INTERVENTION DE MADAME RABARY BODOVOLOLONA

# IMPACT DES SYSTEMES DE CULTURE EN SEMIS DIRECT SUR COUVERTURE VEGETALE SUR LE BIOFONCTIONNEMENT DU SOL (HAUTS PLATEAUX DE MADAGASCAR)

Rabary B.[1], Blanchart E.[2], Andriamanantena Z.[3], Douzet J-M.[1], Husson O.[4], Ralambofetra E.[5], Michellon R.[6], Moussa N.[6], Chotte J-L.[2]

[1]URP Systèmes de Culture et Rizicultures Durables, BP 230, 110 Antsirabe.
[2]IRD, U.R. SeqBio, ENSAM, 2, place Viala, Bâtiment 12 – 34060 Montpellier Cedex 1
[3]Etablissement d'Enseignement Supérieur des Sciences Agronomiques, Université d'Antananarivo
[4]CIRAD, UPR Couverts Permanents, BP 858, 101 Antananarivo, Madagascar
[5]Faculté des Sciences, Laboratoire de Physiologie Végétale, BP 906, Université d'Antananarivo, Madagascar
[6]ONG Tany sy Fampandrosoana (TAFA), BP 266, 110 Antsirabe, Madagascar

## 1. Introduction

La matière organique du sol est un important régulateur de nombreuses contraintes environnementales concernant la productivité agricole. La quasi-totalité des microorganismes ainsi que la macrofaune du sol se développent aux dépens de la matière organique. En effet, les fonctions de décomposition de la matière organique, de minéralisation et de structuration du sol sont liées à la diversité biologique, et en particulier à la diversité spécifique ou fonctionnelle (Dick, 1992 ; Haynes et al., 2003). La drilosphère peut exercer un rôle régulateur important dans la fonction du sol, y compris pour la structure physique (agrégation, porosité), les propriétés et processus chimiques, les interactions biologiques et la production des plantes (Brown et al., 1999). Ainsi, des pratiques agricoles intensives et dégradantes aboutissent à l'appauvrissement du sol en nombre et espèces d'invertébrés et de microorganismes. Il est certain que leur éradication de nombreux sols agricoles explique, au moins en partie, la dégradation de ces milieux et le caractère non-durable des pratiques agricoles (Lavelle, 2000). Les sols ferrallitiques cultivés de *tanety* des Hautes Terres malgaches sont généralement labourés et cultivés intensivement avec un apport insuffisant de matière organique. Pour pallier la dégradation progressive de ces sols de *tanety*, la gestion agroécologique des sols par les systèmes de culture sur couvertures végétales (SCV) permanentes a été expérimentée à Antsirabe depuis plus d'une dizaine d'années. L'objectif de cette étude est d'évaluer les impacts des systèmes SCV concernant les changements sur les paramètres et fonctions du sol apportés par la mise en culture des jachères naturelles et par la quantité et qualité des entrées de C dans ces systèmes.

## 2. Méthodologie

L'étude a été menée à Bemasoandro et Andranomanelatra, dans le district d'Andranomanelatra, sur les dispositifs à long terme de CIRAD/FOFIFA et de l'ONG TAFA, à 1600 m d'altitude, respectivement mis en place en 1997 et 1991. Le sol est ferrallitique argileux (61,90 % argile, pH ($H_2O$) 5,72). Les systèmes étudiés sont une rotation annuelle Riz-Soja en labour (RSL) sans restitution et en SCV sur résidus (RSR) à Bemasoandro avec 3 niveaux de fertilisation F0 (sans apport), F1 (fumier seul) et F2 (fumier + fumure minérale

