

# **Différenciation structurale et distribution de la matière organique, de ses fractions et de leur niveau de minéralisation, dans les jachères : le rôle des espèces clefs de la jachère au Burkina Faso (*Andropogon spp.*).**

N. A. SOME<sup>1</sup>, P. De BLIC<sup>2</sup>

1. Université Polytechnique de Bobo, BP 1091 Bobo Dioulasso - Burkina Faso

2. Orstom/Ouagadougou, BP 182 Ouagadougou - Burkina Faso

## **Résumé**

Dans les successions post-culturelles, des remplacements de groupements végétaux se produisent et des modifications des propriétés physiques, chimiques et biologiques du sol sont décelables. A travers, cette étude spécifique des relations «formation de groupements végétaux et régénération des sols», il est montré, quantifié et analysé un ensemble de mécanismes en jeu et ce, à des échelles spatiales et temporelles différentes. L'étude des caractères pédologiques a permis d'analyser et ajuster les modifications physiques, chimiques et biologiques du sol en fonction de groupements végétaux identifiés.

Les résultats permettent de résumer les mécanismes mis en oeuvre lors de la succession post-culturelle par deux modèles prédictifs et/ou explicatifs :

- un modèle de représentation de la différenciation structurale du sol en fonction de la nature et de la structure des communautés végétales post-culturelles: les espèces herbacées créent en effet au niveau de leur rhizosphère, une différenciation structurale locale. Cette différenciation structurale amorce une dynamique spatiale des éléments pédologiques par nucléation avec extension et coalescence ultérieure d'états structuraux identiques quand les touffes graminéennes entrent elles-mêmes en contact.
- un modèle de la distribution de la matière organique, de ses fractions et de leur niveau de minéralisation dans les jachères: les données des analyses chimiques et biologiques permettent de préciser la contribution dans le temps et dans l'espace des types bio-morphologiques à la constitution des stocks de matières organiques labile et stabilisée.

Ces deux modèles s'ajustent parfaitement en fonction du paramètre temps de jachère et du rôle fondamental de quelques espèces qui peuvent être considérées comme des espèces clefs de la succession post-culturelle.

**Mots clé :** zone soudanienne - Burkina Faso - succession post-culturelle - structure des communautés - espèces clefs - différenciation structurale du sol - matières organiques.

## **Effets of key species of fallow (*Andropogon spp.*) on soil structural differentiation and organic matter dynamics under fallow (Burkina Faso).**

### **Abstract**

In postcultural succession, vegetation replacement modified the physical, chemical and biological properties of soil. Analyses of soil characteristics permitted the study of any modifications in the physical, chemical and biological properties of soil and plant succession. The mechanism of component soil improvement was summarized through two conceptual models :

- a model of soil structural differentiation in relation to the key species of post-cultural succession : physical modification of soil correlated with a structuring effect, revealing the significance of *Andropogon spp.* in component soil improvement
- a conceptual model of organic matter distribution in soil and nutrient pathways in fallow.

These two models correspond in relation to age from abandoned farmland and the fundamental rôle of key species of fallow. In post-cultural succession, key species of fallow induce precise structural differentiations. The study of organic matter in soil permitted the definition of the rôle of different biological groups of species to organic matter storage and availability in soil. Some applications of these results have been discussed.

**Key words :** Soudanese area - Burkina Faso - post cultural succession soil - structural differentiation - soil organic matter - key species - Biological management - sustainability.

## Introduction

Le milieu post-cultural, système spatial dynamique, est le site même de reconstitution certains potentiels biophysicochimiques naturels «détériorés» par la période de culture. Il offre de ce fait un champ expérimental de choix pour l'étude des mécanismes et du fonctionnement de type régénération et succession. En effet, l'effet améliorant des jachères a été montré par de nombreux auteurs. Les différents travaux comparant les systèmes de culture et de jachère ont toujours montré que pour les sols cultivés le bilan annuel des éléments nutritifs est négatif et, qu'à l'inverse, le bilan sous jachère est positif. Ce bilan est particulièrement dû au recyclage interne des éléments nutritifs par les graminées pérennes, c'est-à-dire, cette capacité qu'elles ont de transférer vers les parties souterraines une partie des éléments contenus au départ dans les parties aériennes (Breman, 1982 ; Young, 1989).

La succession post-culturelle est caractérisée par un remplacement dans le temps de groupes végétaux à biologie et morphologie différentes, donc à contribution différente vis-à-vis de la formation des structures du sol et du stockage de la matière organique.

La relative homogénéité du terroir de Sobaka offre l'opportunité d'aborder les jachères sous le double angle du suivi diachronique et synchronique, de mieux appréhender les phénomènes écologiques dans les systèmes post-culturels en prenant en compte une microvariabilité stationnelle souvent définie à très petite échelle (celle de la relation sol/plante par exemple).

## Matériel et méthodes

La zone d'étude montre la nette dominance des sols ferrugineux tropicaux lessivés indurés (Zombre *et al.* 1994) avec des profondeurs variables de l'horizon induré (carapace ferrugineuse). La texture, sableuse à sablo-argileuse en surface, passe progressivement à argilo-sableuse en profondeur. Le profil type observé sur les différentes stations montre la succession d'horizons suivante :

- un horizon humifère A11 épais de 10 à 15 cm, de couleur brun grisâtre foncé à très foncé à l'état humide, de texture sableuse,
- un horizon de pénétration humifère A12, épais de 10 à 15 cm, de couleur brun foncé (10YR 4/3) à l'état humide s'éclaircissant à la base, de texture sableuse à sablo argileuse,
- un horizon B1 d'épaisseur variable, parfois absent, de couleur brun jaunâtre à taches rougeâtres et peu contrastées, de texture sablo-argileuse,
- un horizon BFe induré qui peut apparaître à partir de 40 à 50 cm, carapacé, ferro-manganifère, à plages rouges fortement indurées dominantes séparées par des plages gris clair contrastées et moins indurées. Cet horizon peut être surmonté d'un petit horizon gravillonnaire ; il passe vers le bas à un horizon bigarré non induré.

La différenciation verticale des horizons est une caractéristique intrinsèque de la couverture pédologique à l'échelle stationnelle. Elle intervient sur l'installation et le fonctionnement du peuplement végétal essentiellement par les caractères de l'horizon induré : profondeur d'apparition, degré d'induration, extension verticale, morphologie.

Nous avons identifié et cartographié sur les parois des profils de petites unités morphologiques homogènes (UMH) définies par leur état structural. Celui-ci est caractérisé par une observation de la taille, de la forme et de l'assemblage des éléments structuraux (Henin *et al.*, 1969; Manichon, 1982 ; de 1990). La proportion des structures identifiées a été estimée par le pourcentage des surfaces qu'elles occupent dans la tranche de sol étudiée.

Des mesures de résistance à la pénétration ont été effectuées sur les profils si possible en conditions de sol humide ou ressuié, au moyen d'un pénétromètre de poche à cône (type Yamanaka). Huit à dix répétitions ont été réalisées dans chaque UMH sur la face d'observation des profils.

