culture de riz (2 parcelles).



Les prélèvements ont été réalisés au cours du mois de mars 2005, à la fin de la saison des pluies. Cette période est la plus favorable pour l'échantillonnage de la macrofaune des sols dans les pays tropicaux [12].

Les échantillons de sol ont été prélevés selon la méthode standard TSBF (Tropical Soil Biology and Fertility Programme) [13] sur chaque parcelle afin de caractériser les espèces de vers présentes. Cette méthode est basée sur la technique standard de référence, « bêchage-triage », tri direct des échantillons de sol après bêchage [14] mais les échantillons sur les parcelles sont d'abord délimités par un cadre métallique dont les dimensions dans cette étude sont 25cm x 25cm x 30cm avant d'être bêchés.

Dans chaque parcelle, 4 échantillons ont été récoltés à intervalles réguliers de 10 m, selon deux lignes parallèles, traversant le champ, dont l'origine et la direction ont été choisies de manière aléatoire. Chaque échantillon a été prélevé sur un carré de 25 cm de côté sur une profondeur de 30 cm. Les vers extraits ont ensuite été conservés dans des récipients en plastique de 50 ml, contenant une solution de formol à 4%, puis 4 jours plus tard dans une solution d'éthanol à 80°. Cette succession formol-alcool évite le durcissement des vers (conséquence d'une conservation longue dans du formol) ainsi que leur ramollissement trop important (survenant quand ils sont directement transférés dans de l'alcool) [12].

L'identification à l'espèce des vers a été réalisée au moyen d'une loupe binoculaire, à l'aide de la clé de Gates [15]. Pour chaque échantillon, le nombre de vers de chaque espèce a été déterminé.





**Fig. 3** – Illustration des types d’occupation des sols. **a.** Autre culture (AC), **b.** Friche (FR), **c.** Arbres fruitiers (AF), **d.** Autre culture (AC), **e.** Rizières (1R, 2R)

La diversité des espèces de vers de terre a été déterminée pour chaque milieu (type d'occupation du sol) par l'indice de diversité de Shannon-Wiener :

$$H' = - \sum_{i=1}^n p_i \ln p_i$$

où  $p_i$  est la proportion d'une espèce  $i$  par rapport au nombre total d'espèces dans le milieu d'étude, qui se calcule de la façon suivante:

$$p_i = n_i / N$$

où  $n_i$  est le nombre d'individu pour l'espèce  $i$  et  $N$  est l'effectif total

### *Caractérisation du sol*

Les variables pédologiques mesurées sont: la texture (sable, limon et argile), le pH (H<sub>2</sub>O et KCl), la conductivité électrique (CE), le carbone organique (OC), l'azote total (N), le phosphore total (P<sub>tot</sub>), le phosphore assimilable (P<sub>ass</sub>), les bases échangeables (Ca, Mg, K et Na), l'hydrogène et l'aluminium extractibles (H et Al), la capacité d'échange cationique (CEC). Ces mesures ont par ailleurs donné lieu aux variables calculées suivantes: le rapport C/N, la somme des bases échangeables (ExB), l'acidité d'échange (ExA), la capacité d'échange cationique effective (ECEC), le taux de saturation en bases (BS), le taux de saturation en aluminium (AIS).

### *Analyses statistiques*

Afin de caractériser l'influence de la pédologie sur la diversité des vers de terre, une analyse en co-inertie a été réalisée sur les données issues de la caractérisation des sols et des populations de lombrics. L'analyse en co-inertie est une méthode d'analyse multivariée qui permet d'analyser et de représenter simultanément deux tableaux de données et d'en analyser les similitudes [16,17] et qui a déjà été utilisée dans des contextes semblables [18]. Elle effectue un rapprochement entre les axes principaux découlant de l'analyse séparée des deux tableaux de données par des méthodes factorielles, en les projetant dans un nouvel espace commun choisi de telle manière que les nouveaux scores issus des deux tables présentent une covariance maximale.

Etant donné la présence de grands écarts d'abondance et de certains effectifs faibles voire nuls qui peuvent nuire à la qualité de l'interprétation, les données faunistiques ont été transformées préalablement à l'analyse [19]. Les données individuelles d'abondance ont été divisées par l'abondance totale des individus relevés sur chaque site, établissant de cette manière un profil de distribution spécifique sur chaque site relevé. Cette approche permet de détecter les changements de compositions spécifiques relatives, qui peuvent ensuite être liés à des changements environnementaux [17]. Neuf parcelles, ne présentant aucun vers de terre dans leurs échantillons, ont été écartées de l'analyse en co-inertie. En outre, certaines espèces étant très peu représentées dans les échantillons, les données ont été regroupées au niveau de la famille, dont la distribution taxonomique est plus équilibrée. Pour cette même raison, l'analyse des relations entre la pédologie et les catégories écologiques n'a pas été réalisée.

L'analyse en co-inertie des tables pédologique et faunistique a été réalisée sur base d'une analyse en composantes principales centrée réduite de ces deux tables au moyen du package ade4 [20] dans le logiciel R 2.8.1 [21].

Pour déterminer l'impact du type d'occupation de sol sur les vers de terre, un test Khi-carré d'ajustement a été réalisé à l'aide du logiciel MINITAB Release 13.2 pour Windows en tenant compte du nombre inégal de parcelles pour chaque occupation du sol et du nombre absolu de chaque espèce de vers de terre.

## Résultats

### *Diversité des espèces de vers de terre*

Lors des prélèvements, 3 familles, 5 genres et 7 espèces de lombrics ont été mis en évidence. La systématique de ces espèces est reprise dans le tableau 1 ainsi que leur catégorie écologique, leur abondance absolue et leur richesse spécifique.

