

COMMUNICATIONS ORALES Symposium 1 :

Soil Carbon Sequestration

(Symposium 1. Communication orale introductive)

Carlos C. Cerri¹, Martial Bernoux², Christian Feller², Carlos E. P. Cerri³

¹*Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Av. Centenario 303, CEP. 13400-970, Piracicaba, Brazil*

²*Institut de Recherche pour le Développement, UR 179, BP 64501, 34394 Montpellier, France*

³*Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Departamento de Ciência do Solo, Piracicaba, Brazil*

Abstract

Globally, soils store about 1500 Pg of carbon (C), which is three times the amount present in the vegetation and twice the amount found in the atmosphere. Land use change, mainly for previous agricultural practices, has often decreased in soil organic carbon (SOC) stocks due to enhanced mineralization of soil organic matter (mainly to CO₂). A significant fraction of the ~32% increase in atmospheric CO₂ over the last 150 years stems from the breakdown of soil organic matter after forests and grasslands were cleared for farming. This process increases greenhouse gas concentrations in the atmosphere, exacerbating global warming. Conversely, adoption of “best management practices”, such as conservation tillage, can partly reverse the process – they are aimed at increasing the input of organic matter to the soil and/or decreasing the rates at which soil organic matter decomposes. This mechanism has been called “soil carbon sequestration” and can be defined as the net balance of all greenhouse gases (e.g., CO₂, CH₄ and N₂O), expressed in C-CO₂ equivalents or CO₂ equivalents, computing all emission sources and sinks at the soil-plant-atmosphere interface. It must be noted that CO₂ fluxes are evaluated through C stock changes in the different compartments and CH₄ and N₂O fluxes directly measured, or estimated with the best available estimates.

Key words. Soil, Carbon storage, Greenhouse gases, Land management

Stockage potentiel de carbone dans les sols avec de systèmes de culture en semis direct avec couverture végétale (SCV) dans les Cerrados brésiliens

Corbeels Marc^{1,2}, Scopel Eric^{1,3}, Macena da Silva Fernando A.³, Bernoux Martial⁴ and Nunez Cardoso Alexandre³

¹ UMR System, CIRAD, Avenue Agropolis, 34398 Montpellier Cedex 5, France

² TSBF-CIAT, P.O.Box MP 228, Mt. Pleasant, Harare, Zimbabwe

³ Embrapa-Cerrados, PO Box 8233, 73301-970 Planaltina, DF, Brazil

⁴ UR SeqBio, IRD, 911 Avenue Agropolis, BP64501, 34394 Montpellier Cedex 5, France

Résumé

Les systèmes en semis direct avec plantes de couverture sont connus pour potentiellement favoriser le stockage du carbone dans les sols. Dans la région des Cerrados brésiliens, ces techniques ont été largement adoptées par les gros producteurs remplaçant les systèmes traditionnels de monoculture de soja avec travail du sol. En revanche leur application par les petits producteurs de ces régions reste encore rare.

Pour évaluer le stockage potentiel du carbone dans les sols avec des SCV chez ces deux types de producteurs, nous avons combiné à la fois des évaluations au champ avec l'utilisation de modèles de simulation. On observe plus d'augmentation des stocks de carbone dans des sols appauvris et notamment après de nombreuses années en monoculture de soja avec travail du sol. La simulation montre de plus faibles taux de stockage après défriche de la végétation naturelle. Cette capacité des SCV à augmenter les stocks de carbone est essentiellement liée à l'introduction de la plante de couverture responsable d'une plus grande productivité primaire du système et donc d'une plus grande entrée en carbone par la biomasse restituée. Il est donc important également que cette productivité ne soit pas limitée par l'accès à d'autres éléments nutritifs. Dans le cas des petits producteurs par exemple, l'accès limité à des engrais chimiques et la plus faible productivité générale s'accompagnent généralement d'une moindre capacité de stockage de carbone, même en SCV.

Abstract. Potential for soil carbon storage under direct seeding mulch-based cropping systems (DMC) in the Cerrados of Brazil

No-tillage cropping systems with cover crops are commonly known to represent a potential for soil carbon storage. In the Cerrado region of Brazil, large-scale farmers have widely adopted this type of cropping systems replacing the traditional soybean monoculture under conventional tillage. In contrast, adoption of no-tillage by smallholders in the region is rare.

We combined experimental data on soil carbon with simulation modeling to assess the potential for soil carbon storage with no-tillage for both farming enterprises. Accumulation of soil carbon occurred on soils that were carbon depleted from several years of soybean monoculture under conventional tillage. Model simulations indicated that much smaller amounts of soil carbon are accumulated under no-tillage systems that were established immediately after clearing the native savannah. The gains in soil carbon with no-tillage systems are primarily due to the introduction of a cover crop that causes higher net primary productivity, leading to higher plant carbon inputs to the soil. It implies that the net input of other nutrients to the plant-soil system plays a crucial role in soil C storage. In the case of small-scale farmers, lack of access to chemical fertilizers and lower productivity limit the potential for soil carbon storage.

Stockage de carbone dans les sols avec des systèmes de culture en semis direct avec couverture végétale (SCV) dans les Cerrados brésiliens : résultats d'étude synchrones et diachrones.

Bernoux Martial¹, Perrin Anne-Sophie², Siqueira Neto Marcos³, Blanchart Eric¹, Cerri Carlos Clemente³, Corbeels Marc⁴, Douzet Jean-Marie⁵, Eschenbrenner Vincent¹, Metay Aurélie⁶, Nunez Cardoso Alexandre⁷, Piccolo Marisa de Cassia³, Scopel Eric⁸, Seguy Lucien⁹, Christian Feller¹⁰.