La porosité totale a été estimée à partir des mesures de densité apparente (méthode au cylindre, 100cc, 5 à 6 répétitions par UMH) et de densité réelle (méthode classique au pycnomètre à eau). Dans une dizaine de profils, des mottes de 20 g ont été prélevées et la densité apparente mesurée par la méthode au pétrole (Gras, 1988) :

- la distribution dimensionnelle des pores est déterminée par extraction progressive de l'eau des échantillons préalablement saturés et disposés sur un bac à sable,
- des mesures d'infiltration ont été effectuées *in situ* au moyen d'un infiltromètre à membrane poreuse (TRIMS) susceptible de délivrer l'eau sous des tensions négatives (succions) réglables (Reynolds et Elrick, 1991). Fonction des caractéristiques dimensionnelles de l'espace poral, le débit d'infiltration et la sorptivité ainsi que les paramètres dérivés (conductivité hydraulique, rayon poral moyen)

fournissent une mesure de l'état structural. A l'aide de la formule de Poiseuille les valeurs correspondantes de macroporosité fonctionnelle (Dunn et Philipps, 1991) ont été calculées.

Les analyses chimiques ont été réalisées selon les indications fournies par Anderson et Ingram (1993), Some, (1996).

Plus de 500 échantillons prélevés sous touffes et hors touffes des principales espèces dominantes et caractéristiques de seuil d'évolution post-culturelle ont été analysés. Les situations retenues sont :

- des jachères, de moins de dix ans, à herbacées annuelles avec *Andropogon pseudapricus* comme espèce nettement dominante (recouvrement >80%) ;
- des jachères, de 12 à 15 ans, à herbacées pérennes avec *Andropogon gayanus* présentant un recouvrement de plus de 80% et *Andropogon ascinodis* (avec un recouvrement >80%) en fin de succession post-culturelle, (plus de 30 ans) ;
- des jachères à dominance sous-ligneuses (*Triumphetta lepidota*) et ligneuses (*Butyrospermum paradoxum*). Les résultats obtenus à ce niveau permettent de faire des comparaisons au niveau de l'approche quantitative.

Par abus de langage certains tableaux donnent des valeurs hors touffes pour *Andropogon pseudapricus*; il s'agit pour les mesures correspondantes de valeurs observées sur des plages nues contiguës à des peuplements d'herbacées annuelles.

Les teneurs des différents éléments dosés sont soumises à une analyse de variance à un critère de classification au moyen du test de Scheffe (considéré comme le test le plus sensible aux petites différences entre les moyennes, Scherrer, (1992) réalisé par le sous-programme «Oneway de SIMSTAT/MVSP». Quand la valeur Fc est supérieure à la valeur critique F $\alpha$ , l'hypothèse principale d'égalité des moyennes est rejetée et le risque d'erreur de la décision, c'est-à-dire  $\alpha$ , est précisé.

## Résultats

### Type de structure et nature du couvert végétal

A l'échelle de la station, et plus particulièrement dans l'horizon humifère, la différenciation latérale de structure du sol, est en relation étroite avec la nature du couvert végétal herbacé (figure 1). Interviennent en premier lieu la présence ou l'absence de touffes d'espèces végétales qui, par leurs racines, créent et entretiennent cette différenciation latérale. Celle-ci sera donc fonction de la surface terrière et de la distribution spatiale des espèces. Sont également considérés, à un degré moindre, des facteurs tels que l'abondance des sous-ligneux, l'activité de la mésofaune, l'intensité du pâturage. L'effet structurant des racines et la différenciation latérale sont synthétisés par la figure 1.

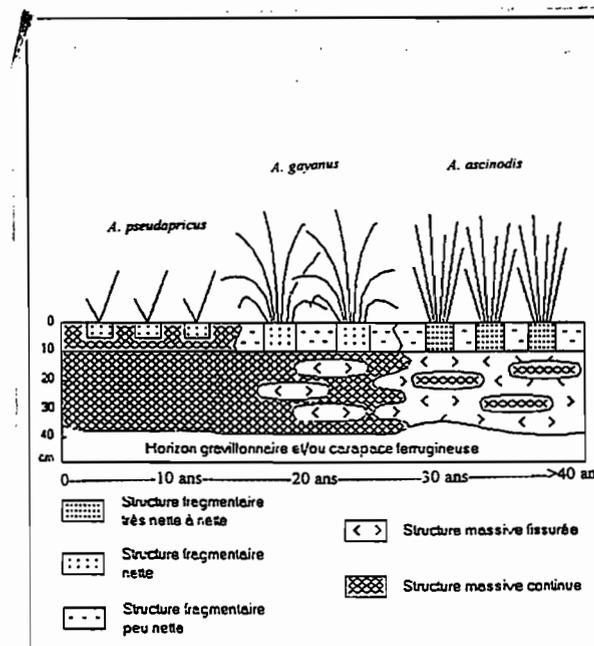


Figure 1. Différenciation structurale du sol sous *Andropogon spp*

Dans les jachères à herbacées annuelles (*A. pseudapricus*, *Borreria stachydea*,...), trois horizons peuvent être distingués :

- 0-10 cm: frais, moyennement gris (7.5YR4/2), sablo-argileux, avec une structure massive dominante associée à une structure fragmentaire polyédrique nette à éléments structuraux sub-anguleux de taille comprise entre 15 et 20 mm, liés aux racines de *A. pseudapricus* ; 3 à 4 pores fins par  $\text{dm}^2$  bien répartis ; 3 à 4 macropores biologiques par  $\text{dm}^2$ ; un enracinement fasciculé avec des racines de diamètre inférieur à 3 mm. La résistance à la pénétration est en moyenne de  $3.7 \text{ kg/cm}^2$ .
- 10-20 cm: frais à humide, avec un éclaircissement progressif de la couleur. Il s'observe par endroits une pénétration de matière organique. La structure est généralement massive, avec une pénétration décroissante des radicelles d'herbacées. Cet horizon est souvent parcouru par les racines des ligneux.
- >20 cm: très frais, brun rougeâtre, argilo-sableux, structure massive ; porosité fine, 1 à 2 pores par  $\text{cm}^2$ , régulièrement répartis.

Dans les jachères à herbacées pérennes (*Andropogon gayanus* et *Andropogon ascinodis*), les structures suivantes s'observent :

- 0-10 cm : les structures fragmentaires prédominent très largement dans l'horizon humifère, nettement à très nettement exprimées sous les touffes, peu nettes en intertouffes, localement associées à des structures massives continues sous les passages de bétail. La couleur de l'horizon est généralement gris (10YR3/3). Les éléments structuraux sont polyédriques sub-anguleux à grumeleux, de taille inférieure à 15 mm. C'est sous les touffes de *A. ascinodis* que la structure est la mieux exprimée, en liaison avec un enracinement plus dense et plus fin que sous *A. gayanus*. Le diamètre des racines est de 1 à 3 mm chez *A. gayanus* et est inférieur à 1 mm chez *A. ascinodis*.
- 10cm : la structure des horizons sous-jacents associe des assemblages massifs continus et massifs fissurés ; la phase continue prédomine dans les stations à *A. gayanus* tandis que la phase fissurée l'emporte sous *A. ascinodis*.

La figure 2 compare la distribution des structures dans l'horizon 0-10 cm pour différents faciès. Elle est obtenue en additionnant les surfaces présentant, pour un type de faciès végétal donné, le même type de structure. Sous culture, les structures F2 et F3 sont absentes. En revanche, on aura un mélange de mottes et de terre fine (MT/TF). Sous jachère à *A. pseudapricus*, les structures massives continues sont très nettement dominantes (près de 60% des assemblages). Elles régresseront progressivement dans les jachères à andropogonées pérennes où, par contre, prédominent les structures fragmentaires (F1, F2, et F3), celles-ci étant mieux exprimées sous couverture à *A. ascinodis*. Ces structures (fragmentaires) sont donc le fait d'une activité biologique développée par les racines des différentes espèces.