**Tableau 1** - Systématiques des espèces de vers de terre recensées lors de l'étude dans la zone côtière sableuse de la province de Thua Thien Hué, leurs catégories écologiques, leurs abondances absolues et leurs richesses spécifiques

Famille	Genre	Espèce	Abréviation	Catégorie écologique	Abondance absolue	Richesse spécifique
Glossoscolecidae	Pontoscolex	corethrurus	<b>Pc</b>	endogé oligo-humique	163	0.45
Megascolecidae	Lampito	mauritii	<b>Lm</b>	anéciq	48	0.13
	Perionyx	excavatus	<b>Pe</b>	épigé	3	0.0084
	Pheretima	danangana	<b>Pd</b>	anéciq	2	0.0059
		rodericensis	<b>Pr</b>	anéciq	13	0.036
		sp	<b>Ps</b>	anéciq	14	0.039
Microchaetidae	Glyphidrilus	papillatus	<b>Gp</b>	endogé oligo-humique	115	0.32

*P. corethrurus* est l'espèce la plus fréquemment rencontrée (37.6% des vers prélevés), suivie par *G. papillatus*, *L. mauritii*, *Pheretima* sp., *P. rodericensis*, *P. excavatus*, *P. danangana*.

Des vers immatures et/ou blessés (nombre de ces vers = 74) ainsi que des cocons (nombre de cocons = 51) ont également été retrouvés lors de l'échantillonnage mais n'ont pu être identifiés. Seuls les vers de terre matures ont été pris en compte pour la suite des analyses.

Les indices de diversité de Shannon-Wiener ( $H'$ ) ont été calculés pour chaque espèce de vers de terre pour un milieu donné. Le milieu est défini en fonction du type d'occupation du sol. Le tableau 2 montre les richesses spécifiques de chaque espèce pour chaque milieu et l'indice de Shannon-Wiener par milieu. La plus grande diversité d'espèce est observée pour les sols avec des cultures autres que le riz (AC) alors que les friches ne présentent aucune diversité. En effet, une seule espèce (*G. papillatus*) est retrouvée dans ce milieu.

### *Relation entre les espèces de lombrics rencontrées et les caractéristiques physiques et chimiques des sols*

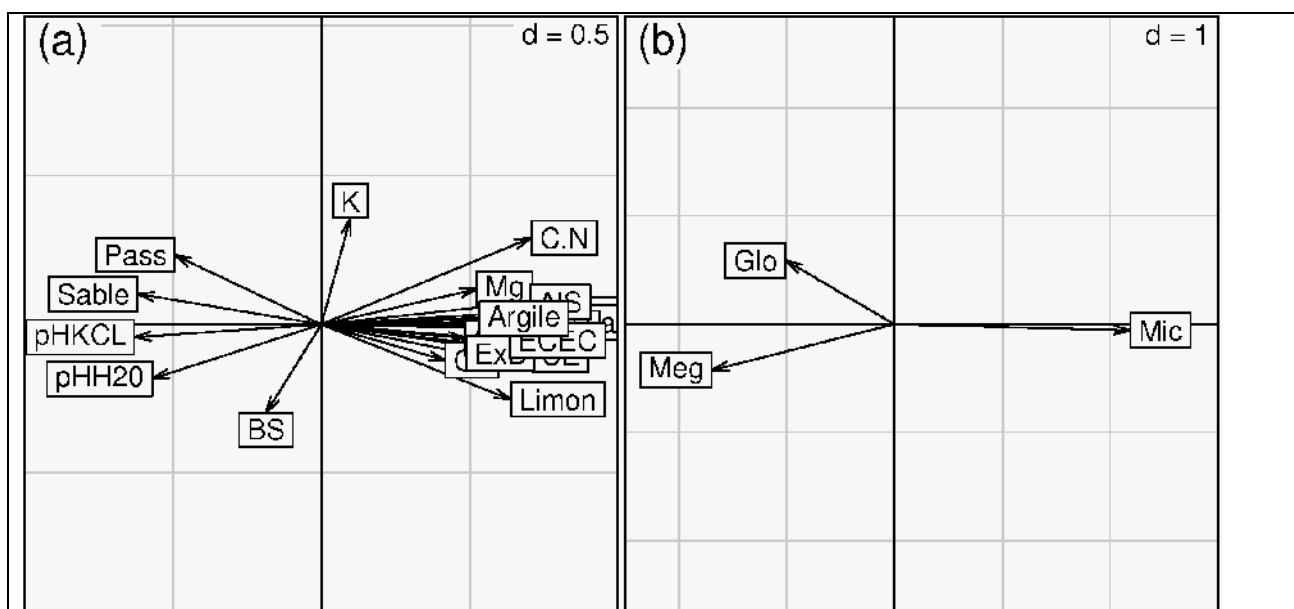
Les analyses en composantes principales individuelles sur les relevés pédologiques et faunistiques ont conduit à la sélection des deux premières composantes, reprenant respectivement 75.4% et 100% de la variabilité totale des données. La qualité de la projection de ces deux tableaux dans l'espace commun de l'analyse en co-inertie est bonne, comme le montre les valeurs du tableau 3 : une grande part de l'information (mesurée par les valeurs propres) contenue dans les axes des analyses séparées a été transmise dans le nouvel espace.



**Tableau 2** – Richesse spécifique pour chaque espèce en fonction du type d’occupation du sol et indice de Shannon-Wiener (H’) pour chaque utilisation du sol. Occupation des sols : 2R = 2 cultures de riz par an, 1R = 1 culture de riz par an, 1R + AC = 1 culture de riz suivie par une autre culture, AC = autres cultures que le riz, AF = arbres fruitiers, FR = friche.

	1R	2R	AC	1R + AC	AF	FR
<i>P. corethrurus</i>	0.1	0.085	0.14	0.3	0.8	0
<i>L. mauritii</i>	0.026	0	0.75	0	0.07	0
<i>G. papillatus</i>	0.84	0.86	0.022	0.6	0	1
<i>Pheretima sp.</i>	0.026	0.057	0.022	0.093	0.035	0
<i>P. excavatus</i>	0	0	0	0	0.018	0
<i>P. rodericensis</i>	0	0	0.022	0	0.07	0
<i>P. danangana</i>	0	0	0.045	0	0	0
<b>H'</b>	0.57	0.5	0.97	0.89	0.74	0

La corrélation entre les scores pédologique et faunistique s’élève à 0.604 pour le premier axe de la co-inertie (F1), et à 0,564 pour le second (F2) (Tableau 3). Nous avons testé la signification de ces valeurs en réalisant 1000 analyses de co-inertie sur les données pédologiques et faunistiques en permutant aléatoirement les lignes des tables. Pour chaque analyse, les corrélations résultantes ont été enregistrées. La corrélation observée pour l'axe F1 est significative, la probabilité estimée d'observer une valeur supérieure suite à un réarrangement aléatoire étant égale à 0.035. Par contre, cette même probabilité s'élève à 0.203 pour l'axe F2, la corrélation sur cet axe est donc non significative. Nous utilisons donc uniquement l'axe F1 pour interpréter les relations entre les populations de vers et la pédologie.