¹ UR SeqBio, IRD, SupAgro-Bat 12, 2 place Viala, 34060 Montpellier Cedex 1, France

² EcoLab-UMR 5245- Toulouse, France

³ Lab Biogeoquímica Ambiental, CENA-USP, CP93, 13400-970 Piracicaba-SP, Brazil

⁴ TSBF-CIAT, P.O.Box MP 228, Mt. Pleasant, Harare, Zimbabwe

⁵ SCRID, Madagascar

⁶ ISTOM, 32 Boulevard du Port, 95094 Cergy-Pontoise, France

⁷ Embrapa-Cerrados, PO Box 8233, 73301-970 Planaltina, DF, Brazil

⁸ UMR System, CIRAD, SupAgro, Avenue Agropolis, 34398 Montpellier Cedex 5, France

⁹ UPR1, Cirad, Brazil.

¹⁰ UR SeqBio, IRD, BP 434, 101 Antananarivo, Madagascar

Résumé

Les systèmes de semis-direct sous couverture végétales (SCV) avec deux cultures dans le cycle annuel sans travail du sol ont été largement adoptés au cours de 10 à 15 dernières années dans la région des Cerrados brésiliens. Ces systèmes se substituent à la traditionnelle mono-culture du soja avec travail du sol (systèmes labourés – CL). L'objectif de cette étude est d'étudier comment les systèmes SCV modifient les dynamiques du carbone organique du sol. Pour ce faire, des situations ont été sélectionnées dans les états brésiliens du Goiás et du Mato Grosso. Deux types de situations ont été retenus, d'une part des essais agronomiques (Montividiu, Sinop and Goiania) qui ont été étudiés selon une approche diachrone avec deux échantillonnages : l'un à la mise en place de l'essai, l'autre 3 à 5 ans après. D'autre part, une sélection de situations commerciales représentatives de la région, et composée de parcelles menées en SCV dans la région de Rio Verde. Ces parcelles utilisées en SCV présentent un gradient d'âge croissant d'utilisation selon ce système (de 0 pour celle gérées de façon traditionnelle à 12 ans de SCV). Dans la plupart des situations en SCV étudiées, une augmentation du stock de C est observée pour les sols qui étaient, avant l'adoption du SCV, gérés avec une monoculture de soja (CL). Les taux d'augmentation calculés sont dans la fourchette des valeurs calculées selon d'autres études pour la même région du Cerrado ou d'autres régions du Brésil.

Abstract. Soil carbon storage under direct seeding mulch-based cropping systems (DMC) in the Cerrados of Brazil: results from diachronic and synchronic studies

Direct seeding Mulch-based Cropping (DMC) systems with two crops per year without soil tillage have widely been adopted over the last 10 to 15 years in the Cerrado (central region) of Brazil. These systems are replacing the traditional soybean monocropping with fallow under conventional tillage (CT). The objective of this study was to examine how DMC practices affect soil organic carbon dynamics. Situations were selected in Goiás and Mato Grosso states of Brazil. Two types of situations were retained. On one hand, agronomic experiments (at Montividiu, Sinop and Goiania) were analyzed in a diachronic approaches with sampling at the beginning and at the end of the implementation, 3 to 5 years latter. On second hand, a representative selection of commercial situations with different fields under DMC was selected in Rio Verde. These fields have been managed under the DMC system for various durations (from zero for those under conventional management up to 12 years of DMC). In most situations under DMC, increase of soil carbon stocks occurred on soils that were previously under of soybean monoculture under CT. Calculated accumulation rates were in the range reported by other studies in the Cerrado region or other Brazilian regions

Modélisation des émissions de N₂O pour deux systèmes de culture des Cerrados brésiliens : comment éviter le problème des mesures discrètes ?

Aurélie Metay^{1,2,*}, Antoine Findeling³, Robert Oliver⁴, Lydie Lardy², Marianne Martinet¹, Christian Feller², José Aloisio Alves Moreira⁵

¹ ISTOM, 32, bd du Port, 95094 Cergy-Pontoise cedex, France.

² IRD, UR179 SeqBio, ENSAM, 2 place Viala, bâtiment 12, 34060 Montpellier cedex 1 France

³ CREED (Centre de Recherches sur l'Environnement l'Energie et les Déchets du groupe Véolia Environnement), 78520 Limay, France

⁴ CIRAD, UPR 78, avenue Agropolis 34394 Montpellier cedex 5, France

⁵ EMBRAPA-CNPAP Rodovia Goiânia a Nova Veneza, km 12, Fazenda Capivara, C.P. 179 75375-000 Santo Antônio de Goiás, GO, Brazil.

* corresponding author, e-mail address: a.metay@istom.net (A. Metay)

Résumé

L'estimation des flux de N₂O est un enjeu essentiel pour évaluer l'effet des pratiques culturales sur la production de gaz à effet de serre. La quantification *in situ* des flux de N₂O, résultant de 2 principaux processus biologiques, nitrification et dénitrification, est délicate en raison d'une variabilité spatiale et temporelle élevée et de concentrations naturelles classiquement basses. Ce travail méthodologique vise à : (i) montrer que l'approche classique qui consiste à estimer les flux de N₂O à partir de mesures quotidiennes *in situ* peut conduire à omettre des flux importants sur des périodes courtes (peu d'heures), (ii) caractériser les émissions potentielles de N₂O du sol par nitrification et dénitrification par des mesures de laboratoire et (iii) proposer une approche par la modélisation des émissions de N₂O qui évite le problème des mesures discrètes. Cette dernière approche a consisté en la combinaison de 2 modèles : un modèle mécaniste de transfert de l'eau et un modèle de simulation des émissions de N₂O par nitrification et dénitrification. Deux situations agricoles tropicales de champ ont été étudiées : (i) semis direct sur couverture végétale et travail superficiel du sol sans restitution de résidus en contexte de production de riz pluvial dans les Cerrados (Brésil central) ; (ii), semis direct sur les résidus de culture et labour sans restitution de résidu au sol sur les Hautes Terres malgaches.