La différenciation structurale peut être utilisée comme un référentiel de diagnostic aux plans agronomique et écologique. Les structures qui se prêtent le mieux aux activités agronomiques sont les structures grumeleuses ou polyédriques les plus fines, autrement dit les structures fragmentaires nettes et très nettes Callot *et al.* (1982). Celles-ci, de par la forme, la dimension et la distribution des différents éléments structuraux qui les constituent, facilitent la pénétration des racines et leur mise au contact avec la masse du sol, les racines se développant préférentiellement entre les agrégats (Baize et Jabiol, 1995). Leur formation, également favorisée par la présence de matière organique et par l'activité biologique (Ruellan et Dosso, 1993), en fait un milieu accueillant pour les racines.

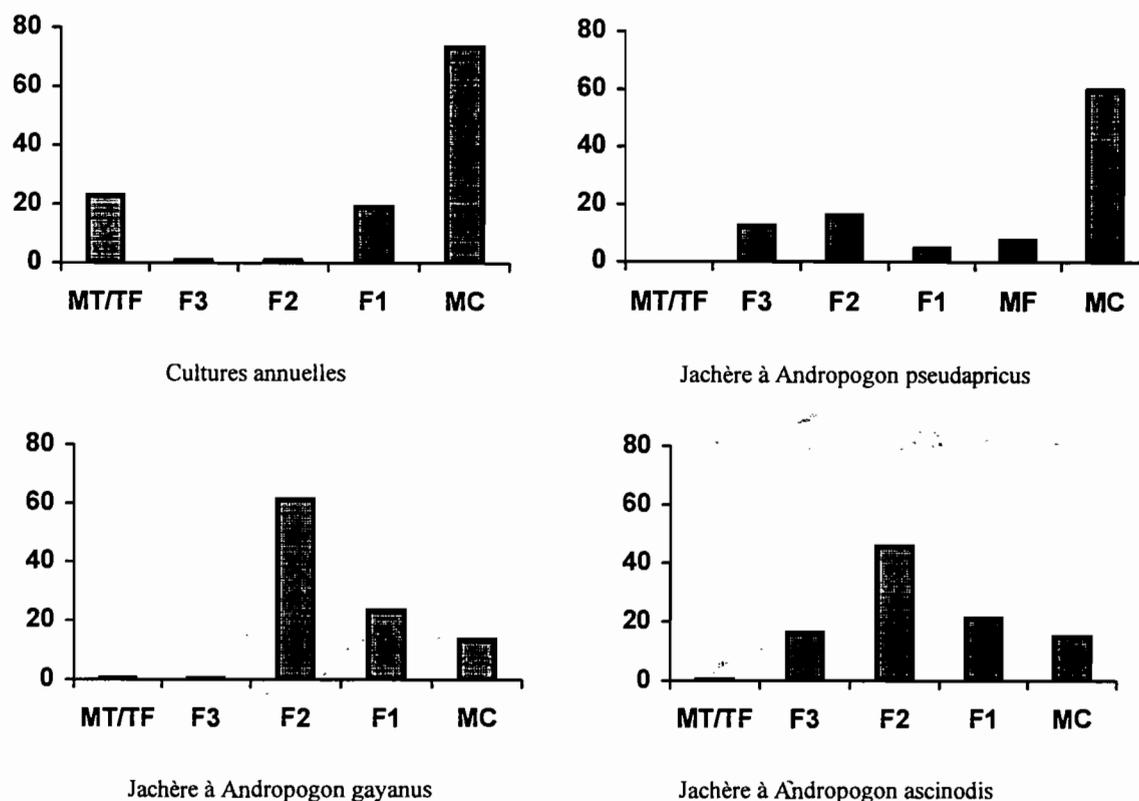
On peut donc dire, que la structure fragmentaire très nette, en agrégats polyédriques fins, observée sous *A. ascinodis*, offre donc les meilleures possibilités d'alimentation hydrique et minérale et d'activités biologiques en raison d'une bonne aération de la masse du sol.

### **Résistance à la pénétration sous culture et sous jachère**

Pour l'horizon 0-10 cm, en situation non piétinée, les valeurs les plus élevées ont été mesurées sous jeunes jachères à herbacées annuelles (Jap), les plus faibles sous les touffes d'andropogonées pérennes. Sous culture, la résistance moyenne est du même ordre de grandeur que dans les jachères à andropogonées pérennes en position hors touffe. Entre 10 et 20 cm de profondeur, les valeurs les plus faibles ont été obtenues sous culture. Les mesures sur zones « hors touffe, piétinées » ont été effectuées sous des cheminements préférentiels du bétail; elles mettent en évidence une augmentation importante de la compacité dans les 20 cm supérieurs du sol par rapport aux situations non piétinées.

## Porosité

Sous culture (Can), la porosité de l'horizon superficiel (0-10 cm) estimée par la méthode du cylindre est de 38.5%. Sous jachère à *A. pseudapricus* (Jap), elle est de 36.5%. Sous jachère à *A. gayanus* (Jag), elle est de 39%. Enfin sous jachère à *A. ascinodis*, la porosité est de 40.5%.



MT/MF = mélange de mottes et de terre fine ; F3 = structure fragmentaire très nette ; F2 = structure fragmentaire nette ; F1 = structure fragmentaire peu nette ; MF = structure massive fissurée ; MC = structure massive continue

Figure 2. Etat structural de l'horizon 0-10 cm sous culture et sous jachère

Dans les jachères à andropogonées pérennes, l'effet touffe est peu marqué: la porosité de l'horizon superficiel est en moyenne plus élevée de deux points seulement sous touffe que hors touffe. Dans l'horizon 10-20 cm, la porosité ne présente pas de variation significative avec le type d'occupation du sol (culture ou jachère) ni avec la structure de la végétation (sous touffe ou hors touffe). Sa valeur moyenne est de 38.5%.

La porosité estimée sur des mottes par la méthode au pétrole est d'environ 35%. Elle varie très faiblement avec le type d'occupation du sol et peut être considérée comme une caractéristique intrinsèque de l'horizon considéré. Par différence avec la porosité mesurée au cylindre (« porosité totale »), il peut être déduit une porosité structurale qui, pour l'horizon 0-10 cm, est de: 3.5% sous culture, 1.5% sous jachère à *A. pseudapricus*, 4% sous jachère à *A. gayanus* et de 5.5% sous jachère à *A. ascinodis*.

### Distribution dimensionnelle des pores

Les volumes poraux correspondant aux différentes classes de taille sont exprimés en pourcentage de la porosité totale (figure 3).

En caractérisant chacun des matériaux par un «spectre poral», la figure 3 compare la distribution dimensionnelle des pores sous culture de mil et sous divers faciès caractéristiques d'une séquence évolutive observée dans une jachère herbacée. Sous culture, la classe de pores de diamètre < 50 µm représente 50% de la porosité totale et les classes 50-100, 100-200 et > 200 µm ont respectivement des valeurs moyennes de 12%, 9%, et 28%. Le spectre

poral présente le même champ de variation pour les trois séquences évolutives de jachère: 60% pour les pores de diamètre < à 50µm et 10%, 6% et 25% respectivement pour les pores de diamètre 50-100, 100-200 et > 200 µm. Les variations en valeur absolue des différentes classes de porosité se font dans le même sens que celle de la porosité totale.