**Fig. 4.** Contributions des variables pédologiques (a) et faunistiques (b) aux axes F1 (horizontal) et F2 (vertical) de la co-inertie. Glo = Glossoscolecidae, Meg = Megascolecidae, Mic = Microchaetidae



Le premier axe de l'analyse de co-inertie pour la pédologie est un axe de richesse globale du sol, qui oppose des sols sableux à pH plus élevés et faible teneur minérale et des sols plus acides mais avec des teneurs en limon, argile et éléments minéraux plus élevées et une meilleure capacité d'échange (Fig. 4a). Tandis que ce même axe distingue d'une part les familles des Glossoscolecidae et Megascolecidae, associées aux valeurs négatives de l'axe, et d'autre part les Microchaetidae à l'autre extrémité de celui-ci (Fig. 4b).

L'interprétation des relations entre les familles de vers et les caractéristiques du sol est facilitée par la figure 5. L'abscisse de cette figure est formée par le score pédologique des parcelles sur l'axe F1 et correspond donc au gradient décrit dans le paragraphe précédent. Le long de cet axe sont d'abord représentés les nombres totaux d'individus relevés sur les parcelles correspondantes (abondance totale). Les trois graphiques (Fig. 5) reprennent l'abondance relative de chaque famille sur ces mêmes parcelles, exprimée par le ratio du nombre d'individus de la famille concernée sur le nombre total d'individus relevé sur la parcelle. On remarque immédiatement que si les Microchaetidae sont présents tout au long du gradient pédologique, les Glossoscolecidae et les Megascolecidae ne sont présents en abondance que dans les sols sableux pauvres.

**Tableau 3** – Comparaison de l'inertie résultant de l'analyse en co-inertie et des analyses en composantes principales séparées. InerP = valeurs propres issues de l'ACP sur relevés pédologiques; InerF = valeurs propres issues de l'ACP sur relevés faunistiques; VarP = inertie de la table pédologique projetée sur les axes de la co-

Axes	InerP	InerF	VarP	VarF	Cor
F1	14.68	1.80	13.20	1.80	0.604
F2	2.67	1.20	1.37	1.20	0.564

inertie; VarF = inertie de la table faunistique projetée sur les axes de la co-inertie; Cor = corrélation entre les coordonnées issues des deux tables résultant de l'analyse en co-inertie.

#### Relation entre les vers de terre échantillonnés et le type d'occupation du sol

Globalement, la densité moyenne de vers varie en fonction du type d'occupation du sol. Le nombre moyen de vers varie entre 4.4 et 42.5 (Tableau 4).

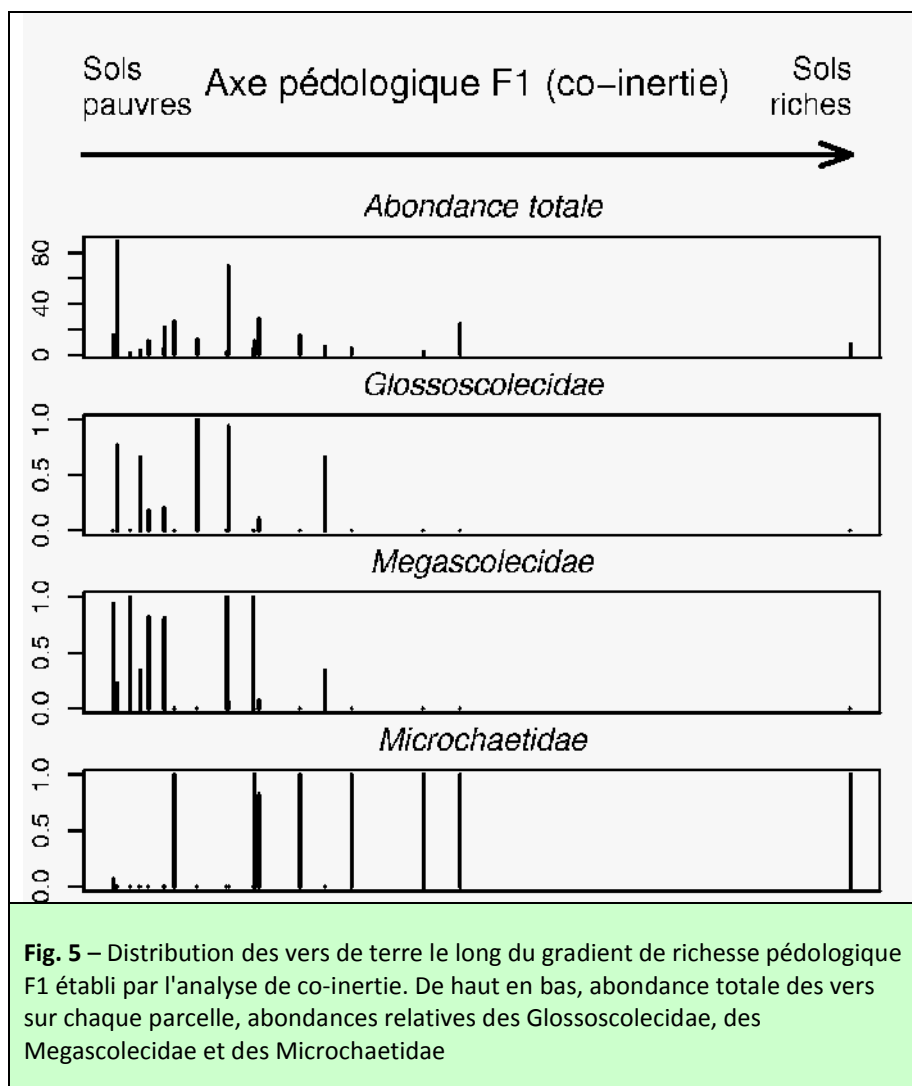
**Tableau 4.** Nombre moyen de vers de terre en fonction du type d'occupation du sol. Occupation des sols : 2R = 2 cultures de riz par an, 1R = 1 culture de riz par an, 1R + AC = 1 culture de riz suivie par une autre culture, AC = autres cultures que le riz, AF = arbres fruitiers, FR = friche.