Abstract. Modelling N₂O emissions from two cropping systems in the Cerrados (Central Brazil): how to circumvent the limits of discrete measurements

Assessing the N₂O fluxes balance is a key challenge to estimate the effect of agriculture practices on greenhouse gas production in the atmosphere. N₂O fluxes, resulting from 2 main processes, namely nitrification and denitrification, remain difficult to measure on a field scale due to a high spatial and temporal variability and usually low concentrations. This methodological work aims at (i) highlighting that the classical approach which consists in assessing N₂O from daily measurements may fail in capturing major fluxes occurring during short periods of time (few hours), (ii) using laboratory measurements to characterize potential N₂O emissions of the soil from nitrification and denitrification and (iii) proposing a modelling approach of N₂O emissions that circumvents the problem of discrete measurements and test it for two agricultural treatments. This latter approach consisted in the combination of 2 models: a mechanistic water transfer model and a N₂O emission model. Two tropical field situations were studied: (i) 2 different agricultural treatments in a rainfed rice production context: no-tillage (NT) treatment under cover crop systems and disc tillage (DT) treatment without cover crop restitution in the Cerrados (Central Brazil); (ii) 2 contrasted practices in use in Malagasy Highlands, i.e. a direct seeding on cover crop residues (SD) and a hand ploughing without residue return to soil (HP).

Séquestration du carbone pour deux systèmes de culture, traditionnel et SCV, au Laos.

Huon S.⁽¹⁾, de Rouw A.⁽²⁾, Soulileuth B.⁽³⁾, Ribolzi O.⁽²⁾, Bourdon E.⁽²⁾, Thiébaux J.P.⁽²⁾, Sengtaheuanghong O.⁽³⁾, Chenu C.⁽¹⁾ et Valentin C.⁽²⁾

⁽¹⁾ UMR 7618 Bioemco. UPMC. Case 120, 4 place Jussieu. 75252 Paris cedex 05 (France) (huon@ccr.jussieu.fr).

⁽²⁾ UR 176 Solutions IRD Bondy (France) et NAFRI BP06. Vientiane (Laos).

⁽³⁾ NAFRI BP06. Vientiane (Laos).

Résumé

Dans le cadre du programme FFEM, des expérimentations SCV, en alternative à des modes traditionnels de culture (défriche-brûlis avec ou sans labour), ont été mises en œuvre pendant 4-5 ans, entre 2002 et 2007 sur : (i) le site de Ban Napok (cultures de la plaine du Mekong) et (ii) le bassin versant de Huay Pano (cultures sur fortes pentes). Pour le premier site, 4 répétitions de 15 x 25 m ont été mises en place. Elles comportent des parcelles témoins cultivées en maïs avec labour annuel et des parcelles cultivées en maïs par semis direct sous mulch et sans labour avec couverture de *Brachiaria ruziziensis*. Pour le second site, l'expérimentation a porté sur deux sous-bassins versants de 0.6-0.7 ha à fortes pentes, l'un étant maintenu en culture par défriche-brûlis traditionnel de maïs avec jachère de 2 ans, l'autre étant cultivé en Job's tears en semis direct sous couverture de *Brachiaria ruziziensis*. Les stocks de carbone et la composition isotopique (¹³C/¹²C) des matières organiques des sols, avant et après expérimentation, ont été mesurés sur des fractions granulométriques provenant des 40 premiers cm de sols. L'utilisation de coefficients de variation nous a permis d'optimiser le nombre de mesures nécessaires.

Abstract. Carbon Sequestration in two farming systems in Laos : conventional versus mulch with no tillage.

In the framework of the FFEM program, cultivation experiments involving direct sowing in mulch with no tillage, in contrast to conventional farming systems (slash and burn with or without ploughing), were carried out during 4-5 years, between 2002 and 2007, in two different locations : 1) Ban Napok (Mekong Valley) and 2) the Huay Pano catchment (steep slopes). For the first experiment, 4 repetitions (15 x 25 m) were set up. They involved reference fields cultivated with maize and ploughing and, plots with direct sowing in mulch with no tillage and a *Brachiaria ruziziensis* cover. In the second experiment, two 0.6-0.7 ha sub-catchments with steep slopes were monitored. The reference one was cultivated with maize using slash and burn, without ploughing and with a 2-years fallow control. The second one was cultivated with Job's tears under a *Brachiaria ruziziensis* cover with no tillage. The organic carbon content of the soils and its isotopic (¹³C/¹²C) composition was measured on grain-size fractions of the upper 40-cm soil layers in each case. Variation coefficients determined with soil samples collected for the initial stage allowed a better constrain of the number of measurements required.

Stockage de carbone dans le sol sous semis direct à Madagascar.

Razafimbelo Tantely¹, Albrecht Alain², Ravelojaona Haja¹, Moussa Narcisse³, Razanamparany Celestin³, Rakotoarinivo Christian³, Hubert Razafintsalama³, Michellon Roger^{3,4}, Krishna Naudin^{3,4}, Rabeharisoa Lilia¹, Feller Christian²

¹ Laboratoire des Radioisotopes (LRI) - Service de la RadioAgriculture, Route d'Andraisoro, BP 3383, 101 Antananarivo, Madagascar. <tantely.razafimbelo@ird.fr>

² Institut de Recherche pour le Développement (IRD), Route d'Ambohipo, BP 434, 101 Antananarivo, Madagascar

³ ONG Tany sy Fampanandrosoana (TAFA), BP 266, 110 Antsirabe, Madagascar

⁴ Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD), Ampandrianomby, BP 853, 101 Antananarivo - Madagascar

Résumé

Stocker du carbone dans le sol permet d'améliorer les propriétés physico-chimiques du sol mais aussi de lutter contre l'effet de serre. Une étude des stocks de carbone dans le sol sous différents systèmes en semis direct sous différents contextes pédo-climatiques a été effectuée à Madagascar sur les Hautes Terres (Antsirabe, 1 type de sol), le sud-Est (Manakara, 3 types de sol) et le sud (Tuléar, 2 types de sol). Les systèmes en semis directs étudiés comportent des systèmes à couverture végétale morte (SDm) et/ou vivante (SDv). Ils sont comparés à des systèmes de labour conventionnel (LB), ou des jachères (JA). Sur la région des Hautes Terres et sur sol ferrallitique argileux, les stocks de C sous SDm et SDv sont significativement plus élevés que sous LB à 0-20 cm, et il n'y a pas de différence entre les systèmes à 0-40 cm. Pour la région sud-est, sur sol hydromorphe et sol ferrallitique argileux, il n'y a pas de différence de stock entre SDm, SDv et LB à 0-20 ou 0-40 cm, alors que sur sol ferrallitique argilo-sableux, le stock de C est significativement plus élevé à 0-20 cm sous SDm que sous LB. Pour la région sud, les stocks de C sont significativement plus élevés sous systèmes en SDv par rapport au LB sur sol argilo-sableux et plus élevés sous SDv par rapport au JA et à la parcelle paysanne sur un sol sableux. Les variations des stocks de carbone du sol par les systèmes en semis direct sont donc dépendantes des différents contextes pédo-climatiques.