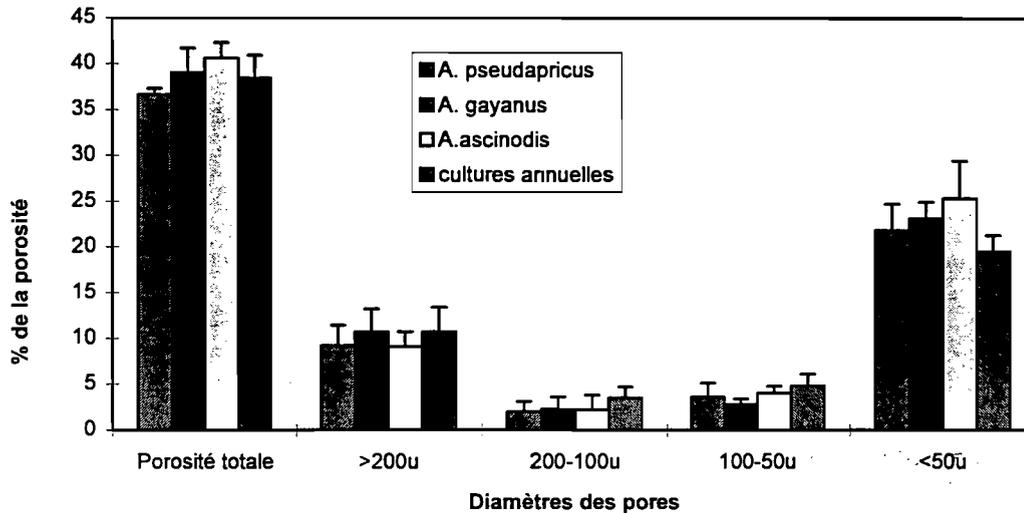


Figure 3. Porosité totale et distribution dimensionnelle des pores

La porosité d'un horizon est une notion essentielle pour tout ce qui concerne l'infiltration de l'eau, la circulation des fluides (eau et air) et les possibilités d'enracinement (Baize et Jabiole, 1995). La macroporosité (>200µm d'après Callot *et al.*, 1982), partout supérieure à 20%, permet donc en dehors d'une réorganisation superficielle (glaçage, formation de croûte) une bonne circulation de l'eau par gravité. Au regard des propriétés liées aux dimensions des pores et définies par Callot *et al.* (1982), l'accessibilité pour les coiffes et poils racinaires serait assurée pour les sols étudiés. Le cumul de la microporosité (pores de diamètre < 200µm) montre que c'est dans les jachères à *Andropogon ascinodis* que celle-ci est la mieux développée (78%), offrant une bonne circulation de l'eau par capillarité et de possibilités de rétention meilleure. En culture, la microporosité est de 72% et la macroporosité de 28%. La mise en jachère semble donc abaisser la macroporosité et augmenter la microporosité, favorisant ainsi, plus les fonctions de rétention de l'eau par les pores.

### Sorptivité en régime initial d'infiltration

La sorptivité capillaire exprime la capacité plus ou moins grande que possède le sol à absorber l'eau par capillarité et dépend étroitement de la configuration poral, c'est à dire de l'état structural du sol. Sa valeur est obtenue pour les premiers stades de l'infiltration. A partir de la mesure de la sorptivité, on peut obtenir d'autres paramètres hydriques (White et Perroux 1987, 1989) si l'on fait pour cela l'hypothèse que les forces capillaires régissant l'entrée de l'eau dans les sols sont les mêmes après établissement du régime permanent qu'au début du processus d'infiltration.

Les mesures de sorptivité ont été réalisées à trois valeurs de tension d'entrée d'eau (10 mm, 30 mm et 60 mm). Chaque valeur est la moyenne de 10 mesures au moins.

Si l'on désigne par S10, S30 et S60 les valeurs de sorptivité mesurées aux tensions 10,30 et 60 mm on peut avancer que :

- la différence S10-S30 mesure le rôle des macropores fonctionnels de diamètre compris entre 3 et 1 mm.
- de même la différence comprise entre S30 et S60 se rapporte aux pores de diamètres compris entre 1 et 0.5 mm
- S60, enfin mesure la macroporosité fonctionnelle inférieure à 0.5 mm.

Sous culture (Mil-HB et Mil-B), les pores grossiers (3-1 mm) jouent un rôle prédominant dans l'infiltration. On remarque aussi que le modèle cultural (billon et interbillon) ne modifie pas la porosité inférieure à 0.5 mm. Il en va de même, à un moindre degré, sous jachère à *A. ascinodis* où l'effet touffe apparaît peu marqué.

Sous jachère à *A. gayanus*, le rôle de la macroporosité fine (<0.5 mm) prédomine nettement hors touffe et reste très important en position touffe. L'effet « touffe », bien marqué, concerne essentiellement les pores de diamètre supérieur à 0.5 mm.

Sous jachère à *A. pseudapricus* et sous défriche, les valeurs de sorptivité mettent en évidence une infiltration bien répartie dans les différentes classes dimensionnelles de macropores.

### La matière organique et son niveau de minéralisation dans les jachères

Sur différents échantillons prélevés sur le terrain, des analyses chimiques et biologiques ont été effectuées et ont permis de proposer un modèle de la distribution de la matière organique, de ses fractions et de leur niveau de minéralisation dans les jachères.

### Approche quantitative : les stocks organiques et leur niveau de minéralisation

Le tableau 1 donne les teneurs en carbone et azote total des épipdons des différentes situations.

Tableau 1. Teneurs moyennes en carbone total et azote total

	NE	N(%)	ES	C(%)	ES	C/N
<b>Hors touffes</b>						
<i>A. pseudapricus</i>	44	0.54	0.002	0.86	0.03	15.9
<i>A. gayanus</i>	52	0.42	0.001	0.63	0.02	15.0
<i>A. ascinodis</i>	52	0.38	0.001	0.58	0.02	15.1
Sous ligneux	44	0.44	0.002	0.64	0.03	14.6
Ligneux	50	0.43	0.001	0.69	0.03	16.1
Cultures annuelles	50	0.44	0.002	0.48	0.03	9.0
<b>Sous touffes</b>						
<i>A. pseudapricus</i>	54	0.54	0.002	0.85	0.03	15.5
<i>A. gayanus</i>	52	0.52	0.001	0.77	0.02	14.9
<i>A. ascinodis</i>	50	0.42	0.001	0.64	0.02	15.3
Sous ligneux	52	0.54	0.002	0.74	0.03	14.
Cultures annuelles	54	0.51	0.002	0.77	0.03	15
Fc = 13.55	F $\alpha$ = 2.66	$\alpha$ = 0.005	ES= erreur standard	NE= Nombre d'échantillons		

Le tableau 2 donne la production cumulée de CO<sub>2</sub> et le potentiel de minéralisation du C.

Tableau 2. Production cumulée de CO<sub>2</sub> en  $\mu\text{g C g}^{-1}$  sol sec après soixante douze heures d'incubation et potentiel de minéralisation du carbone (en % C total). A l'intérieur de chaque ligne, les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes

	<i>A. pseudapricus</i>	<i>A. gayanus</i>	<i>A. ascinodis</i>	Sous-ligneux
<u><math>\mu\text{g C g}^{-1}</math> sol sec</u>				
sous touffe	257.15 a	459.33 b	229.64 c	80.91 d
hors touffe	31.38 a	226.38 b	199.50 c	non mesuré
<u>Coéf. minéralisation</u>				
sous touffe	3.3 a	5.9 b	3.6 a	0.9 c
hors touffe	0.4 a	3.6 b	3.4 b	2.3 c
	Fc = 8.677	F $\alpha$ = 4.48	$\alpha$ = 0.005	

Le tableau 3 donne le potentiel de minéralisation de l'azote.

