

Enregistrement scientifique n° : 609

Symposium n° : 11

Présentation : poster

## **Conversion of forest into pastures in Amazonia : effects on soil macrofaunal diversity and soil water dynamics**

### **Installation de pâturages en Amazonie : effets sur la macrofaune et le fonctionnement hydrique du sol**

**BARROS Eleusa (1), GRIMALDI Michel (2), DESJARDINS Thierry (3), SARRAZIN Max (3), CHAUVEL Armand (1), LAVELLE Patrick (1)**

(1) ORSTOM, LEST, 32 Avenue Henri Varagnat, 93143 Bondy Cedex, France

(2) ORSTOM, Science du Sol, INRA, 65 rue de St-Brieuc, 35042 Rennes Cedex, France

(3) ORSTOM, INPA, Ecologia, CP 478, CEP 69011 Manaus, AM, Brésil

Au Brésil, la surface de pâturages dégradés est estimée à 12 millions d'hectares. La dégradation est attribuée à des problèmes phytosanitaires et à la mauvaise gestion des adventices, à la pauvreté chimique du sol, et enfin à l'évolution de la structure du sol, liée pour partie à une baisse de la diversité de la macrofaune du sol. L'objectif de cette étude est de préciser les conséquences des changements de biodiversité sur le fonctionnement hydrique du sol. En Amazonie centrale, nous comparons à la forêt deux pâturages, l'un de 4 ans, l'autre installé depuis une quinzaine d'années et abandonné depuis 1990. Le sol est un ferralsol très argileux (kaolinite > 80%). La faune du sol est étudiée selon la méthode TSBF. Les variations du potentiel de l'eau du sol sont suivies à l'aide de tensiomètres. La conductivité hydraulique est mesurée avec un infiltromètre. La biodiversité des macroinvertébrés diminue après déforestation. La richesse spécifique varie de 151 espèces sous forêt à 48 sous le pâturage abandonné où 90 % de la biomasse est représentée par une espèce de ver de terre, *Pontoscolex corethrurus*. Les mesures tensiométriques, au cours des averses, montrent la formation de nappes superficielles sous le pâturage de 4 ans, plus étendues sous le pâturage abandonné où des signes d'hydromorphie sont observés jusqu'à plus de 2 m de profondeur. Sous forêt, la saturation du sol est rarement atteinte en saison des pluies, grâce à une structure microagrégée favorisant le drainage. *Pontoscolex corethrurus* rejette à la surface du sol des turricules très humides qui forment une couche continue, peu perméable à l'air et à l'eau, et propice à l'apparition de conditions d'anoxie. Celle-ci favorise des transformations minéralogiques et structurales, initiées à la surface du sol et qui se propagent en profondeur. Cette étude illustre l'importance des interactions entre activité faunique, structure et fonctionnement hydrodynamique du sol.

Key-words : pastures, soil macrofauna, biodiversity, soil structure, soil hydric behaviour

Mots-clés : pâturages, macrofaune du sol, biodiversité, fonctionnement hydrique du sol

Enregistrement scientifique n° : 609  
Symposium n° : 11  
Présentation : poster

## **Conversion of forest into pastures in Amazonia : effects on soil macrofaunal diversity and soil water dynamics**

### **Installation de pâturages en Amazonie : effets sur la macrofaune et le fonctionnement hydrique du sol**

**BARROS Eleusa (1), GRIMALDI Michel (2), DESJARDINS Thierry (3), SARRAZIN Max (3), CHAUVEL Armand (1), LAVELLE Patrick (1)**

- (1) ORSTOM, LEST, 32 Avenue Henri Varagnat, 93143 Bondy Cedex, France  
(2) ORSTOM, Science du Sol, INRA, 65 rue de St-Brieuc, 35042 Rennes Cedex, France  
(3) ORSTOM, INPA, Ecologia, CP 478, CEP 69011 Manaus, AM, Brésil

#### **Introduction**

En Amazonie brésilienne, à partir des années 70, la politique incitant à l'installation de pâturages a fortement accru la déforestation (Fearnside, 1993). Actuellement, la moitié de ces pâturages, soit 12 millions d'hectares, sont considérés comme dégradés, la ressource fourragère ayant plus ou moins disparu (Veiga, 1995). La dégradation est attribuée à la mauvaise gestion des adventices, à des problèmes phytosanitaires, à la pauvreté chimique du sol, notamment en phosphore assimilable, ainsi qu'à l'évolution de la structure du sol, liée pour une part à une baisse de la diversité de la macrofaune du sol.