Abstract. Soil organic carbon storage in no-tillage systems of Madagascar

Soil organic carbon storage in no-tillage systems with various pedoclimatic conditions was studied in Madagascar Highlands (Antsirabe, 1 soil type), Madagascar south-east (Manakara, 3 soil types) and south (Tuléar, 2 soil types). Two no-till systems were studied, no-till with mulch (SDm) and no-till with cover crops (SDv). These systems were compared with conventional tillage systems (LB) or fallows (JA). In Madagascar Highlands, on the clayed ferralsol, the soil organic carbon (SOC) stocks in SDm and SDv were significantly higher than in LB at 0-20 cm depth, and no-difference were found at 0-40 cm. In Madagascar south-east, on the hydromorphic and clayed ferrallitic soils, there were no significant difference in SOC stocks between SDm, SDv and LB at 0-20 and 0-40 cm depths, however SOC stocks in were significantly higher in SDm than in LB on the sandy clayed ferralsol soil at 0-20 cm depth. In the south of Madagascar, SOC stocks were higher significantly in SDv than in LB for the sandy clayed ferralsol, and there were no-significant difference of SOC stocks between SDv and JA for the Acrisol. In conclusion, the no-tillage effects on SOC can change with pedoclimatic conditions.

COMMUNICATIONS ORALES Symposium 2 :

Diversité et abondance des organismes du sol : leurs fonctions dans les services écosystémiques

(Symposium 2.Communication orale introductive)

Jean-Luc Chotte¹, Komi Assigbetse¹, Ezekiel Baudouin², Eric Blanchart¹, Alain Brauman¹, Lydie Chapuis-Lardy³, Cécile Villenave¹

¹ IRD UR179 SeqBio, 2 place Viala, bâtiment 12, 34060 Montpellier cedex 1, France

² IRD UR179 SeqBio, LEMSAT - BP 1386, Dakar, Sénégal

³ IRD UR179 SeqBio, LRI-SRA Université d'Antananarivo, BP 434, 101 Antananarivo, Madagascar

Résumé

Le sol est formé à l'interface de la biosphère, de l'atmosphère et de la lithosphère. Ce milieu polyphasique est le siège de nombreux cycles bio-géochimiques. Il assure, au sein des écosystèmes, diverses fonctions, dont les intensités dépendent en grande partie des flux d'énergie et de matière qui le traversent. Ces flux sont régulés par les activités des diverses communautés vivantes qui colonisent le sol.

L'exposé présentera les nouvelles méthodes de caractérisation des micro-organismes du sol (diversité génétique et fonctionnelle). L'importance de chacun des groupes d'organismes du sol dans le bio-fonctionnement du sol sera illustrée à partir d'exemple de la littérature. Une attention particulière sera accordée dans ces exemples aux interactions biotiques qui s'établissent entre ces organismes et à leurs conséquences sur les fonctions de ces communautés au sein des écosystèmes en relation avec les modes d'usage de terre et en particulier la gestion des ressources organiques et la pratique du semis direct sous couvert végétal.

Abstract. Diversity and Abundance of soil organisms : Their functions in soil ecosystem services

Soils are formed at the interface of the biosphere, the atmosphere and the lithosphere. This polyphasic medium shelters many biogeochemical cycles. Soils provide, within the ecosystems, various functions, whose intensities depend mainly on fluxes of energy and matter, which cross it. These fluxes are controlled by the activities of the very diverse organisms inhabiting the soils.

The talk will present some of the new methods of characterization of soil microorganisms (genetic and functional diversity). The importance of each soil biota on soil functioning will be illustrated from the literature. A special attention will be given in these examples to the biotic interactions, which are established between these organisms and their impacts biological functions within the ecosystems. These examples will compare different land uses in relation with the management of organic resources (e.g. direct seedling mulched-based cropping systems).

Fonctionnement du sol sous SCV au Brésil et à Madagascar : Abondance et rôle des ingénieurs du sol sur la dynamique du carbone du sol

Eric Blanchart¹, Bernard Barthès¹, Martial Bernoux¹, Lydie Chapuis-Lardy², Jean-Luc Chotte¹, Jean-Marie Douzet³, Virginie Falinirina², Christian Feller², Bodovololona Rabary⁴, Richard Randriamanantsoa⁴, Alain Ratnadass³, Tantely Razafimbelo², Eric Scopel⁵, Cécile Villenave¹

¹ IRD UR179 SeqBio, 2 place Viala, bâtiment 12, 34060 Montpellier cedex 1, France

² IRD UR179 SeqBio, LRI – Université d'Antananarivo- BP 434, 101 Antananarivo, Madagascar;

³ CIRAD, URP/SCRiD, BP 230, Antsirabe, Madagascar

⁴ FOFIFA URP SCRiD c/o FOFIFA B.P. 1690, Antananarivo, Madagascar

⁵ CIRAD, EMBRAPA-CPAC, Brasilia, Brésil

Les systèmes en semis direct sous couverture végétale (SCV) dans les tropiques sont souvent décrits comme diminuant l'érosion, augmentant le stockage du carbone, diminuant les émissions de gaz à effet de serre et augmentant la production de biomasse. Les organismes du sol, microorganismes et faune, semblent également être fortement modifiés dans les systèmes SCV si on les compare à des systèmes traditionnels labourés.