**Tableau 3.** Minéralisation potentielle de l'azote après 72 heures d'incubation. A l'intérieur de chaque ligne, les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes

	A. pseudapricus	A. gayanus	A. ascinodis	Sous-ligneux
µg N-NH <sub>4</sub> , g <sup>-1</sup> sol sec				
sous touffe	1.75 a	3.61 b	3.12 b	0.80 c
hors touffe	1.03 a	2.21 b	1.33 c	non mesuré
µg N-NO <sub>3</sub> , g <sup>-1</sup> sol sec				
sous touffe	0.20 a	0.30 a	0.20 a	0.15
hors touffe	0.05 a	0.09a	0.04 a	non mesuré
- pour N-NH <sub>4</sub> ,	Fc = 9,247	Fα = 4.48	α = 0.005	
- pour N-NO <sub>3</sub> ,	Fc = 1.043	Fα = 4.48	α = 0.005	

Le tableau 4 donne la biomasse microbienne.

**Tableau 4.** Biomasse microbienne en µgN g<sup>-1</sup> sol. A l'intérieur de chaque ligne, les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes

	A. pseudapricus	A. gayanus	A. ascinodis
Echantillons incubés			
Sous touffes	11.55 a	29.84 b	20.27 c
hors touffes	8.73 a	8.97 a	10.36 a
Echantillons non incubés			
Sous touffes	6.34 a	13.85 b	12.84 b
Hors touffes	9.09 a	4.35-b	10.49 a
pour échantillons incubés	Fc = 6.817	Fα = 4.48 α = 0.005	
pour échantillons non incubés	Fc = 7.39	Fα = 4.48 α = 0.005	

Le tableau 5 donne le coefficient de régression linéaire entre la biomasse microbienne et les autres éléments du sol.

**Tableau 5.** Coefficient de régression linéaire entre la biomasse microbienne et les autres éléments du sol.

	Azote	Carbone	N-NH <sub>4</sub>	N-NO <sub>3</sub>	CO <sub>2</sub> cumulé
Incubés	0.108	0.114	0.546***	0.229	0.509***
Non incubés		0.179	0.178	0.063	-0.062
					0.0120
	*p ≤ 0.05	**p ≤ 0.01	***p ≤ 0.001		

### **Production de CO<sub>2</sub> et potentiel de minéralisation de C et N**

Des données quantitatives, on peut retenir :

- un gain net en azote et carbone sous couverture à herbacées annuelles,
- une perte en azote et carbone sous couverture herbacées pérennes,
- une minéralisation du carbone plus importante sous couverture à herbacées pérennes (6 à 7 fois supérieure à la minéralisation sous couverture à herbacées annuelles),
- une minéralisation de l'azote plus importante de l'azote sous couverture à herbacées pérennes (2 fois supérieure à la minéralisation sous couverture à herbacées annuelles).

### *Biomasse microbienne*

Concernant la biomasse microbienne on constate sur les tableaux 4 et 5 que :

- la biomasse microbienne sous touffes à herbacées pérennes, est 2 à 3 fois supérieure à celle que l'on trouve sous touffes à herbacées annuelles. Hors touffes les biomasses microbienne sont sensiblement les mêmes ;
- la corrélation est positive et forte entre les productions d'azote ammoniacal et de CO<sub>2</sub> et la biomasse microbienne.

### *Approche fonctionnelle*

A la lecture des données quantitatives ci-dessus et au regard de la complexité même du sujet «matière organique», nous présentons un modèle théorique, qui, loin d'être explicatif et prédictif, propose plutôt un certain nombre d'hypothèses qui sont toutes, autant de voies possibles de recherches.

Pour approcher le fonctionnement de la matière organique en jachère, il est important de considérer :

- + l'existence d'au moins deux fractions : 1) une fraction organique non stable, importante pour l'activité biologique du sol, pour la minéralisation et la fourniture rapide d'éléments nutritifs à d'éventuels consommateurs (Woomer *et al.* 1994) ; 2) une fraction de matière organique stabilisée, incorporée dans le squelette minéral du sol ; elle favorise plutôt le stockage et l'accumulation des éléments nutritifs par le complexe absorbant (Hoefsloot *et al.* 1993). Young (1987) ; Feller *et al.* (1993) distinguent trois fractions tandis que Jenkinson et Rayner (1977) distinguent cinq fractions ;
- + une entrée de matière végétale essentiellement d'origine racinaire dans le compartiment humus (Greeland 1977 ; Breman, 1982) ;
- + une minéralisation de l'humus. (Myers *et al.*, 1989). Elle correspond donc à une sortie d'éléments du compartiment humus ;
- + une décomposition additionnelle de la matière organique plus ou moins humifiée du sol (litière racinaire), due à l'adjonction de produits métabolisables par la microflore native. La durée de cet effet est variable: généralement, le gain de minéralisation observé est de courte durée dans le cas de produits simples (Dalenberg et Jager, 1981 *in* Abbadie, 1990), mais il est plus rémanent lorsque sont apportés des substrats plus complexes comme la matière végétale fraîche (Broadbent et Nakashima 1974, *in* Abbadie, 1990) ; elle renforce donc la sortie des éléments du compartiment litière.
- + une minéralisation préférentielle de la matière organique fraîche (Myers *et al.* 1994) ;
- + un rôle clef joué par la biomasse microbienne du sol en tant que source d'éléments (minéralisation des produits microbiens) et système d'immobilisation temporaire des éléments (assimilation bactérienne) (Duxbury *et al.* 1989 *in* Woomer *et al.* 1994, Coleman *et al.*, 1989). En effet les changements dans la biomasse microbienne du sol sont pour certains auteurs (Ayanaba *et al.*, 1976; Carter et Rennie, 1982 ; Ocio *et al.* 1991 *in* Mazzarino *et al.*, 1993) de bons indicateurs à court terme des changements de la matière organique du sol et de la fertilité. La biomasse microbienne du sol reste cependant très influencée par la phénologie des végétaux, les pratiques de gestion de la fertilité et l'humidité du sol (Mazzarino *et al.*, 1993).

La distribution de la matière organique, de ses fractions et leur niveau de minéralisation sont synthétisés par la figure 4 qui donne un modèle de représentation des approches quantitatives (a : Distribution de la matière organique et de ses fractions) et fonctionnelles (b : les voies de minéralisation et d'immobilisation).

Dans la partie (a) du modèle, nous distinguons en plus des fractions stabilisées et labiles (à l'intérieur du compartiment humus), une «fraction litière» essentiellement d'origine racinaire. Elle est relativement importante (en biomasse et necromasse) sous *Andropogon gayanus* et *A. ascinodis*. Ce qui correspondrait à une augmentation de cette litière au cours du temps.