Les latosols jaunes argileux constituent une partie importante de la couverture pédologique en Amazonie centrale. Leur structure microagrégée est favorable à l'infiltration et au stockage de l'eau, mais les microagrégats d'origine biologique sont très fragiles en raison de la pauvreté en oxydes métalliques. Dès la transformation de la forêt en pâturages, le sol est soumis à des contraintes mécaniques (piétinement du bétail) et hydriques (alternances de dessiccation-humectation) qui compactent le sol (Chauvel et al., 1991 ; Grimaldi et al., 1993). La structure du sol tend à devenir massive par coalescence des microagrégats. La macroporosité, constituée de chenaux et galeries d'origine biologique, et de fissures et pores d'assemblage des microagrégats, diminue fortement. La capacité du sol à stocker l'eau utile pour les plantes est affectée par la diminution du volume macroporal (Chauvel et al., 1991 ; Tavares-Filho, 1994).

Certaines espèces de vers de terre "compactantes" ont un effet similaire sur la structure du sol à celui du piétinement du bétail (Fontaine, 1994). Dans un pâturage de la région nord de Manaus, une espèce, *Pontoscolex corethrurus*, devient dominante, tandis que baisse la diversité des fourmis, termites et arthropodes, responsables en partie de l'aération du sol (Barros et al., 1996).

L'objectif de cette étude est de préciser les conséquences des changements de biodiversité de la macrofaune du sol sur le fonctionnement hydrique du sol.

## Sites d'étude et méthodes

Les sites d'étude sont localisés au nord de Manaus (2°30'S ; 60°01'W). Le climat est tropical humide (précipitations annuelles moyennes de 2075 mm). Nous avons comparé deux pâturages à la forêt : un pâturage de 4 ans (P4) et un pâturage installé depuis une quinzaine d'années et abandonné depuis 1990, et dont le sol présente des caractères d'hydromorphie (PAH). Ces trois sites sont localisés sur la partie sommitale de plateaux. Développé à partir des sédiments tertiaires de la formation Alter do Chão, le sol sous forêt est un latosol jaune argileux (latossolo amarelo alico argiloso, selon la classification brésilienne ; ferralsol, selon la World Reference Base for Soil Resources). Sur plus de 5 m d'épaisseur, il est constitué de kaolinite (plus de 80%), associée à des sables quartzeux (5 à 15%). Ses caractéristiques morphologiques sont remarquablement constantes d'un plateau à l'autre. La faune du sol a été étudiée selon la méthode définie par le programme Tropical Soil Biology and Fertility (Anderson and Ingram, 1993). Les variations saisonnières et au cours d'averses du potentiel de l'eau du sol ont été suivies à l'aide de tensiomètres. La conductivité hydraulique a été mesurée avec un infiltromètre à succion contrôlée, selon le protocole défini par Ankeny et al. (1991).

## Résultats

### *Macrofaune du sol*

La biodiversité des macroinvertébrés diminue après déforestation. La richesse spécifique varie de 151 espèces sous forêt à 48 sous PAH. Bien que les valeurs de biomasse de macroinvertébrés du sol soient du même ordre de grandeur (Fig. 1), les espèces diffèrent d'un site à l'autre. Sous forêt, la biomasse est de 54 g.m<sup>-2</sup> dont quelques gros vers de terre, "minhocuçu", mesurant jusqu'à plus de 1 m de longueur, constituent plus de 80% de la biomasse. Sous PAH, la biomasse est de 51 g.m<sup>-2</sup> dont 90% est représenté par une seule espèce de vers de terre, *Pontoscolex corethrurus*. Cette espèce est absente en forêt et P4. Sous P4, la biomasse est de 46 g.m<sup>-2</sup> dont 96% est représenté par des vers de terre anéciques.

La distribution verticale de la biomasse des macroinvertébrés, entre la litière et 25 cm de profondeur, montre que, sous forêt et sous P4, 81 et 75% respectivement se trouvent en dessous de 10 cm. Au contraire, sous PAH, 72% de la biomasse se trouve dans le 10 premiers centimètres du sol.