Nous présentons ici des résultats concernant l'abondance (en termes de densité et de biomasse) de la macrofaune du sol dans des systèmes SCV, traditionnels et dans des systèmes naturels au Brésil (Rio Verde) et à Madagascar (Antsirabe). Dans une deuxième partie, nous analysons et discutons le rôle des principaux ingénieurs du sol (vers de terre et larves de Coléoptères) sur la dynamique du carbone du sol. Le rôle des ingénieurs du sol a été étudié par des expériences en laboratoire et au champ à Madagascar. Au laboratoire, nous avons observé que les larves de Coléoptères concentraient le carbone organique dans leurs déjections, à la différence des vers de terre endogés. Dans une expérience au champ en mésocosmes, nous avons étudié l'effet des vers de terre endogés sur la matière organique du sol et le biofonctionnement du sol, en fonction de la localisation et de la qualité de résidus apportés. Dans cette expérience à court terme (5 mois), nous avons observé que les vers de terre augmentaient le taux de carbone dans les turricules mais que ce carbone n'était pas protégé contre la minéralisation.

Abstract. Soil functioning in DMC systems in Brazil and Madagascar: abundance and role of soil ecosystem engineers on soil carbon dynamics

Direct seeding mulch-based cropping (DMC) systems in the tropics are often described as decreasing erosion, increasing soil carbon storage, decreasing greenhouse gas emissions and increasing biomass production. Soil biota, either microorganisms or fauna, are also said to be strongly modified in DMC systems when compared to traditional tilled systems.

Here we present results concerning the abundance (in terms of density and biomass) of soil macrofauna in DMC, traditional and natural systems from Brazil (Rio Verde) and Madagascar (Antsirabe). In a second part we analyse and discuss the role of the main ecosystem engineers (earthworms and Coleopteran larvae) on soil carbon dynamics. The role of ecosystem engineers was approached by laboratory and field experiment in Madagascar. In laboratory, we observed that Coleopteran larvae concentrate organic carbon in their faeces at the difference of endogeic earthworms. In a mesocosm field experiment we studied the effect of endogeic earthworms on soil organic matter and soil functioning according to the localization and quality of residues. In this short-term experiment (5 months) we observed that earthworms increased the amount of soil carbon in their casts and that this carbon was not protected against mineralization.

Impacts d'un système de culture à base de riz pluvial et de semis direct sur couverture végétale (SCV) sur la macrofaune du sol à Madagascar, avec référence particulière aux effets sur la production du riz

Ratnadass A.¹, Randriamanantsoa R.², Rajaonera T.E.², Rafamatanantsoa E.², Ramahandry F.², Ramarofidy M.² & Michellon R.³

¹ CIRAD – URP/SCRiD, BP 853, Antananarivo, Madagascar < ratnadass@cirad.fr >

² FOFIFA – URP/SCRiD, BP 230, Antsirabe, Madagascar < r.randriam@blueline.mg >

³ CIRAD/TAFA, BP 319, Antsirabe, Madagascar < michellon@cirad.mg >

Résumé

Si les systèmes de culture avec semis direct sur couverture végétale (SCV) démontrent depuis une quinzaine d'années leur capacité à réduire la dégradation des sols et améliorer la productivité des systèmes rizicoles pluviaux à Madagascar, par rapport aux systèmes conventionnels avec labour, leurs effets sur les populations et dégâts des insectes terricoles ravageurs du riz pluvial restent mal connus. Sur les Hauts-Plateaux, on a poursuivi durant les campagnes 2004-05 et 2006-07 à Andranomanelatra et Ibity l'étude des impacts sur la macrofaune tellurique et ses dégâts au riz pluvial (cv FOFIFA 161) du mode de gestion du sol (3 modes en labour et autant en semis direct à partir de 2004-2005) et traitement des semences (association imidaclopride/thirame vs témoin non traité) sur des rotations annuelles riz / soja, conduites depuis 1998 en SCV sur résidus de récolte d'une part, et en labour d'autre part. Alors qu'à Ibity, la tendance observée jusqu'en 2002-03 de réduction des attaques en SCV (tassement des différences entre témoins et traités) par rapport au labour, est allée en se confirmant, l'inverse a été observé à Andranomanelatra. Des explications à ces différences sont avancées en termes de différences entre les deux sites en matière d'entomofaune et de caractéristiques pédologiques.

Abstract. Impact of an upland rice-based Direct seeded, Mulch-based Cropping (DMC) system on soil macrofauna in Madagascar, with particular reference to effects on rice production

While Direct seeded, Mulch-based, Cropping (DMC) systems have shown over ca 15 years their capacity to reduce soil degradation and increase upland rice-based cropping system productivity, as compared to conventional plough-based systems in Madagascar, little is known on their effects on infestation and damage to upland rice by soil insect pests. On the Central Highlands, we continued to monitor during the 2004-05 and 2006-07 cropping seasons at Andranomanelatra et Ibity, the impacts on soil macrofauna and its damage to upland rice (cv FOFIFA 161) of soil management (3 modes under ploughing and direct seeding from 2004-05) and seed treatment (imidacloprid/thirame combination vs untreated control) on annual rice//soybean rotations, conducted since 1998 under DMC system on crop residues on the one hand, and under conventional ploughing on the other. While at Ibity, the trend observed until 2002-03, namely that of a reduction of attacks under DMC system, (translating into a reduced difference between control and seed-treated plots) as compared to conventional ploughing, was confirmed, the opposite trend was observed at Andranomanelatra. Explanations to this discrepancy between the two sites are proposed based on differences in entomofauna and soil traits.