L'analyse de l'évolution des teneurs en carbone et azote (gains puis pertes) indique que les jachères à herbacées annuelles auront surtout contribué à l'accroissement de la matière organique non stable, qui se minéralise vite par la suite. Selon Young (1987) cette fraction a une demi-vie d'environ 3 ans. On a donc: sous couverture à

herbacées annuelles un stockage puis une décroissance graduelle de la matière organique non stable. Il n'est cependant douteux que l'adjonction de matière organique dans le sol ait contribué à relever légèrement le niveau de la matière stabilisée. Cette fraction croît, mais très lentement, avec le temps.

Dans la partie (b) du modèle, l'analyse de la variation des flux à travers les voies possibles de minéralisation et d'immobilisation peut expliquer en partie les mécanismes qui déterminent la distribution de la matière organique et de ses fractions en jachère. Cette analyse s'inspire de «Conceptual model of nutrient pathways» de Myers *et al.*, (1994).

Le schéma général est le suivant : un processus d'humification de la litière essentiellement d'origine racinaire (voie 4a) conduit à la formation des fractions labile et stabilisée de l'humus. Une immobilisation directe se fait (voie 2a) et permet, par l'assimilation microbienne, un stockage provisoire des éléments. Ces éléments libérés sous forme de produits microbiens sont, soit incorporés à la fraction labile (voie 4b), soit stabilisés en entrant dans le squelette minéral du sol (voie 3c) soit mis à la disposition des plantes (voie 1b). Une minéralisation directe a lieu à partir de la litière (voie 1a). Elle fournit des éléments qui sont prélevés par les plantes, par la microflore native ou perdus par érosion ou évaporation.

Au niveau des plantes herbacées annuelles, la distribution des pieds est uniforme et l'on peut penser que les espaces intertouffes sont très réduits, sinon inexistantes. La matière organique essentiellement d'origine racinaire est uniformément distribuée dans l'horizon 0-10 cm. Les plages de sol nu associées à ces espaces sont relativement pauvres en stocks organiques. Par la voie 4a, il se produit une humification avec surtout une accumulation de matière organique sous une forme labile. La voie 1a fournit par minéralisation immédiate des nutriments qui seront, soit prélevés par les plantes, soit perdus par érosion (Roose, 1979) ou volatilisation. L'immobilisation par la voie 2a est faible (faiblesse de la biomasse microbienne). Dans cette phase, l'humification est le processus dominant avec une minéralisation nette relativement faible (cf. tableaux 2 et 3). La mise en place d'un peuplement d'herbacées pérennes introduit au niveau du site, de part même la disposition agrégative des touffes, une hétérogénéité dans le fonctionnement biologique du sol.

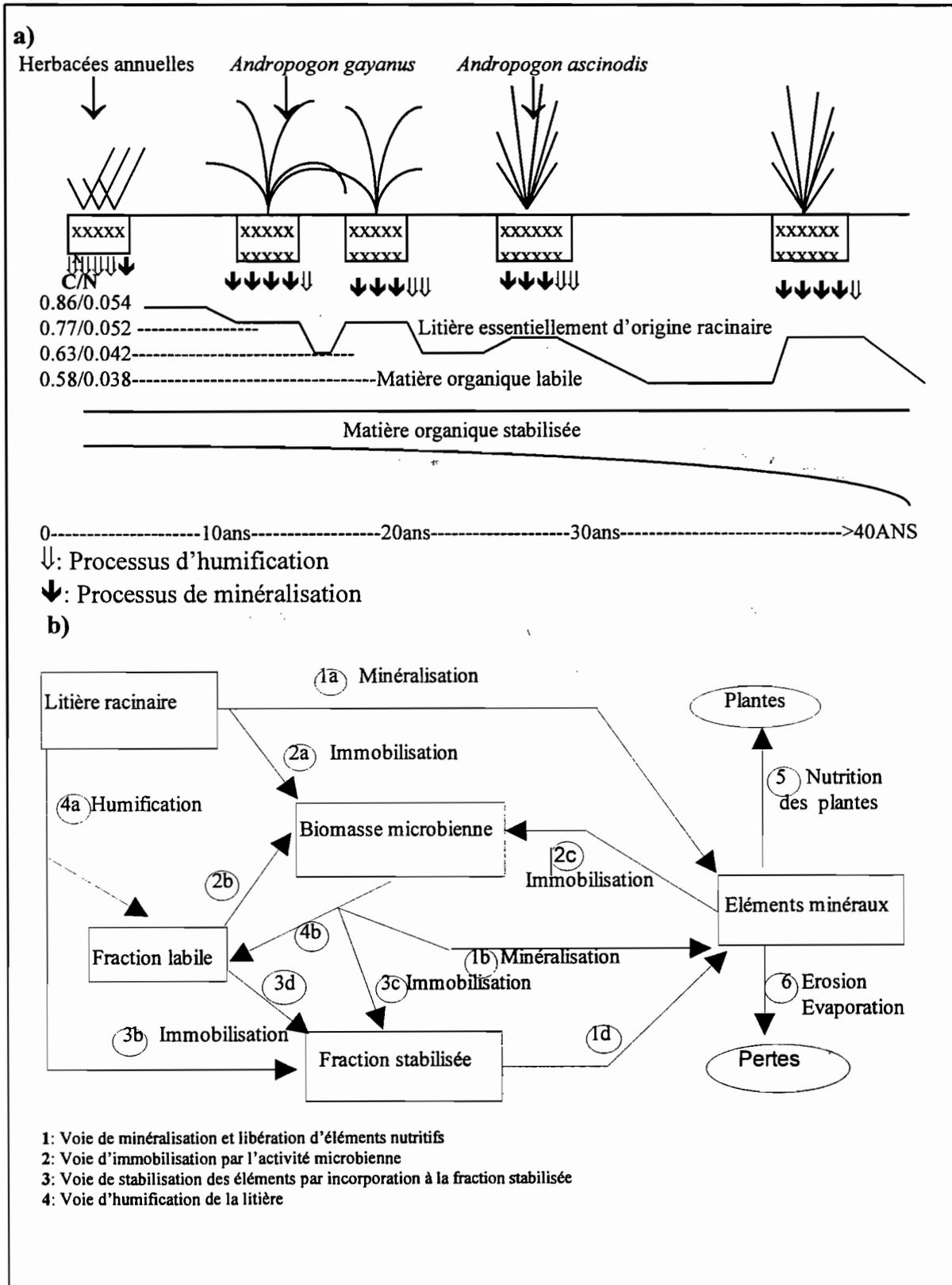
Les espaces intertouffes, n'étant plus approvisionnés et pauvres en biomasse microbienne (cf. tableau 4) vont connaître un déstockage (tableau 1) progressif dû à une minéralisation par les voies 1b et 1a. L'humification sera relativement réduite. Les pertes en éléments se feront surtout par érosion ou évaporation.

Les transferts d'éléments nutritifs de la partie aérienne vers les parties souterraines et la rhizodéposition (sortie de composés organique du compartiment racinaire vers le compartiment édaphique, Abbadie, 1990), l'adjonction de nouveaux produits métabolisables et en quantité stimulent l'activité bactérienne (tableau 4). Il se produit alors une augmentation du peuplement microbien (qui triple ses effectifs) et de son action minéralisatrice qui a sextuplé. Il a lieu un «*priming effect*<sup>1</sup>», au sens de Jenkinson (1961, 1971) et repris par Abbadie (1990). Ce *priming effect* induit une stimulation des bactéries qui vont minéraliser de préférence la matière organique additionnelle, c'est-à-dire, fraîche. Ceci va contribuer à diminuer l'entrée de matière dans le compartiment humus par la voie 4a. Elle favorise une immobilisation par les voies 2a et 3c. On peut aussi supposer que la matière organique ancienne suivra la voie 3b et augmentera la fraction stabilisée Cette stabilisation peut être d'autant plus importante que les pertes sont minimisées (l'activité microbienne ayant lieu au contact des racines, Abbadie, 1990) et les prélèvements par les plantes sont largement compensés par les apports de matière.