### *Morphologie du sol*

Sous forêt et sous P4, le sol est brun très pâle à brun jaunâtre clair (10YR7/4 à 6/4) en surface, jaune (10YR7/6) à partir de 35 cm. Sous PAH, le sol présente une couche superficielle rouge grisâtre (5YR5.5/1), d'épaisseur variable (5 à 15 cm), avec des

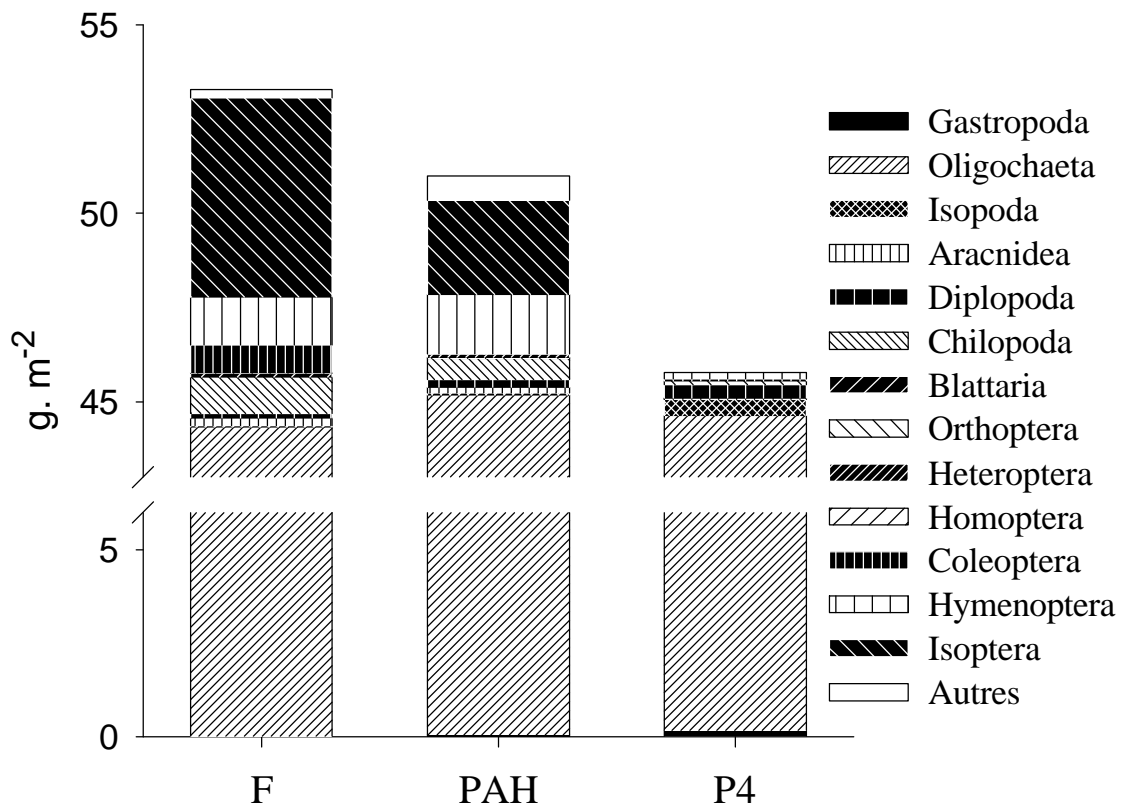


Figure 1 : Biomasse des macroinvertébrés du sol, sous forêt (F), sous le pâturage abandonné hydromorphe (PAH) et sous le pâturage de 4 ans (P4).