recommandée) et à Andranomanelatra une rotation Maïs-Soja en labour (MSL) sans restitution, une rotation Maïs-Soja en SCV sur résidus (MSR), une rotation Haricot-Soja en SCV sur couverture vive de Kikuyu, *Pennisetum clandestinum* Hochst. (HSK) et une succession annuelle Maïs-Maïs en SCV sur couverture vive de *Desmodium uncinatum* (Jacq.) DC. (MMD) ; les fertilisations sont F1 et F2. La jachère naturelle (JN) est constituée par la partie du terrain non défrichée et gardée intacte sous *Aristida rufescens* (Stend) ou « bozaka ». La biomasse des plantes a été mesurée dans des carrés de prélèvements de 0,80 m x 0,80 m répétés deux fois par parcelle lors de la végétation maximale des cultures. La biomasse racinaire a été mesurée selon la méthode de la carotte adaptée de TSBF. Les prélèvements ont été réalisés jusqu'à 0,60 m de profondeur allant de 0,10 m à 0,10 m sous les plants et dans les interlignes en 4 répétitions par parcelle. La composition biochimique des plantes a été déterminée par la méthode de digestion chimique séquentielle de Van Soest (1963).
La macrofaune a été prélevée selon TSBF adaptée aux modalités agronomiques jusqu'à 30 cm de profondeur : 0-5 cm ; 5-10 cm ; 10-20 cm et 20-30 cm. La densité et la biomasse ont été mesurées. La mesure de l'abondance et des activités fonctionnelles de la microflore a été étudiée pour l'horizon supérieur (0-5 cm) du sol. La biomasse microbienne totale a été déterminée par la méthode de fumigation - extraction. La respiration basale a été mesurée toutes les 24 heures pendant 7 jours. Les activités enzymatiques β-glucosidase, uréase et phosphatase acide ont été mesurées par la quantification du produit libéré après addition de substrat à l'échantillon de sol. Les habitats microbiens ont été isolés par la méthode douce de Chotte et al. (1994). Les agrégats >2000 µm, 200–2000 µm, 50–200 µm sont séparés par tamisage sous l'eau. Les fractions fines 2-50 µm et 0-2 µm sont séparées par centrifugation. Toutes les opérations se déroulent à 4 °C.

## 3. Résultats et discussion

Les résultats montrent que 12 ans après la mise en culture de la jachère la teneur en C et N du sol sous labour (LB) est réduite, elle est 60 % de celle sous JN. De même la biomasse microbienne sous LB est respectivement de 54 % et 48 % de celle de la JN et du SCV sur résidus (tableau 1).

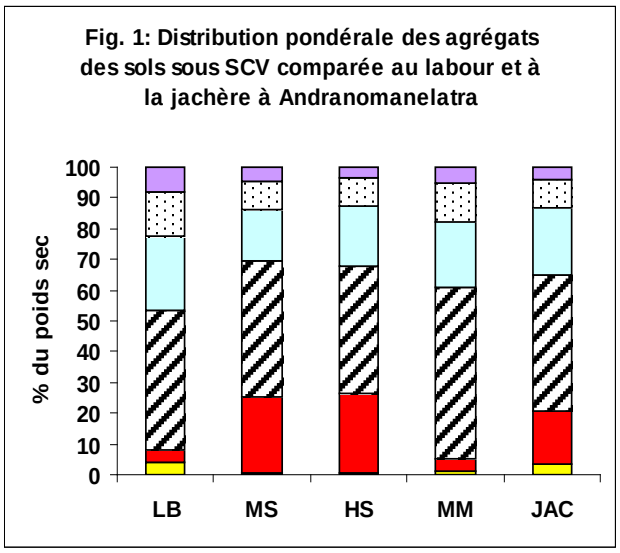
*Tableau 1 : Caractéristiques et activités microbiennes du sol d'Andranomanelatra sous SCV comparées au labour et à la jachère naturelle*

| Système | C | N | BM-C | $CO_2$ | *β*-glucosidase | Phosphatase | Urease |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Culture | mg C $g^{-1}$sol | mg N $g^{-1}$sol | µg Cm $g^{-1}$sol | µg$CO_2$-C$g^{-1}$sol | µg glucose$g^{-1}$sol $h^{-1}$ | µg PNP $g^{-1}$sol $h^{-1}$ | µg $NH_4^+g^{-1}$sol $h^{-1}$ |
| SCV HSK | 47.9ab | 4.00ab | 458.2a | 348.6a | 149.3ab | 451.1b | 51.6bc |
| SCV MMD | 48.8ab | 4.02ab | 235.5bc | 192.8bc | 131.4b | 452.9b | 71.7ab |
| SCV MSR | 48.1ab | 3.81ab | 439.3a | 384.2a | 172.0a | 502.8a | 50.7bc |
| LB MSL | 38.6b | 3.18b | 210.9c | 119.7c | 68.2c | 405.8c | 48.3c |
| JN | 64.4a | 5.01a | 392.4ab | 284.1ab | 60.5c | 154.8d | 83.7a |

Les valeurs suivies par une lettre minuscule différente d'un traitement à l'autre, pour une même colonne, sont différentes significativement ($p < 0,05$).

Bien que la BM-C et la respiration $CO_2$ soient plus faibles sous LB que sous JN, l'activité ß-glucosidase sous LB est similaire à celle obtenue dans le sol sous JN. L'activité phosphatase acide sous LB est cependant plus élevée que pour le sol sous JN. Le ratio activité enzymatique sur BM-C est élevé (valeur non montrée) et suggère que le sol labouré contient une biomasse microbienne faible mais active. L'étude des agrégats montre pourtant que le LB détruit les macroagrégats par rapport à la JN et aux SCV (Figure 1). De même le LB appauvrit le sol en faune.
Au contraire, le SCV maintient les teneurs de C et N du sol à peu près au même niveau que sous JN. Cependant, les SCV ont montré un sol avec une BM-C et des activités microbiennes plus élevées (e.g. respiration $CO_2$, ß-glucosidase, phosphatase acide) que celui sous labour et JN.