	1R	2R	AC	1R + AC	AF	FR
<i>P. corethrurus</i>	1.33	0.375	0.67	4.33	34.25	0
<i>L. mauritii</i>	0.33	0	3.67	0	3	0
<i>G. papillatus</i>	10.67	3.75	0.1	8.67	0	13
<i>Pheretima sp.</i>	0.33	0.25	0.1	1.33	1.5	0
<i>P. excavatus</i>	0	0	0	0	0.75	0
<i>P. rodericensis</i>	0	0	0.1	0	3	0
<i>P. danangana</i>	0	0	0.2	0	0	0
<b>Total</b>	12.66 ab	4.375 b	4.84 b	14.33 ab	42.5 a	13 ab

L'analyse statistique indique une variation significative (Khi-carré d'ajustement,  $\chi^2_5 = 373.314$ ,  $p = 0.000$ ) du nombre de vers prélevés selon le type de culture. Les terres comportant des arbres fruitiers ont un nombre de vers significativement plus élevé que celles comportant deux cultures de riz (2R) ou une culture autre que le riz (AC).

Les vers de terre sont ensuite mis en relation le type d'occupation du sol au niveau de l'espèce (Tableau 4), de la famille (Fig. 6) et de leur catégorie écologique (Fig. 7).

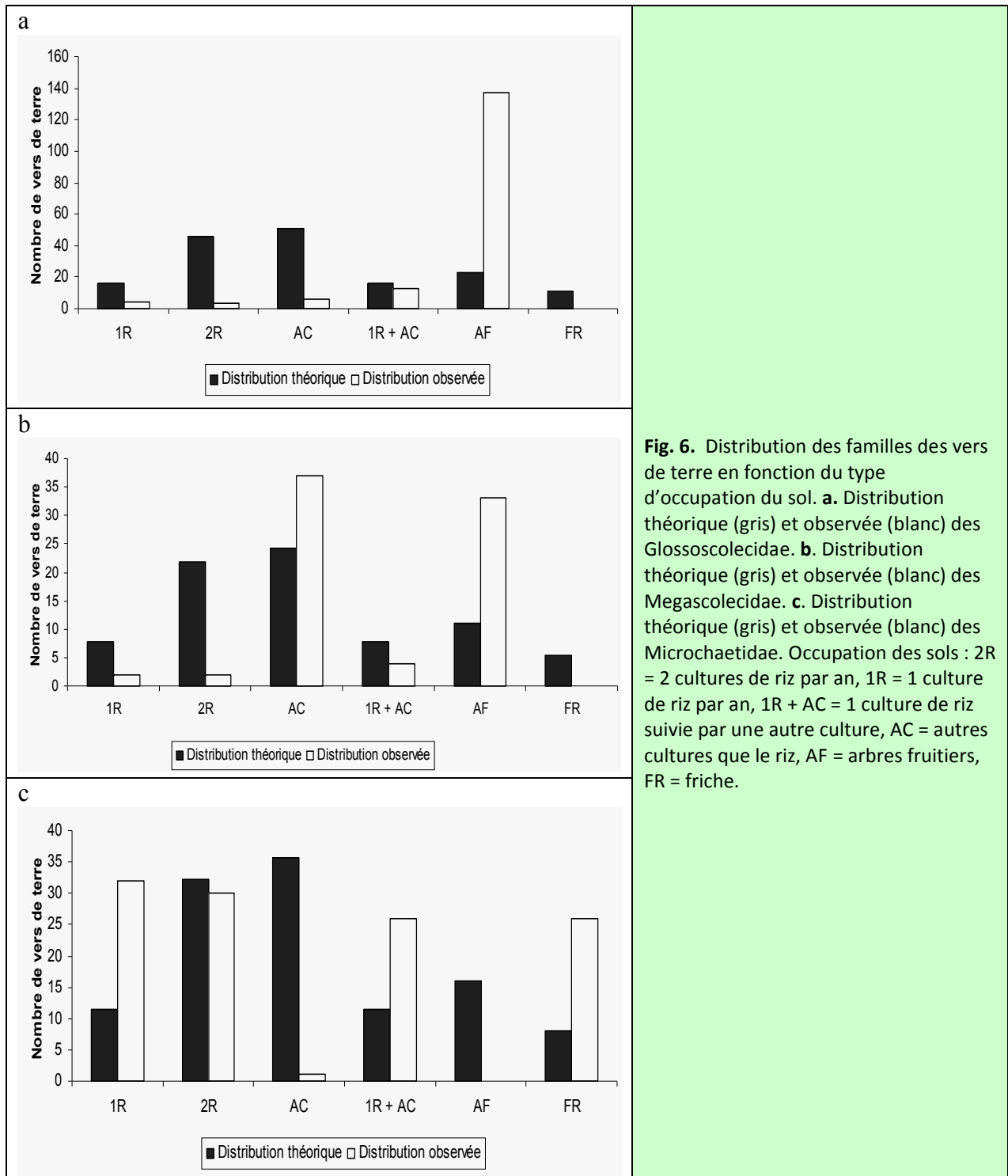
L'analyse des résultats sur les espèces montre que le nombre de *P. corethrurus* est significativement plus important dans les vergers (AF) (Khi-carré d'ajustement,  $\chi^2_5 = 671.740$ ,  $p = 0.000$ ) et absent dans les friches.