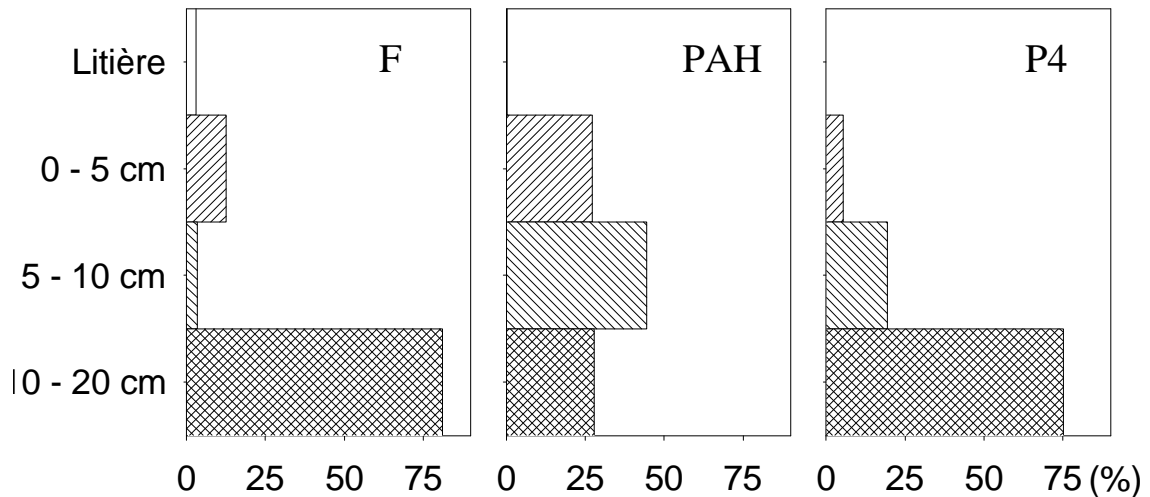


Figure 2 : Distribution en fonction de la profondeur de la biomasse des macroinvertébrés du sol, entre 0 et 25 cm de profondeur, sous forêt (F), sous le pâturage abandonné hydromorphe (PAH) et sous le pâturage de 4 ans (P4).

volumes plurimillimétriques à centimétriques à consistance assez dure et rouges à leur périphérie. Entre 15 et 60 cm de profondeur, le sol du PAH est brun très pâle

(10YR7.5/3) avec de nombreuses taches jaunes à jaune brunâtre (10YR7/8 et 6/8) souvent situées à la périphérie de volumes centimétriques de forme arrondie, ou associées aux racines et galeries d'origine biologique. La couleur de la matrice est rose (7.5YR7/4) entre 60 et 90 cm, jaune (10YR7.5/6) de 90 à 220 cm, avec des taches jaune brunâtre dont l'abondance et le contraste diminuent avec la profondeur. Sous PAH, on n'observe pas la structure microagrégée très développée entre 50 et 80 cm de profondeur sous forêt comme sous P4. En 1994, la couche superficielle du sol sous PAH a évolué considérablement : en saison des pluies, sous une végétation abondante, elle était très humide ( $0.68 \text{ g.g}^{-1}$  de teneur en eau), à consistance molle et à structure continue ; en saison sèche, la végétation s'est clairsemée et la surface du sol très sec ( $0.15 \text{ g.g}^{-1}$ ) était visible en de multiples taches métriques, de larges fissures délimitant des blocs décimétriques constitués par l'assemblage de turricules de *Pontoscolex corethrurus*. Actuellement, la végétation de la parcelle PAH est à nouveau couvrante, les fissures du sol se sont fermées et la variation saisonnière de la teneur en eau est moins extrême (de  $0.38$  à  $0.44 \text{ g.g}^{-1}$ ).

#### *Conductivité hydraulique du sol*

Sous forêt, la conductivité hydraulique augmente avec la profondeur, aux trois valeurs de potentiel matriciel imposées avec l'infiltromètre (Fig. 3). Elle est très élevée à 60 cm de profondeur, où la microagrégation est la plus développée. Sous PAH, de la surface du sol jusqu'à 10 cm de profondeur, la conductivité hydraulique est identique ou plus élevée qu'en forêt ; cependant, à partir de 20 cm, elle est significativement plus faible. Sous P4, le sol est moins perméable en surface par rapport à la forêt, mais dès 10 cm, les valeurs de conductivité hydraulique ne sont plus significativement différentes.

#### *Fonctionnement hydrodynamique du sol*

L'évolution du potentiel de l'eau du sol, au cours d'averses comparables du début de la saison des pluies 1997, met en évidence la formation de nappes (potentiel total de l'eau  $\geq$  potentiel gravitaire) superficielles sous P4 et plus étendues sous PAH (Fig. 4). Sous forêt, le sol est proche de la saturation jusqu'à 20 cm de profondeur et le front d'humectation du sol descend progressivement. Au contraire, sous PAH, la saturation est atteinte, rapidement, jusqu'à plus de 1 m de profondeur.