---

<sup>1</sup> On entend par «*priming effect*», la stimulation de la décomposition de la matière organique préexistante dans le sol (matière organique plus ou moins humifiée) résultant de l'addition de produits métabolisables par la microflore native (ABBADIE, 1990).

Figure 4 : Modèle de représentation:(a) de la distribution de la matière organique et de ses fractions (approche quantitative) (b) voies de minéralisation, d'immobilisation par la vie microbienne et de stabilisation des éléments sous jachère. (approche fonctionnelle, MYERS *et al.* (1994), adapté et modifié)



Un tel modèle implique :

1) que sous herbacées annuelles l'humification est importante et la minéralisation faible ; 2) que sous herbacées pérennes la minéralisation est importante et affecte préférentiellement la matière fraîche, l'humification relativement faible se fait grâce à la matière ancienne ; 3) qu'une jachère à herbacées annuelles, de durée relativement courte, n'améliore quantitativement que la fraction non stable donc rapidement minéralisable ; 4) qu'une amélioration sensible du stock stable nécessite des durées de jachère longues ; 5) que la régulation des différents flux et des stocks est très dépendante de la nature du couvert végétal et de l'importance de celle-ci.

et explique :

4) les données quantitatives des tableaux ; 5) le fait que les gains (en terme de restauration des teneurs d'éléments nutritifs) ne soient manifestes que pour les premières années de cultures si le sol est remis en culture (Hoesflood *et al.* 1993 ; Hien *et al.* 1993). 6) la structure grumeleuse en agrégats observée sous herbacées pérennes, et stabilisées par la matière organique (cf. planche 8 : b).

Cette interprétation rejoint les hypothèses formulées par Gorham *et al.* 1979 in Reiners, 1981) et reprises par Reiners (1981) qui constatent également une accumulation puis un déstockage progressif de l'azote au cours d'une succession secondaire dans les formations terrestres. Ils se sont particulièrement intéressés aux rapports entre plantes fixatrices et non fixatrices d'azote pour expliquer ces mécanismes.

Le modèle permet donc d'estimer, au regard des variations du stock organique et de son niveau de minéralisation, les périodes de remise en culture en fonction d'objectifs qui peuvent être liés soit au rendement soit à la durabilité. Dans un système de culture où l'agriculteur viserait l'obtention de rendements élevés sur des périodes relativement courtes de culture, une remise en culture après le stade à herbacées annuelles semble mieux indiquée. Les stocks organiques non stables fourniront les éléments nécessaires aux plantes cultivées. Mais dans un souci de gestion durable du système fondé sur le choix de périodes de culture plus longues, et pour éviter des baisses cumulatives importantes de matière et par conséquent une dégradation plus importante à long terme, l'attente des périodes à herbacées pérennes nous semblent plus appropriées. Cependant sur des systèmes à herbacées pérennes très anciens (*Andropogon ascinos* de plus de quarante ans), il se produit un déstockage progressif et important de la matière organique.

## Discussion

La fragmentation du sol observée dans l'horizon humifère sous *A. gayanus* se manifeste dès l'apparition des premières touffes dans les jachères à herbacées annuelles. C'est donc un effet structurant immédiat qui met bien en évidence l'importance de cette espèce dans l'amélioration physique du sol.

Le gain de porosité, même s'il est statistiquement significatif entre le stade à herbacées annuelles et celui à herbacées pérennes, il est relativement peu élevé. Entre herbacées pérennes, il reste faible et statistiquement non significatif. Il peut donc être considéré comme une caractéristique relativement constante de l'horizon superficiel, résultant d'un équilibre dynamique entre des facteurs d'allègement (action des racines et de la faune du sol) et des facteurs de compaction d'origine anthropique (piétinement du bétail) ou climatiques (battance des pluies) ou encore pédologique (déstructuration).

Les espèces herbacées créent alors au niveau de leur rizosphère une différenciation locale, qui, par la suite amorcent une dynamique spatiale des éléments pédologiques par «nucléation» avec extension et coalescence ultérieure d'états structuraux identiques quand s'effectue celle de la végétation

La quantité et la qualité des stocks organiques à chaque stade de la succession post-culturelle dépendront donc essentiellement de la nature du couvert végétal et de sa composition.

## Conclusion

En milieu cultivé, les techniques culturales maintiennent un état physique que l'on peut considérer comme assez satisfaisant dans l'horizon superficiel quelle que soit l'ancienneté de la culture. Au cours de la jachère l'horizon superficiel présente une structure fragmentaire généralisée en relation surtout avec le développement des andropogonées vivaces. La résistance à la pénétration est plus faible, la porosité et l'infiltrabilité plus élevées. L'activité biologique est également plus élevée. Ainsi les andropogonées pérennes semblent jouer un rôle important dans la restauration structurale et la constitution des stocks organiques. Cela souligne l'intérêt de mettre en oeuvre des modes de gestion de la jachère favorisant leur implantation précoce.