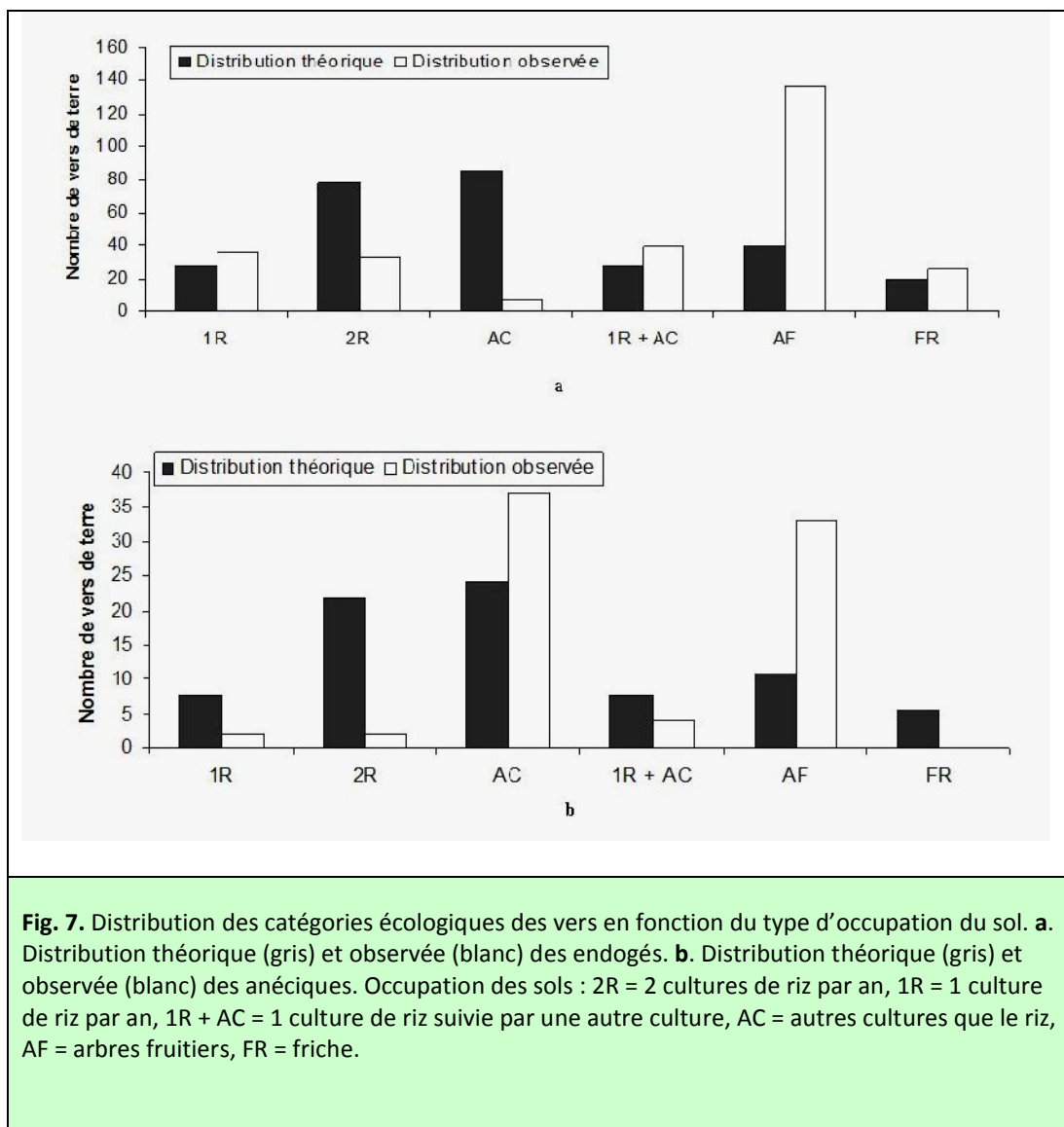
*L. mauritii* est significativement plus présent dans les sols avec des autres cultures que le riz (AC) (Chi-carré d'ajustement,  $\chi^2_5 = 52.94$ ,  $p = 0.000$ ). Il est absent ou retrouvé en très petit nombre dans les sols dédiés entièrement ou partiellement aux cultures de riz (1R, 2R, 1R + AC et FR). *G. papillatus* est significativement plus abondant dans les friches (Khi-carré d'ajustement,  $\chi^2_5 = 144.78$ ,  $p = 0.000$ ) et absent des vergers.

Le nombre de vers retrouvé pour les autres espèces dans chaque milieu est trop faible que pour répondre aux conditions d'application de l'analyse statistique néanmoins *Pheretima* sp. est majoritairement présent dans les vergers (AF), les cultures de riz suivies d'une autre culture (1R + AC) et est absent de friche (FR). *P. rodericensis*, retrouvé seulement dans deux milieux, semble préférer le sol des vergers. *P. excavatus* et *P. danangana* ne sont présents en faible quantité que dans un seul milieu respectivement les vergers (AF) et les autres cultures que le riz (AC).

Les familles ne sont pas représentées de manière aléatoire sur les parcelles. En effet, si c'était le cas la distribution d'une famille en fonction de type de milieu correspondrait à la distribution théorique représentée en noir sur la figure 6a dans le cas des Glossoscolecidae. L'analyse des résultats montre que les trois distributions des familles diffèrent significativement des distributions théoriques. Des différences intéressantes sont observées entre les familles. Les Glossoscolecidae sont plus abondants dans les vergers (AF) et sont sous représentés dans les autres milieux (Fig. 6a) alors que les Megascolecidae peuplent préférentiellement les vergers (AF) et les autres cultures que le riz (AC) et sont peu présents dans les autres milieux (Fig. 6b). Les Microchaetidae, quant à eux, sont sous représentés dans les vergers (AF) et les autres cultures que le riz (AC) mais sont plus abondants dans tous les autres milieux (Fig. 6c).



L'impact du type d'occupation des sols a également été évalué sur les trois catégories écologiques des vers de terre présents dans cette étude (Fig. 7). Les épigés ne sont représentés que par *P. excavatus* qui n'est présent que sur une seule parcelle de verger. Les endogés, catégorie écologique dominante, ne sont pas distribués de manière équitable sur l'ensemble des milieux (Khi-carré d'ajustement,  $\chi^2_5 = 354.87$ ,  $p = 0.000$ ). Ils sont significativement plus présents dans les vergers (AF) et sont moins abondants que prévu dans les autres cultures que le riz (AC) (Fig. 7a). Les anéciques sont eux aussi significativement (Khi-carré d'ajustement,  $\chi^2_5 = 81.09$ ,  $p = 0.000$ ) plus abondants dans les vergers (AF) mais contrairement aux endogés le sont aussi dans les autres cultures que le riz (AC). Cette catégorie écologique est totalement absente des friches alors que des endogés y sont observés. Les rizières (1R, 2R, 1R + AC) et les friches (FR) sont significativement moins peuplées en anéciques (Fig. 7b) alors que les endogés y sont bien représentés (Fig. 7a).