### **Discussion et conclusion**

Nous mettons en évidence une diminution de la diversité de la macrofaune du sol et une augmentation de la densité de certaines espèces de vers de terre "compactantes" après transformation de la forêt en pâturage. L'activité de ces vers de terre s'ajoute aux contraintes mécaniques et hydriques subies par le sol depuis la déforestation pour

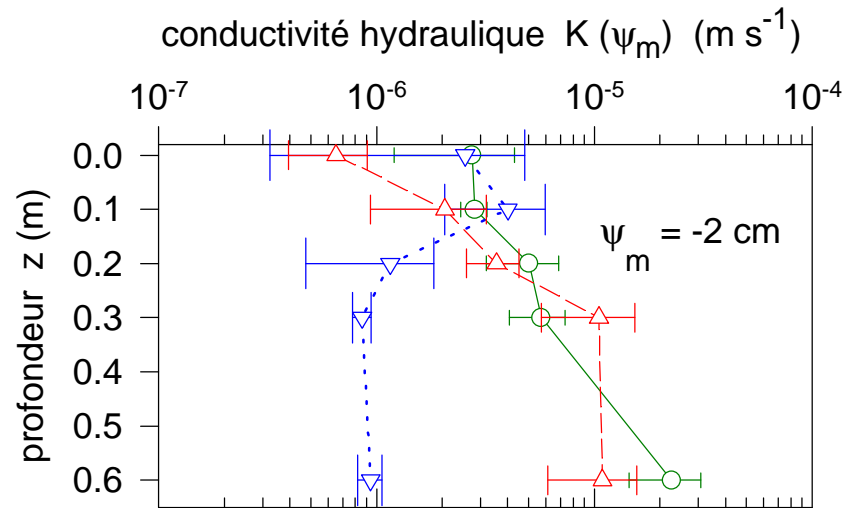
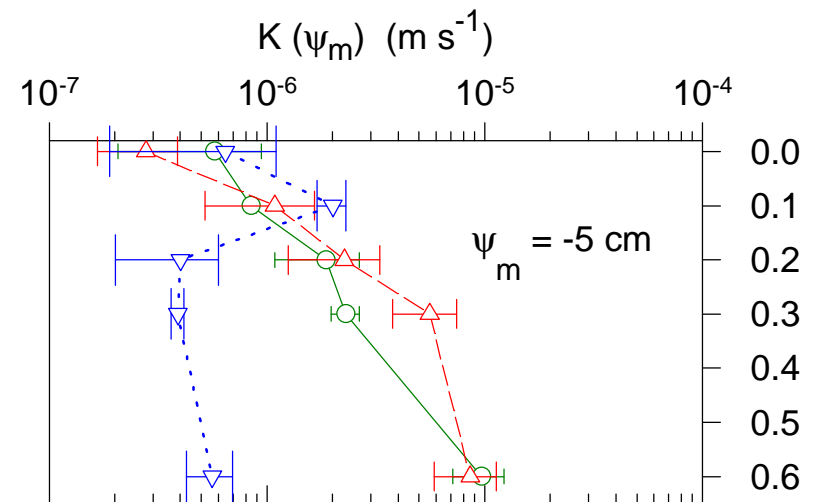
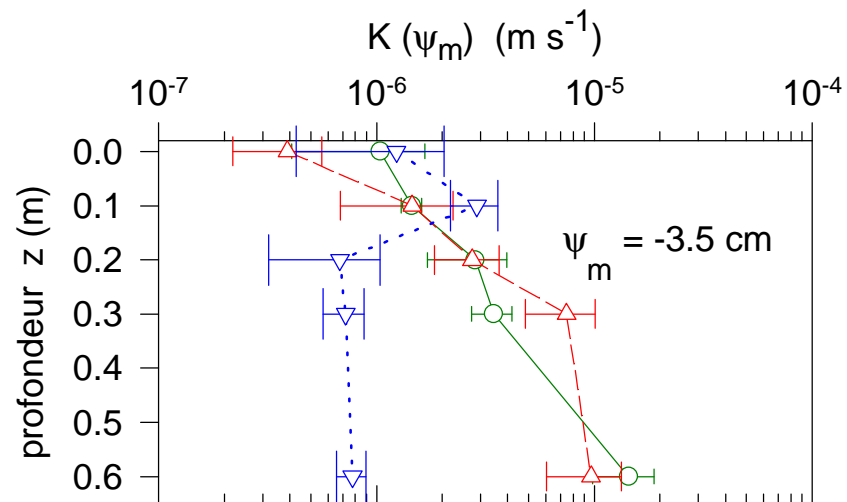
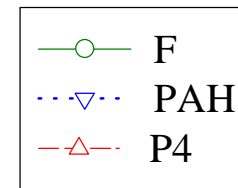