*Figure 1 : Distribution pondérale des agrégats des sols sous SCV comparée au labour (Andranomanelatra et Bemasoandro)*



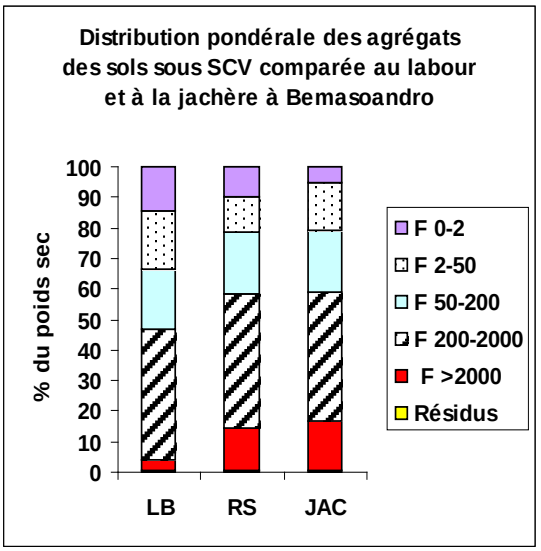
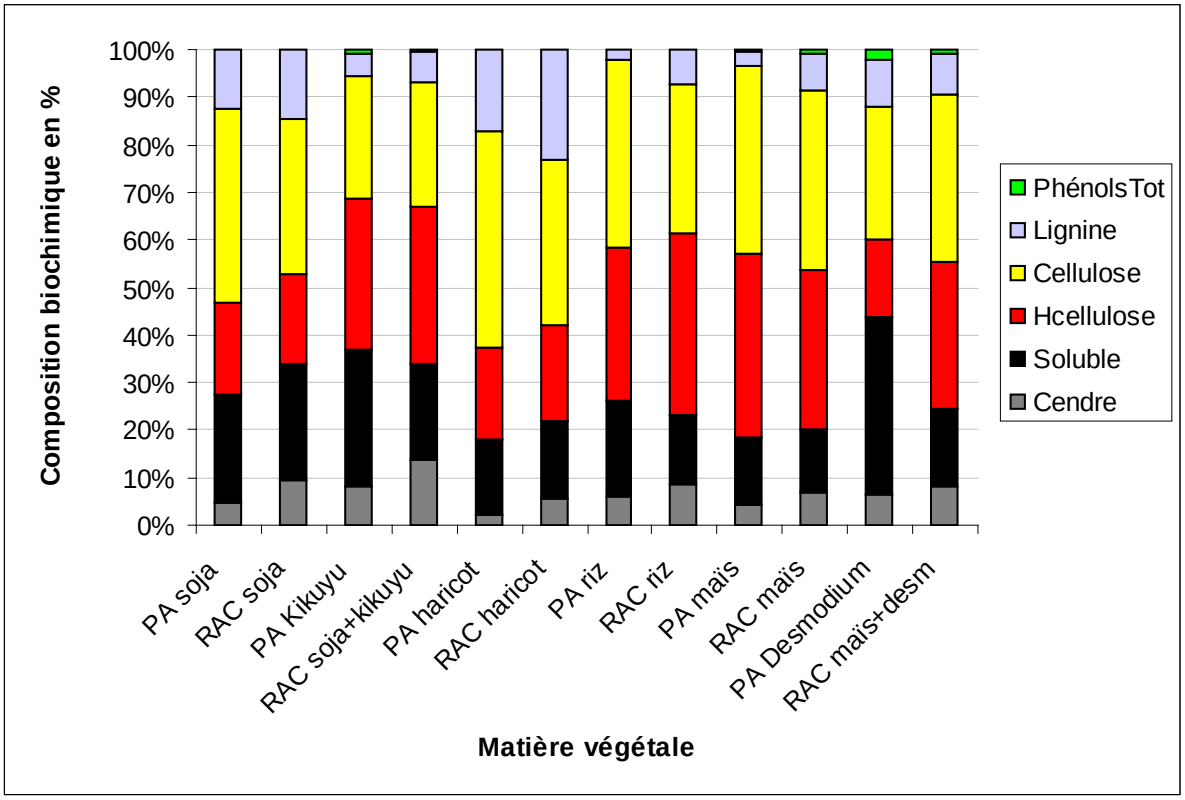