## Discussion

### *Evaluation de la diversité des espèces de vers de terre*

La diversité des vers de terre a été étudiée en fonction du type d'occupation des sols. L'indice de Shannon-Wiener varie entre 0.5 et 0.97 avec absence de diversité pour les friches. Les plus faibles diversités de vers de terre dans les cultures de riz (1R et 2R) sont probablement dues à l'immersion quasi permanente de ces cultures. Elles sont peu favorables au développement des vers en raison des conditions asphyxiques.

Des valeurs similaires pour la diversité des vers de terre (entre 0.15 et 0.87) ont été observées pour des friches industrielles [22]. La diversité des vers de terre est supérieure dans les prairies en Colombie ( $H = 1.29$ ) et en Pologne ( $H = 1.53$ ) [22,23] et l'indice de Shannon pour les vers de terre est proche de 3 dans la savane de Colombie [23]. Gastine [24] observe une diversité de vers de terre variant entre 1.4 et 2.1 en fonction du type de plantes qui recouvrent le sol analysé. La diversité des vers de terre diminue donc fortement avec l'intensification des activités agricoles [25].

### *Mise en relation des caractéristiques du sol et des vers de terre*

#### Les espèces

Lors de cette étude, 7 espèces de vers de terre ont été mises en évidence. La mise en relation de ces espèces avec le type d'occupation du sol montre que les vergers sont les milieux les plus colonisés par les vers de terre. *P. corethrurus*, *Pheretima* sp., *P. rodericensis* et *P. excavatus* y sont plus abondants que dans les autres milieux (Tableau 4). Les cultures arboricoles jouent un rôle important dans la préservation des vers de terre; Huerta [26] montre que les cultures avec des arbres, malgré une faible teneur en matière organique, ont une biomasse de vers de terre significativement plus élevée.

A l'opposé, les friches sont pauvres en espèce de vers de terre. En effet, seule l'espèce *G. papillatus* est retrouvée dans ce milieu. Cette espèce de ver de terre est particulièrement bien adaptée à des milieux saturés en eaux [15] telles que les friches et les rizières. Les friches (anciennes rizières saturées en eau en raison de la proximité des lagunes) ont en plus l'avantage de ne plus subir d'activités agricoles, néfastes au développement des vers de terre [5,27].

*L. mauritii* est retrouvée en plus grand nombre dans les sols des autres cultures que le riz (AC) et dans les vergers (AF). Les autres types de culture (AC) sont généralement placés au niveau de terres très sableuses et pauvres en éléments nutritifs. Aucun résidu n'est laissé au niveau du sol pour stimuler le développement des populations de vers de terre. *L. mauritii*, originaire de l'Inde, est capable de s'adapter aux sols légers des zones sèches [15] et est l'espèce la plus abondante des sols sableux du Madras [28].

Les terres occupées par deux cultures de riz (2R) présentent le nombre moyen de vers de terre le plus bas (Tableau 4). Ces terres sont irriguées de décembre à septembre et sont donc peu favorables au développement des vers en raison des conditions asphyxiques liées à cette immersion quasi permanente. Les travaux du sol (labour, mise en boue...) sont plus intensifs que pour les autres types de culture, perturbant l'activité de la macrofaune du sol [5]. Dans certaines cultures de riz, les vers de terre peuvent causer des dégâts. En effet, ils creusent des galeries le long des terrasses provoquant un drainage non désiré de l'eau [29]. Leur faible présence peut être considérée comme un avantage dans ce cas particulier.

Ces résultats sont similaires à ceux de Decaens [30] qui met en évidence que le type d'utilisation du sol a un impact significatif sur la richesse et l'abondance des espèces de vers de terre.

#### Les familles

Trois familles de vers de terre sont présentes dans l'échantillonnage de cette étude: Glossoscolecidae, Megascolecidae et Microchaetidae. Les Microchaetidae semblent moins sensibles aux caractéristiques des sols que les deux autres familles. En effet, ils sont présents tout au long de l'axe de richesse du sol (Fig. 5) et sont représentés dans tous les types d'occupation du sol à l'exception des vergers (AF) et des autres

cultures que le riz (AC) qui correspondent à des sols très pauvres. L'analyse de co-inertie montre que les Megascolecidae et les Glossoscolecidae sont abondants dans les sols pauvres (Fig. 5) et l'analyse mettant en relation les familles avec le type d'occupations des sols met en évidence que ces deux familles sont significativement plus présentes dans les vergers (AF) et sous représentées dans les rizières (1R et 2R) (Fig. 6a et 6b). Ces résultats concordent parfaitement étant donné que les vergers sont associés aux sols plus pauvres, et les rizières aux sols plus riches.

La texture du sol semble jouer un rôle important dans la distribution des familles de vers de terre. Dans cette étude, les Glossoscolecidae et les Megascolecidae sont fortement liés à la teneur en sable du sol alors que les Microchaetidae sont plutôt associés à des sols plus limono-argileux. D'autres études mettent en évidence la relation entre la texture du sol et la distribution des vers de terre [26,31,32] avec par exemple, l'abondance de *P. elongata*, un Megascolecidae, inversement liée à la teneur en sable du sol [33].

#### Les catégories écologiques

Les trois catégories écologiques des vers de terre (épigé, endogé et anécique) sont représentées dans notre échantillonnage. Les vers de terre épigés vivent dans la litière du sol proche de la surface [5]. Ils sont fortement exposés aux variations climatiques, à la prédation et aux activités agricoles [34]. Les vers de terre endogés, majoritairement représentés, prédominent dans les régions tropicales, et creusent de profondes galeries horizontales [5] alors que les anéciques creusent des galeries verticales et que leur principale fonction est d'amener en profondeur la litière de la couche superficielle du sol [4].

Les anéciques et les endogés sont plus abondants dans les vergers que dans les autres milieux. L'absence de travail intensif du sol peut à nouveau favoriser leur développement [5,27]. Les anéciques sont sous représentés dans les rizières alors que les endogés semblent adaptés à ces milieux. Les endogés, vivant plus en profondeur, sont plus résistants aux changements dus aux activités agricoles [35], notamment l'immersion des cultures de riz et de friches.

#### Conclusions

L'étude de la diversité faunique a mis en évidence, dans les sols sableux de la zone côtière de Thua Thien Hué, les 7 espèces de lombriciens suivantes : *Pontoscolex corethrurus*, *Glyphidrilus papillatus*, *Pheretima rodericensis*, *Pheretima sp.*, *Pheretima danangana*, *Perionyx excavatus*, *Lampito mauritii*. *P. corethrurus* et *G. papillatus* sont les deux espèces les plus abondantes.