Figure 3 : Conductivité hydraulique du sol en fonction du potentiel matriciel de l'eau ( $K(\psi_m)$ ), sous forêt (F), sous pâturage abandonné hydromorphe (PAH) et sous pâturage de 4 ans (P4). Moyenne de 3 mesures  $\pm$  écart-type (10 mesures à la surface du sol)



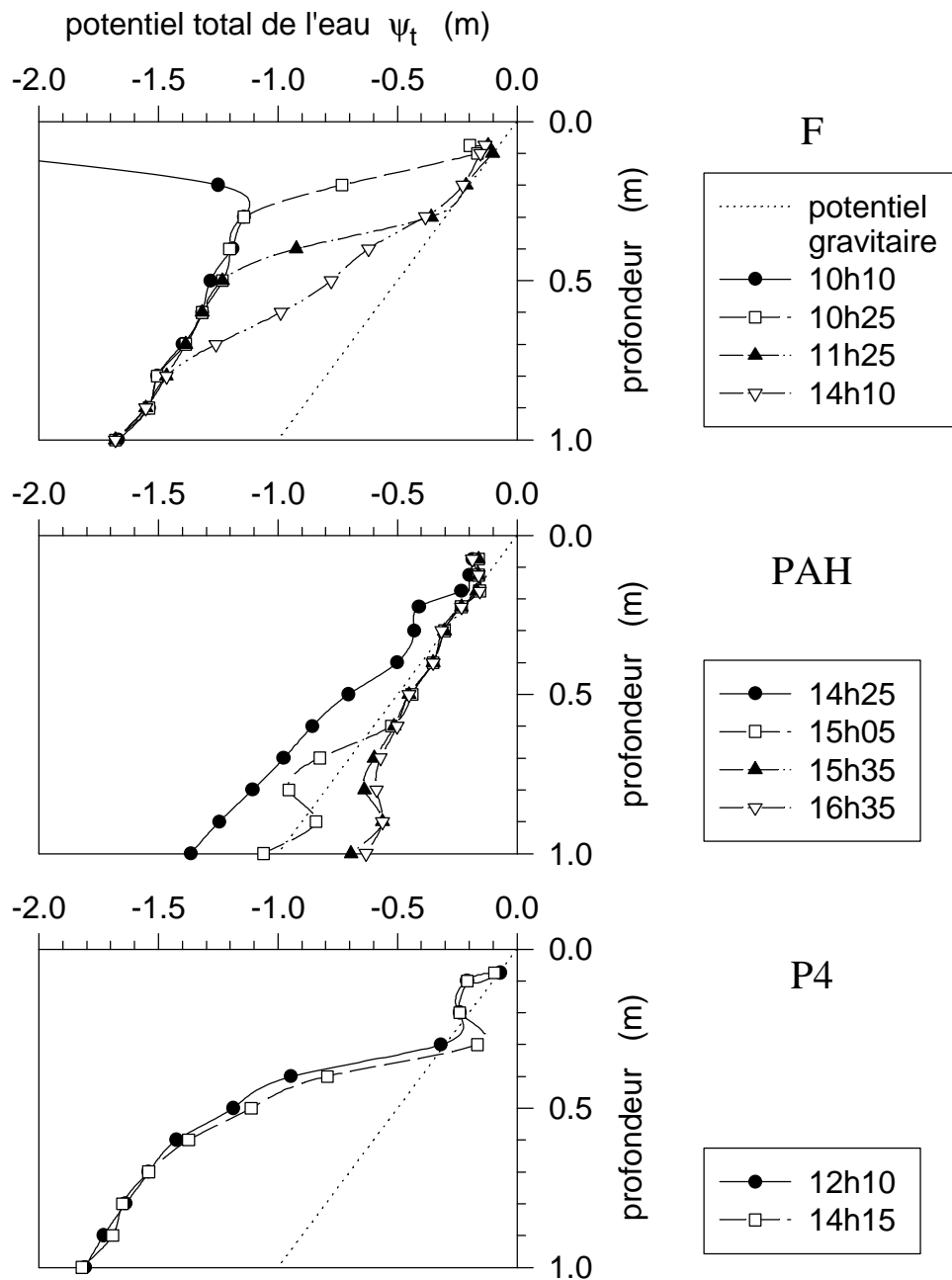


Figure 4 : Evolution du profil de potentiel total de l'eau au cours d'averses de 30 mm environ, sous forêt le 11/02/97 (F), sous le pâturage abandonné hydromorphe le 06/03/97 (PAH) et sous le pâturage de 4 ans le 03/02/97 (P4).

expliquer un changement de propriétés physiques du sol et, pour une part, le processus de dégradation des pâturages.