## Références bibliographiques

- Abbadie, L. 1990. *Aspects fonctionnels du cycle de l'azote dans la strate herbacée de la savane de LAMTO*. Th. doctorat, Univ. Pierre et Marie Curie, Paris VI, 158p.
- Anderson, J. M. & Ingram, J.S.I. 1993. *Tropical Soil Biology and Fertility: A Handbook of Methods*. Second édition. C.A.B. International, Wallingford, UK. 221p.
- Ayanaba, A. ; Tuckwell, S.B. & Jenkinson, D.S. 1976. The effect of clearing and cropping on organic reserves and biomass of tropical forest soil. *Soil Biology and Biochemistry* 8, 519-525
- Baize, D. & Jabiol, B. 1995. *Guide pour la description des sols*. INRA, Paris, 375p.
- Blic, P. de & SOME N.A.. 1996. Etat structural d'horizons superficiels sableux sous culture ou jachère herbacées en Afrique de l'Ouest, Burkina Faso. (*Etudes et Gestion des Sols*, sous presse).
- Breman, H. 1982. La production des herbes pérennes et des arbres. In : Penning de Vries F.W.T. et Djiteye, M.A.. eds, *La productivité des pâturages sahéliens. Un étude des sols, des végétations et de l'exploitation de cette ressource naturelle*. PUDOC, Wageningen, 399-411.
- Broadbent, F.E. & Nakashima, T. 1974. Mineralization of carbon and nitrogen in soil amended with carbon-13 and nitrogen-15 labelled plant material. *Soil Society of America Proceedings*. 38, 313-315
- Callot, G.; Chamayou, H. ; Maertens, C. & Salsac, L.. 1982. *Les interactions sol-racine. Incidence sur la nutrition minérale*. INRA, Paris, 325p.
- Carter, M.R. & Rennie, D.A.. 1982. Changes in soil quality under zero tillage farming sytem: distribution of microbial biomass and mineralizable C and N potential. *Canadian Journal of Soil Science* 62, 587-597
- Coleman, D. C. ; Reid, C.P.P. & Cole, C. 1989. Biological strategies of nutrients cycling in soil systems. *Advance in Ecological Research* 13, 1-55
- Dalenberg, J. W. & Jager, G. 1981. Priming effect of small glucose addition to 14 C labelled soil. *Soil Biology and Biochemistry*. 13, 219-223
- de Blic, P. & Some, N. A.. 1997. Etat structural d'horizon superficiel sableux sous culture ou jachère herbacée en Afrique de l'Ouest (Burkina Faso). *Etude et Gestion des sols*, 4, 1, 17-24
- de Blic, P. 1990. L'examen du profil cultural: un outil pour mieux comprendre le comportement du sol soumis à des travaux aratoires in: *Organic matter management and tillage in humid and subhumid Africa*. IBSRAM Proceedings n° 10, Bangkok, 385-389
- Dunn, G. H. & Phillips, R. E. 1991. Macoporosity of well-drained soil under no-till and conventional tilla. *Soil Sci. Am. J.*, 55, 817-823
- Duxbury, J. M. ; Smith, M.S. & Doran J. W. 1989. Soil organic matter as a source and sink of plant nutrients In Coleman, D.C. ; Oades, J. M. & Uehara, G. eds, *Dynamics of Soil Organics matter in Troipcal Ecosystem*. Honolulu, Hawaï, USA:Univ. Of Hawaï Press
- Feller, Ch., Lavelle, P. ; Albrecht, A. & Nicolardot, B. 1993. La jachère et le fonctionnement des sols tropicaux: rôle de l'activité biologique et des matières organiques. Quelques éléments de reflexion. In : Floret Ch. et Serpantie, G. eds, *La jachère en Afrique de l'Ouest*. ORSTOM, Colloques et séminaires, Paris, 15-32.
- Gorham, E. ; Vitousek, P. M. & Reinres, W. A. 1979. The regulation of chemical budgets over the course of terrestrial ecosystem succession. *Ann. Rev. Ecol. Syst.*, 10, 53-84.
- Greenland, D. J. & Nye P. H. 1959. Increase in the carbon and nitrogen content of tropical soils under natural fallows. *Journal of Science*, 10, 284-299.
- Greenland, D. J. 1977. Contribution of micro-organisms to the status of tropicals soils. In : Ayanaba, A. & Dart, P. J. eds, *Biological nitrogen fixation in farming systems of the tropics*. J. Willey, New York, 13-26.
- Henin, S. ; Gras, R. & Monnier, G. 1969. *Le profil cultural*. 2e éd. Masson, Paris, 332p.
- Hien, V. ; Sedogo, M. P. & Lompo, F. 1993. Etude de l'effet des jachères de courte durée sur la production et l'évolution des sols dans différents systèmes de culture au Burkina Faso. In
- Hoefsloot, H. ; Van der pol, F. & Roeleveld, L. 1993. *Jachères améliorées : option pour le développement des systèmes de production en Afrique de l'Ouest*. Royal Tropical Institute, Bulletin 333, Amsterdam, 80p.
- Jenkinson, D. S. & Rayner, J. H. 1977. The turnover of soil organic matter in some of the Rothamsted classical experiments. *Journal of Science* (Cambridge) 77, 1971, 473-482.
- Manichon, H. 1982. L'action des outils sur le sol. Appréciation de leurs effets par la méthode du profil cultural. *Science du sol*, 3, 203-219.
- Mazzarino, M. J. ; Szott, L. & Jimenez, M. 1993. Dynamics of soil total C and N, microbial biomass and water-soluble C in tropical agroecosystems. *Soil Biol. Biochem.* 25, 205-214
- Myers, R. J. K. ; Palm, C. A. ; Cueva, E. ; Gunatilleke, & Bossard, M. 1989. The synchronisation of nutrients mineralisation and plants demand, In Woormer, P. L.. & Swift, M. J. eds, *The biological management of tropical soil fertility*. John Willey et Son 88-110

- Nakano, I. R. & Syahbuddin. 1978. Nutrients dynamics in forest fallow in South-East Asia In Protor, J. édés, Mineral nutrient in Tropical forest and savanna ecosystem. Special publication, *The British Ecological Society*, 9 325-336
- Ocio, J. A., Brookes, P. C. & Jenkinson, D. C. 1991. Field incorporation of straw and its effects on soil microbial and soil inorganic N. *Soil Biol. and Biochem.* 23, 171-176
- Reiners, W. A. 1981. Nitrogen cycling in relation to ecosystem succession. In : Clark, F.E. & Rosswall, T. eds, *Terrestrial Nitrogen Cycles. Ecol. Bull. (Stockholm)* 33, 507-528.
- Reynolds, W. D. & Elrick, D. E. 1991. Determination of hydraulic conductivity using a tension infiltrometer. *Soil Sci. Am J*; 55, 633-639
- Roose, E. J. 1979. *Dynamique d'un sol gravillonnaire issu de granite sous culture et sous savane arbustive soudanienne du Nord de la Côte-d'Ivoire, Korhogo, 1967-1975.* ORSTOM, Paris, 179p.
- Ruellan, A. & Dosso, M. 1993. *Regards sur le sol.* Foucher, AUPELF, Paris, 192p.
- Salisbury, E. J. 1925. Note on the edaphic succession in some dune soils with special reference to the time factor. *J. Ecol.*, 13, 322-328.
- Scherrer, B. 1992. Biostatistique. Ed. Gaëtan Morin ; 850p.
- Woomer, P. L. ; Martin, A. ; Albrecht, A. ; Resck, D. V. S. & Scharpenseel, H. W. 1994. The importance and management of soil organic matter in the tropics. In Woomer, P. L.. & Swift, M. J. édés, The biological management of tropical soil fertility. John Willey, & Son, 47-81
- Yonkeu, S., 1993. *Végétation des pâturages de l'Adamoua (Cameroun). Ecologie et potentialités pastorales.* Thèse Univ. Rennes I, 198p.
- Young, A. 1989. *Agroforestry for soil conservation.* CAB International, ICRAF, Wallingford, Nairobi.
- Young, A., 1987. *The potential of agroforestry as a practical mean of sustaining soil fertility.* ICRAF, Reprint n° 38.
- Zombre, P. ; Djimadoum, M. ; Some, N. A. & Blic, P. de. 1994. *Etude pédologique du terroir de Sobaka, forêt classée du Nazinon.* Texte et carte. IRBET, ORSTOM, Ouagadougou, 41p. + carte.
- Zoungrana, I. 1991. *Recherches sur les aires pâturées du Burkina Faso.* Thèse Doc. ès Sc. Nat., Univ. de Bordeaux III, 277 p.
- Zoungrana, I. 1993a. Les jachères nord-soudaniennes: diversité stabilité et évolution des communautés végétales. In : Floret Ch. & Serpantie, G. édés, *La jachère en Afrique de l'Ouest.* ORSTOM, Colloques et séminaires, Paris, 351-357.

Amélioration et gestion de  
la jachère en Afrique de l'Ouest  
*Projet 7 ACP RPR 269*

## Jachère et maintien de la fertilité

Organisateurs  
IER (Mali)  
ORSTOM



Amélioration et gestion de  
la jachère en Afrique de l'Ouest  
*Projet 7 ACP RPR 269*

Actes de l'Atelier

## **Jachère et maintien de la fertilité**

Bamako, 2-4 octobre 1997

Organisateurs :  
IER (Mali)  
ORSTOM

Editeurs : Christian Floret et Roger Pontanier  
Coordination Régionale du Projet Jachère  
BP 1386 Dakar Sénégal