Les terres avec des cultures autres que le riz (AC) possèdent la plus grande diversité de vers de terre alors que le nombre moyen de vers de terre pour ce milieu est un des plus faibles. Ce milieu semble donc adapté à de nombreuses espèces de vers de terre sans pour autant rassembler les conditions optimales à leur développement. *G. papillatus* est la seule espèce retrouvée dans les friches et *P. corethrurus* se développe préférentiellement dans les vergers.

Les familles des Glossoscolecidae et des Megascolecidae sont associées à des milieux pauvres, riches en sable et moins acides que la moyenne alors que la famille des Microchaetidae est plus résistante aux changements des caractéristiques du sol. Elle est associée préférentiellement à des milieux acides, limono-argileux mais est présente quelque soit la richesse du milieu. Les endogés présents dans cette étude sont particulièrement abondants dans les vergers et présents en faible densité dans les autres cultures que le riz.

Cette étude peut dès lors être considérée comme un état des lieux de la situation actuelle des sols de la province de Thua Thien Hué et le premier pas de futures expériences sur la problématique du manque de fertilité de ces sols.

## Implication pour la conservation

Au Vietnam, la riziculture occupe les deux tiers des surfaces cultivées. L'augmentation de production au cours de la dernière décennie n'est pas due à un accroissement de la superficie cultivée. En effet, elle a été le fruit d'une intensification des cultures liée à une multiplication des récoltes [36]. D'une manière générale, les sols fortement cultivés sont associés à un développement plus faible de la faune du sol dont font partie les vers de terre [5]. Etant donné leur texture sableuse, les sols pauvres de la zone côtière de la province de Thua Thien Hue au Centre Vietnam présentent des caractéristiques peu propices à l'agriculture et plus particulièrement à la riziculture [1]. Néanmoins, la pression démographique a conduit à mettre en valeur ces terres pour augmenter les ressources vivrières et satisfaire les besoins alimentaires.

Les résultats de cette étude montrent que la diversité des vers de terre dans les sols de la province de Thua Thien Hué est faible. Cette faible diversité peut être associée aux activités agricoles intenses [25] et à la pauvreté naturelle des sols. Néanmoins, les résultats montrent que les vers de terre sont naturellement présents dans le sol et que les familles des Megascolecidae et des Glossoscolecidae sont associés aux sols pauvres alors que les Microchaetidae semblent moins sensibles aux caractéristiques des sols. Ces résultats ont une implication intéressante dans la fertilité et le cycle des nutriments du sol. En effet, les vers de terre sont des espèces importantes des écosystèmes édaphiques. Ces Annélides ont les capacités de transformer leur biotope et même parfois de créer de nouveaux habitats pour d'autres organismes [37,38] En effet, ils modifient la morphologie (modification de la stratification), la structure (porosité, stabilité...) et la composition du sol (taux de carbone, d'azote...) par leur action à la fois physique, chimique et biologique [39]. La fertilité du sol est ainsi augmentée et la croissance des plantes est stimulée [40].

Etant donné la pauvreté des sols et le manque de diversité des vers, un ajout de matière organique sur les sols cultivés et une inoculation des sols par les vers de terre identifiés lors de cette étude aiderai à la restauration des sols et à l'augmentation de leur fertilité. En effet, les vers de terre sont à la fois des acteurs et des bio-indicateurs de la fertilité [6] et un sol plus riche constituerait un milieu plus favorable au développement des vers de terre et à leur diversité. Les résultats obtenus lors de cette étude ne constituent donc qu'un point de départ à la conservation des sols et de la biodiversité dans la région centre du Vietnam.

## Remerciements

Le travail a été rendu possible grâce à l'intervention financière du Conseil Interuniversitaire de la Communauté Française de Belgique et de la Commission Universitaire pour le Développement dans le cadre d'un projet PIC ; nous leur en sommes très reconnaissants. Nous remercions également Monsieur le Professeur Nguyen Vam Thuan pour sa coopération dans l'identification des vers. Cette étude a été réalisée dans le cadre du Projet Interuniversitaire Ciblé (PIC), financé par le C.I.U.F (Conseil Interuniversitaire de la Communauté Française de Belgique). Ce projet s'intitule « Amélioration du niveau de vie des familles paysannes du Centre Vietnam par une augmentation de la production vivrière sur les sols pauvres de la zone côtière et une gestion appropriée du cycle des matières organiques au sein des fermes familiales ». Lara Zirbes est financée par une bourse de doctorat des Fonds pour la Formation à la Recherche dans l'Industrie et dans l'Agriculture (FRIA), Belgique.

## Références bibliographiques

- [1] Thuan Thien Hue Statistical Office 2004. *Statistical year book 2003*. Statistical publishing house, Hué.
- [2] Moormann, F.R. 1961. *Les sols de la république du Viet-nam*. Secrétariat d'état à l'agriculture, Saigon.
- [3] Hoang Thi Thai Hoa 2004. *Report on soil characteristics*. Hue University of Agriculture and Forestry.
- [4] Brown, G.G., Barois, I. et Lavelle, P. 2000. Regulation of soil organic matter dynamics and microbial activity in the drilosphere and the role of interactions with other edaphic functional domains. *European Journal of Soil Biology* 36: 177-198.