*Figure 2 : Qualité biochimique des plantes restituées au sol selon les systèmes de culture à Andranomanelatra et Bemasoandro; PA: partie aérienne; RAC: racine*




La BM-C et la respiration $CO_2$ du sol sous SCV sur résidus sont similaires à celles du SCV sur couverture vive de kikuyu. Pourtant sous SCV sur couverture vive de Desmodium, ces propriétés du sol sont aussi faibles que sous sol labouré. L'effet inhibiteur de Desmodium peut être attribué à sa composition biochimique (Figure 2) qui montre un taux de polyphénols plus élevé et des exsudats contenant des isoflavones par les racines (Tsanuo et al., 2003). Des différences dans les activités enzymatiques entre les SCV ont été observées selon le type d'enzyme (Table 1). La distribution pondérale des agrégats sous SCV varie également en fonction des systèmes de culture (Figure 1). Les sols sous SCV donnent une densité de macrofaune supérieure ou égale au sol de la JN selon le système de culture. La biomasse des vers de terre est plus élevée sous SCV que sous JN. Un effet net de la fertilisation est observé, un apport d'engrais minéral augmente sensiblement la macrofaune dans le sol, que ce soit en LB ou en SCV.

La dynamique de la MO dans le sol varie selon le système de culture et le mode de gestion du sol. Parmi les SCV, le système MMD qui produit le plus de biomasse végétale restitue le plus de C (5661,23 kg $ha^{-1}$) tandis que c'est le SCV sur couverture vive HSK qui restitue le moins de C, à cause de sa biomasse végétale très faible. Cependant, c'est le système HSK qui a une plus grande proportion de C restant dans le sol, 33,5 % du C total restitué au sol par ce système après la décomposition de la MO, à cause de la qualité inférieure du haricot et du soja qui ont une teneur en lignine plus élevée. Tandis que pour le système MMD le C restant dans le sol n'est que de 14,9 % du C total restitué. Ceci suggère que la performance du SCV n'est pas seulement déterminée par l'absence de labour ni par la seule présence de couverture ou la combinaison des deux. La succession de culture, le type du système et les types de mulch ont été aussi identifiés comme des facteurs importants.

## 4. Conclusion

Notre étude confirme que la biomasse microbienne, les activités enzymatiques, la faune du sol sont des bioindicateurs sensibles pour l'étude d'impacts sur la gestion du sol et les systèmes de culture (changement d'usage des terres). Il a été observé que le LB diminue la qualité biologique du sol et favorise la destruction des macroagrégats. Tandis que le SCV est une bonne alternative de gestion du sol mais ses effets sur le biofonctionnement dépendent du choix des cultures, de leurs associations et rotations déterminant la qualité et quantité de MO apportée qui sont des déterminants de la qualité du sol.

## 5. Références bibliographiques

Chotte, J.L., Villemin, G., Guilloré, P., Jocteur-Monrozier, L., 1994. Morphological aspects of microorganism habitats in a vertisol. In: Ringroese-Voase A.J. and Humphreys G.S. Proc (Eds). Soil Micromorphology: Studies in Management and Genesis, ). IX Int. Working Meeting on Soil Micromorphology, Townsville, Australia, pp 395-403.

Dick, R.P., 1992. A review: long-term effects of agricultural systems on soil biochemical and microbiological parameters. Agric. Ecosyst. Environ. 40, 25-36.

Haynes, R.J., Dominy, C.S., Graham, M.H., 2003. Effect of agriculture land use on soil organic matter status and composition of earthworm communities in KwaZulu-Natal, South Africa Agric. Ecosyst. Environ. 95, 453-464.

Lavelle, P., 2000. Ecological challenge for Soil Science. Soil Science 165(1), 73-86.

Tsanuo, M.K., Hassanali, A., Hooper, A.M., Khan, Z., Kaberia, F., Pickett, J.A., Wadhams, L. J., 2003. Isoflavonones from the allelopathic aqueous root exudates of *Desmodium* uncinatum. Phytochemistry 64, 265-273.

Brown, G., Pashanasi, B., Villenave, C., Patron, J., Senapati, B., Giri, S., Barois, I., Lavelle, P., Blanchart, E., Blakemore, R., Spain, A., Boyer, J., 1999. Effects of earthworms on plant production in tropics, in: P. Lavelle, L. Brussaard, P. Hendrix (Eds.), Management of Earthworm Communities in Tropical Agroecosystems, CAB-International Wallingford, UK, 87–147.Van Soest, P. J., 1963. Use of detergents in the analyses of fibrous fe*eds.* [I. A rapid method for the determination of fiber and lignin. J. Assn. Offic. Agr. Chem