Dans les trois situations étudiées, le fonctionnement hydrique du sol est en accord avec ses caractéristiques morphologiques. En particulier, l'hydromorphie du sol du pâturage abandonné peut résulter de son fonctionnement hydrique actuel.

En rejetant à la surface du sol des turricules très humides, *Pontoscolex corethrurus* a formé une couche continue, peu perméable à l'air et à l'eau, propice à l'apparition de conditions d'anoxie. Limitées initialement à la couche superficielle du sol, ces conditions s'étendent en saison des pluies dans le pâturage abandonné jusqu'à plus de 1 m. Elles peuvent favoriser le développement de l'hydromorphie par des transformations minéralogiques et structurales qui se propagent en profondeur. La formation des nappes au cours des averses de saison des pluies est à la fois la condition et le résultat des transformations structurales. En effet, l'apparition rapide d'une nappe dans les horizons à faible conductivité hydraulique ne peut résulter d'un transfert d'eau important vers ces horizons ; par contre, le volume macroporal non saturé avant l'averse doit y être faible à cause de la disparition de la structure microagrégée, de sorte qu'un petit apport d'eau suffit pour que la nappe apparaisse. La conductivité hydraulique élevée de la couche superficielle du pâturage abandonné, laisse penser que la structure du sol est en cours de restauration, mais ce phénomène ne concerne pas encore les horizons profonds.

Nous pensons que l'évolution de la macrofaune du sol après déforestation et installation de pâturages modifie en quelques années, et en profondeur, la morphologie et le fonctionnement hydrique du sol.

## **Bibliographie**

- Anderson J. M., Ingram J.S.I., 1993- Tropical Soil Biology and Fertility : a handbook of methods (2 edn), Wallingford, UK, CAB International.
- Ankeny M.D., Ahmed M., Kaspar T.C. & Horton R., 1991- Simple field method for determining unsaturated hydraulic conductivity. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 55 : 470-476.
- Barros E., Blanchart E., Neves A., Desjardins T., Chauvel A., Sarrazin M. & Lavelle P., 1996- Relação entre a Macrofauna e a Agregação do Solo em Três Sistemas na Amazonia Central. *XIII Congresso Latino Americano de Ciência do Solo*.
- Chauvel A., Grimaldi M. & Tessier D., 1991- Changes in pore space distribution following deforestation and revegetation. An example from Central Amazon Basin, Brazil. *Forest Ecol. Manage.* 38 : 259-271.
- Fearnside P.M., 1993- Deforestation in Brazilian Amazonia : the effect of population and tenure. *Ambio.* 22 : 537-545.
- Fontaine V., 1994- Rôle des macroinvertébrés dans la structuration des sols dégradés d'Amazonie. Mém. DEA, Univ. Paris XII.
- Grimaldi M., Sarrazin M., Chauvel A., Luizão F., Nunes N., Lobato Rodrigues M.d.R., Amblard P., Tessier D., 1993- Effets de la déforestation et des cultures sur la structure des sols argileux d'Amazonie brésilienne. *Cah. Agric.* 2 : 36-47.
- Tavares-Filho J., Grimaldi M., Tessier D., 1994- Sensitivity to compaction of central amazonian basin soils. Role of mechanical and water stresses. Poster. XVth International Congress of Soil Science, Acapulco, 10-16 July 1994.
- Veiga J.B. da, 1995- Recuperação de pastagens degradadas. Ana's Symposio Internacional "Manejo e recuperação de áreas degradadas e florestas secundarias na Amazonia", Santarem, 18-22 Abril 1993, 191-200.

Key-words : pastures, soil macrofauna, biodiversity, soil structure, soil hydric behaviour  
Mots-clés : pâturages, macrofaune du sol, biodiversité, fonctionnement hydrique du sol