- [5] Lee K.E. 1985. *Earthworms: Their ecology and relationships with soil and land use*. Academic Press.
- [6] Lavelle, P et al. 2004. In: *Earthworm Ecology*. Edwards C.A. (2e Eds), pp 145-160. Boca Raton, FL, CRC press.
- [7] Edwards, C.A. 1998. *Earthworms Ecology*. CRC Press LLC.
- [8] Nguyen Vam Thuan 1993. First investigation on earthworms in Bach Ma national park (Thua Thien Hue province, Vietnam). *Le journal de la biologie* 15(4): 69-71.
- [9] Vu Quang Manh, Nguyen Van Thuan et Le Van Trien 1995. *Development of mesofauna for soil improvement*. *Forestry review* 7: 19-20.
- [10] Huynh Thi Kim Hoi et Nguyen Duc Anh 2003. Contribution to study on earthworms and other mesofauna groups in hilly regions of north central of Vietnam. *National Report of the Conference for Basical Research of Biology, Agriculture and Medicine, Hue, July 2003*.
- [11] Zhiping, C., Yuhui, Q., Boqing, W. et Qin, X. 2006. Influence of agricultural intensification on the earthworm community in arable farmland in the North China Plain. *European Journal of Soil Biology* 42: S362-S366.
- [12] Lavelle, P. et Fragoso, G. 2000. *La macrofaune du sol : une ressource en danger dans un monde en changement*. IBOY 2000 (International Biodiversity Observation Year), rapport du colloque international du 19 au 23 Juin 2000, Bondy (France).
- [13] Anderson, J.M. et Ingram, J. 2<sup>nd</sup> Eds. 1993. *Tropical Soil Biology and Fertility. A Handbook of Methods*, CAB, Oxford.
- [14] Bouché, M.B. 1969. Comparaison critique de méthodes d'évaluation des populations de lombricidés. *Pedobiologia* 9: 26-34.
- [15] Gates, G.E. 1972. Burmese earthworms. An introduction to the systematic and biology of megadrile oligochaetes with special reference to Southeast Asia. *Transaction of American Philosophical Society* 62: 1-326.
- [16] Dolédec, S., et Chessel, D. 1994. Co-inertia analysis: an alternative method for studying species-environment relationships. *Freshwater Biology* 31(3): 277-294.
- [17] Dray, S., Chessel, D., et Thioulouse, J. 2003. Co-inertia analysis and the linking of ecological data tables. *Ecology* 84(11): 3078-3089.
- [18] Cadet, P., et Thioulouse, J. 1998. Identification of soil factors that relate to plant parasitic nematode communities on tomato and yam in the French West Indies. *Applied Soil Ecology* 8(1-3): 35-49.
- [19] Legendre, P., et Gallagher, E. 2001. Ecologically meaningful transformations for ordination of species data. *Oecologia* 129(2): 271-280.
- [20] Dray, S. et Dufour, A.B. 2007: The ade4 package: implementing the duality diagram for ecologists. *Journal of Statistical Software*. 22(4): 1-20.
- [21] R Development Core Team 2008. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org>.
- [22] Pospiech, N., et Skalski, T. 2006. Factors influencing earthworm communities in post-industrial areas of Krakow Soda Works. *European Journal of Soil Biology* 42: S278-S283.
- [23] Jimenez, J.J., Moreno, A.G., Decaens, T., Lavelle, P., Fisher, M.J. et Thomas, R.J. 1998. Earthworm communities in native savannas and man-made pastures of Eastern Plains of Colombia. *Biology and Fertility of soils* 28: 101-110.
- [24] Gastine, A., Scherer-Lorenzen, M., et Leadley, P.W. 2003. No consistent effects of plant diversity on root biomass, soil biota and soil abiotic conditions in temperate grassland communities. *Applied Soil Ecology* 24: 101-111.
- [25] Decaens, T., et Jimenez, J.J. 2002. Earthworm communities under an agricultural intensification gradient in Colombia. *Plant and Soil* 240: 133-143.
- [26] Huerta, E. et al. 2007. Earthworms and soil properties in Tabasco, Mexico. *European Journal of Soil Biology* 43: S190-S195.
- [27] Smith, R.G., McSwiney, C.P., Grandy, A.S., Suwanwaree, P., Snider, R.M., et Robertson, G.P. 2008. Diversity and abundance of earthworms across an agricultural land-use intensity gradient. *Soil & Tillage Research* 100: 83-88.



- [28] Ismail, S.A., Ramakrishnan, C. et Anzar, M.M. 1990. Density and diversity in relation to the distribution of earthworms in Madras. *Proceeding of the Indian Academy of Sciences, Animal Sciences* 99: 73-78.
- [29] Hairiah, K., Williams, S.E., Bignell, D., Swift, M., et van Noordwijk, M. 2001. *Effects of land use change on belowground biodiversity*. International Center for Research in Agroforestry Southeast Asian Regional Research Programme, Bogor, Indonesia.
- [30] Decaëns, T., Margerie, P., Aubert, M., Hedde, M., et Bureau, F. 2008. Assembly rules within earthworm communities in North-Western France – A regional analysis. *Applied Soil Ecology* 39: 321-335.
- [31] Nuutinen, V., Pitkänen, J., Kuusela, E., Widbom, T., et Lohilathi, H. 1998. Spatial variation of an earthworm community related to soil properties and yield in a grass-clover field. *Applied Soil Ecology* 8: 85-94.
- [32] Fonte, S.J., Winsome, T., et Six J. 2009. Earthworm populations in relation to soil organic matter dynamics and management in California tomato cropping systems. *Applied Soil Ecology* 41: 206-214.
- [33] Huerta, E. 2002. Etude comparative des facteurs qui déterminent la biomasse et la densité des vers de terre dans les zones naturelles et anthropisées dans les sols de tropiques. Thèse de Doctorat, Université Paris VI Pierre et Marie Curie, Paris.
- [34] Römbke, J., Jänsch, S., et Didden, W. 2005. The use of earthworms in ecological soil classification and assessment concepts. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 62: 249-265.
- [35] Fragoso, C. et al. 1997. Agricultural intensification, soil biodiversity and agroecosystem function in the tropics: role of earthworms. *Applied Soil Ecology* 6:17-35.
- [36] Vu Tu Lap et Taillard, C. 1994. Atlas du Vietnam. GIP Reclus.
- [37] Brown G.G. 1995. How do earthworms affect microfloral and faunal community diversity? *Plant Soil*. 170: 209-231
- [38] Maraun M., Alpehi J., Bonkowski M., Buryr R., Migge S., Peters M., Scheafer M. et Scheu S. 1999. Middens of the earthworm *Lumbricus terrestris* (Lumbricidae): microhabitat for micro- and mesofauna in forest soil. *Pedobiologia* 43: 276-287.
- [39] Bolhen, P.J., Parmelee, R.W., McCartney, D.A., et Edwards C.A. 1997. Earthworm effects on carbon and nitrogen dynamics of surface litter in corn agroecosystems. *Ecol. Appl.* 7: 1341-1349.
- [40] Lavelle P., Brussaard L., et Hendrix P. 1999. *Earthworm Management in Tropical Agroecosystems*. CAB International.