Les vers blancs du riz pluvial d'altitude (*Col. Scarabaeoidea*) à Madagascar : effets de la plante-hôte et de la matière organique du sol sur le comportement larvaire

Richard Randriamanantsoa¹, Alain Ratnadass², Henri-Pierre Aberlenc³, Maximin Y. Rabearisoa¹, Tahina E. Rajaonera¹, Emile Rafamatanantsoa¹ et Bernard Vercambre⁴ (4)

¹ FOFIFA – URP/SCRiD, BP 230, Antsirabe, Madagascar < r.randriam@blueline.mg >

² CIRAD – URP/SCRiD, BP 853, Antananarivo, Madagascar < ratnadass@cirad.fr >

³ CIRAD – UMR CBGP, TA A-55/L, Campus international de Baillarguet (CSIRO), 34398 Montpellier Cedex 5, France < aberlenc@cirad.fr >

⁴ CIRAD – UPR Systèmes canniers, TA B-05/02, Avenue Agropolis, 34398 Montpellier Cedex 5, France < vercambre@cirad.fr >

Résumé :

Sur les Hauts-Plateaux malgaches, les vers blancs (Coleoptera : Scarabaeoidea), représentés par de nombreuses espèces, sont considérés comme des ravageurs majeurs du riz pluvial. Toutefois, cette perception est partiellement erronée, la relation de ces insectes à la culture variant selon les espèces et le statut organique du sol. En microcosmes au laboratoire, les larves du Cetoniidae *Bricoptis variolosa* et du Dynastidae *Hexodon unicolor unicolor* ont présenté un régime saprophage strict, ne causant jamais aucun dommage à la culture. Celles du Melolonthidae *Apycencya* sp. nov. se sont montrées strictement rhizophages, et celles des Dynastidae *Heteronychus* spp (*H. plebejus*, *H. bituberculatus* et *H. arator rugifrons*) et *Heteroconus paradoxus* rhizophages facultatives, ne s'attaquant aux racines de riz qu'en sols pauvres en matière organique. Chez *H. arator rugifrons* et *H. paradoxus*, un effet phagostimulant du fumier de bovin a été mis en évidence, se traduisant par un gain de poids des larves significativement plus élevé dans du sol additionné de paille de riz, en présence de sacs de toile remplis de fumier vs de sol seul ou de sol imprégné d'humus liquide. Ces résultats ouvrent de nouvelles perspectives de gestion des vers blancs, particulièrement avec les systèmes en semis direct sur couverture végétale (SCV).

Abstract. High altitude upland rice white grubs (Col. Scarabaeoidea) in Madagascar: effects of host plant and soil organic matter on larval behaviour

On Malagasy Highlands, white grubs (*Coleoptera* : *Scarabaeoidea*), which show a wide taxonomic diversity, are considered as major pests of upland rice. However, this perception is partly erroneous, as the relationship of these insects to the crop varies according to species and soil organic status. In microcosms in the laboratory, larvae of the *Cetoniidae* *Bricoptis variolosa* and of the *Dynastidae* *Hexodon unicolor unicolor* were found to be obligatorily saprophagous, never damaging the crop. Larvae of the *Melolonthidae* *Apycencya* sp.nov. were found to be obligatorily rhizophagous, and those of the *Dynastidae* *Heteronychus* spp. (*H. plebejus*, *H. bituberculatus* and *H. arator rugifrons*) and *Heteroconus paradoxus* facultatively rhizophagous, attacking rice roots only in organic matter-poor soils. In *H. arator rugifrons* and *H. paradoxus*, a feeding-stimulant effect of cow-dung manure was highlighted, translating into a significantly higher weight gain of larvae in soil added with rice straw, in the presence of small canvas bags filled with manure vs with soil alone, or with soil added with liquid humus. These findings provide new insights for the management of white grubs, particularly Direct seeded, Mulch-based, Cropping (DMC) systems.

Suivi de l'évolution de l'entomofaune et de l'abondance de l'insecte terricole '*Heteronychus* sp' sur riz pluvial sous couverture végétale morte et le contrôle biologique de ce ravageur par utilisation de *Metarhizium anisopliae* en SCV dans la région de l'Alaotra.

Razafindrakoto Raeliarisoa Charlotte¹, Rakotoarisoa Herizo Lalaina¹ et Razafindrakotomamomjy A.²

¹URP-SCRID/(FOFIFA/CENRADERU)Foibe Fikarohana Fampandrosoana ny Ambanivohitra / Centre National de Recherche Appliquée pour le Développement Rural – Centre Régional de Recherche du Moyen Est, B.P 30 Station Alaotra Ambohitsilaozana, Madagascar. Email : nasoanjaka@yahoo.fr

² FOFIFA/CENRADERU/DRA) Foibe Fikarohana Fampandrosoana ny Ambanivohitra / Centre National de Recherche Appliquée pour le Développement Rural – Département de Recherche Agronomique) B.P 1444 Ambatobe Antananarivo - Madagascar.

Résumé

Les observations réalisées sur des cultures sous couverture morte ont montré une grande richesse en entomofaune. Le suivi de leur évolution dans l'espace et dans le temps nous ont permis de voir leur rôle dans le fonctionnement de l'écosystème. Il a été constaté, dans la région d'Alaotra, que les parcelles à couverture morte possèdent une biodiversité élevée et qu'elles renferment aussi des espèces nuisibles aux cultures, entre autre *Heteronychus* sp (Coleoptera, Dynastidae).

Les effets positifs de l'adoption de la technique de SCV sur la fertilité du sol, la réduction de l'érosion et l'augmentation de la production sont bien connus mais l'infestation par les ravageurs, particulièrement l'attaque d'*Heteronychus* sp est considérablement élevée avec ce système. Le contrôle biologique de ce ravageur par *Metarhizium anisopliae* a été étudié au Lac Alaotra. La souche utilisée est efficace sur *Heteronychus* sp. Par contre, son efficacité sur sol labouré et nu est meilleure que sur SCV (sol paillé). Les observations ont montré une interaction entre *Metarhizium* dans le sol et les systèmes des cultures en SCV. Une étude est en cours en vue d'élucider les mécanismes d'infection de ce champignon dans le sol en SCV et de déterminer son efficacité biologique sur *Heteronychus* en SCV comme dans le sol labouré.

Abstract. Changes in entomofauna and abundance of '*Heteronychus* sp' scarabeid under rainfed rice cultivation with direct-seeding, mulch-based cropping systems and biological control of this pest by inoculation of *Metarhizium anisopliae* in the Alaotra lake region (Madagascar).

Observations realised on direct-seeding, mulch-based cropping systems (DMCS) showed richness of insect population. In Alaotra region, the extension of direct-seeded, mulch-based cropping systems has opened up new prospects for upland rice growing. However, while the positive effect of these innovations in terms of reduced erosion, increased fertility and crop productivity are now well documented, pests infestation and damage to crop by insect pests increase with DMCS, particularly for Scarabaeid white grubs and black beetles (particularly *Heteronychus* spp.). Soil pests (Scarabaeid) are considered the most damaging insect groups affecting up land crops as rice and maize in Madagascar.

In Alaotra region, the effectiveness of the fungus *Metarhizium* sp in biological control on *Heteronychus* spp is well established on conventional tillage. *Metarhizium* application was found to work better on conventional tillage than on DMCS management.

The results showed interaction of rice-based DMCS and entomopathogenic treatment of soil. A study in progress in view of elucidating mechanisms at play on entomopathogen-infected fields of cropping systems and the study of the effect of *Metarhizium* sp on white grubs/black beetles in fields under DMCS vs Conventional Tillage management.

Activités biologiques et dynamique de la matière organique du sol sous systèmes de culture en semis direct sur couverture végétale (Hauts plateaux de Madagascar)

¹Bodovololona Rabary, ²Eric Blanchart, ³Zolalaina Andriamanantena, ⁴Catherine Hervouet, ⁵Jean-Marie Douzet, ⁶Roger Michellon, ⁶Narcisse Moussa, ²Jean-Luc Chotte.

¹FOFIFA, URP Système de Culture et Riziculture Durable, BP 230, 110 Antsirabe, Madagascar, <bodo_rabary@yahoo.fr>

²IRD, U.R. SeqBio, ENSAM, 2 place Viala, Bâtiment 12 – 34060 Montpellier Cedex 1

³Etablissement d'Enseignement Supérieur des Sciences Agronomiques, Université d'Antananarivo

⁴CIRAD, UR 18, EMVT TA 30/A, Campus international Baillarguet, 34398 Montpellier Cedex 5

⁵CIRAD, URP Système de Culture et Riziculture Durable, BP 230, 110 Antsirabe, Madagascar

⁶ONG Tany sy Fampandrosoana (TAFA), BP 266, 110 Antsirabe, Madagascar

Résumé

L'impact du mode de gestion du sol sur son biofonctionnement a été étudié sur les hauts plateaux de Madagascar. Le semis direct sur couverture végétale (SCV) est comparé au labour traditionnel (LB) et à la jachère naturelle (JN) concernant la minéralisation des résidus, l'abondance et les activités des microorganismes et de la macrofaune de la litière et du sol. L'étude a été menée à Bemasoandro et Andranomanelatra sur des systèmes contrastés de longue durée, SCV sur résidus et couverture vive, LB et la JN. Le sol sous la JN a les teneurs en C et N les plus élevées. Mais les SCV augmentent la biomasse microbienne, la respiration du sol et certaines activités enzymatiques du sol plus que la JN ($P < 0.05$). De plus les SCV améliorent la densité et la biomasse de la macrofaune. La dynamique de la MO diffère dans les différents systèmes selon la qualité biochimique des entrées. Le LB diminue la qualité biologique du sol. Le SCV est une bonne alternative de gestion du sol mais ses effets sur le biofonctionnement varient selon le choix des cultures, de leurs associations et rotations déterminant la qualité et quantité de MO apportée, elle-même régulatrice du biofonctionnement du sol.

Abstract. Soil biological activities and organic matter dynamics in Direct seeding Mulched-based Cropping systems (Highlands of Madagascar)

The objective of this study was to investigate the impact of soil management on soil biofunctioning in the highlands of Madagascar. Direct seeding Mulch-based Cropping systems (DMC) were compared to conventional tillage (CT) and the natural fallow (NF) on the rate of decomposition and mineralization of residues as well as on the abundance, biomass and activity of litter- and soil-microorganisms and macrofauna. Long term experimentation was used in Bemasoandro and Andranomanelatra. Contrasted cropping systems were studied, DMC on crop residues and on living mulches, CT and the NF. Results showed that the NF soil had the highest C and N content, however DMCs increased microbial biomass, soil respiration and nutrient cycling except for urease activity which was very high in NF ($P < 0.05$). Depending on biochemical quality of the inputs, the dynamics of OM is different in the different systems. Management influenced macrofauna density and biomass. This study shows that the CT was detrimental to soil biological quality. DMC is a good soil management alternative but its effects on soil biofunctions depend on the choice of crops, crop association or rotation and the quality and quantity of OM added to soil which regulating major soil processes and functions.

Les nématodes, reflet du fonctionnement biologique des sols en semis direct sous couverture végétale

Cécile Villenave¹, Djibril Djigal¹, Eric Blanchart¹, Alain Ratnadass², Jean-Luc Chotte¹, Bodovololona Rabary³

¹IRD, U.R. SeqBio, ENSAM, 2 place Viala, Bâtiment 12 – 34060 Montpellier Cedex 1

²CIRAD, URP Système de Culture et Riziculture Durable, BP 230, 110 Antsirabe, Madagascar

³FOFIFA, URP Système de Culture et Riziculture Durable, BP 230, 110 Antsirabe, Madagascar,

Résumé

La nématofaune des sols est constituée de nématodes phytoparasites, bien connus pour les dégâts qu'ils peuvent occasionner sur les cultures, ainsi que de nématodes libres dont une grande part est microbivore. Du fait de l'abondance et de la diversité des nématodes dans les sols ainsi que de leurs caractéristiques biologiques, ces organismes sont de bons candidats à leur utilisation comme bio-indicateurs de l'état du sol.

La nématofaune du sol a été étudiée 3 années successivement dans des systèmes SCV mis en place depuis plus de 10 ans à Madagascar (Antsirabé). La composition et la structure de la nématofaune est clairement différente en fonction du travail du sol et de la couverture végétale dans les systèmes étudiés. La structure de la nématofaune est stable au cours du temps pour la période d'étude et est caractéristique des pratiques culturales.

Abstract. Nematofauna reflects soil biological functioning of no- tillage with cover crops and conventional agrosystems

The nematofauna soil consists of plant parasitic nematodes (well known for the damage they cause to crops), as well as free-living nematodes which are for a large part microbivore. Because of the abundance and diversity of soil nematodes and of their biological characteristics, these organisms are good candidates to be use as bioindicators of soil conditions. The soil nematofauna was studied during 3 years in a long-term experiment with contrasting treatments (conventional tillage or no-tillage with or without permanent cover crops) in Madagascar (Antsirabé). The composition and structure of the nematofauna was clearly different between treatments according to tillage and cover crops. The structure of the nematofauna was stable over time for the period of study and was characteristic of the farming practices.

COMMUNICATIONS ORALES Symposium 3 :

Éléments nutritifs majeurs et mineurs dans les sols tropicaux en semis direct sous couvertures végétales (*Symposium 3. Communication orale introductive*)

Lilia Rabeharisoa

Laboratoire des Radio Isotopes, Route d'Andraisoro
B.P.: 3383 101 Antananarivo Madagascar
E-mail: lilia.rabeharisoa@ird.fr

Résumé

La disponibilité des éléments nutritifs dépend en grande partie des caractéristiques physiques et chimiques propres à chaque sol. Cette disponibilité représente un enjeu important dans les sols tropicaux très souvent acides, à faible teneur en matière organique, à fort pouvoir de rétention de ces éléments. Ces sols sont aussi de plus en plus vulnérables aux différents types de dégradations. Ces dégradations sont accentuées par les changements climatiques qui ont des impacts négatifs sur les fonctions environnementales des sols. Les systèmes de cultures en semis direct sous couvertures végétales, caractérisés par une forte activité biologique au niveau de la rhizosphère, se trouvent être une alternative prometteuse pour la gestion de la qualité des sols tropicaux. A Madagascar, le phosphore constitue avec l'aluminium échangeable l'un des premiers facteurs limitants de la productivité agricole. Grâce aux modifications du fonctionnement biologique des sols, les mécanismes permettant la libération du phosphore semblent être plus marqués sous semis direct sous couvertures végétales en comparaison avec le système classique de labour, et se trouvent être en synergie avec la mise à disposition d'autres éléments, comme l'azote, le calcium et le magnésium.

Mots clés : disponibilité, sols tropicaux, phosphore, MO, aluminium échangeable

Abstract. Major and minor plant nutrients in tropical soils under direct seeding, mulch-based cropping systems

Availability of nutrients depends mainly to the intrinsic physical and chemical characteristics of each soil. This availability represents an important stake in tropical soils more often acid, with low organic matter, highly weathered materials with considerable capacity to retain elements. These soils are also more and more vulnerable to different types of degradations. Degradations are improved by climate changes that have negative impacts on the environmental functions of soils. The cultures in direct-seeded under plant cover (systems SCV), characterized by a high biological activity in the rhizosphere seem to be a promising alternative for the management of tropical soils quality. In Madagascar, phosphorus constitutes with exchangeable aluminium the first limiting factors of crop productivity. Due to modifications of the biological functioning of soils, mechanisms of acquisition of phosphorus could be much more pronounced in SCV in comparison to the conventional tillage, and seem to be in synergy with the acquisition of other nutrients, such as nitrogen, calcium and magnesium.

Key words: availability, tropical soils, phosphorus, organic matter, exchangeable aluminium

Dynamique et valorisation de l'azote dans les systèmes de culture en semis direct avec couverture végétale (SCV) des Cerrados Brésiliens.

E. Scopel ⁽¹⁾, A. Maltas ⁽²⁾, M. Corbeels ⁽³⁾, F.A. Macena Da Silva ⁽⁴⁾,

F. Affholder ⁽²⁾, J.M. Douzet ⁽⁵⁾, R. Oliver ⁽⁶⁾, N. Schaller ⁽²⁾, A. Cardoso⁽⁴⁾

- (1) Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement - CIRAD, Département PERSYST, UMR SYSTEM, Embrapa Cerrados, Planaltina, DF, Brésil.
eric.scopel@cirad.fr
- (2) Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement - CIRAD, Département PERSYST, UMR SYSTEM, SupAgro Montpellier, 2 place Viala, 34060 Montpellier, France.
- (3) Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement - CIRAD, Département PERSYST, UMR SYSTEM, TSBF, Harare, Zimbabwe.
- (4) Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA, Embrapa Cerrados, Planaltina, DF, Brésil.
- (5) Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement - CIRAD, Département PERSYST, UPR SCRID, BP 230, Antsirabe, Madagascar.
- (6) Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement - CIRAD, Département PERSYST, UPR Risque environnemental lié au recyclage, Montpellier.

Résumé

Sous climats tropicaux humides à sub-humides, la gestion de l'azote pose souvent problème pour une production agricole durable. Une étude réalisée dans les Cerrados brésiliens a montré que les systèmes SCV peuvent améliorer la valorisation de cet élément. Sur le long terme, les moindres pertes par érosion et la forte restitution de résidus avec ces systèmes contribueraient à une augmentation de $83 \text{ kg ha}^{-1} \text{ an}^{-1}$ des stocks de N total du sol. Ainsi, les SCV permettent après 10 ans d'application d'augmenter de 25 kg ha^{-1} l'azote minéralisé durant les 120 jours du cycle du maïs. Sur le court terme, on constate que les résidus se décomposent lentement en surface du fait de leur faible surface de contact avec la matrice sol, sans qu'il y ait d'immobilisation en début de cycle par le pool microbien. Il y a parfois peu de différences liées à la nature de la plante intercalaire de couverture utilisée. Toutefois cette couverture peut jouer un grand rôle dans le recyclage de l'azote et diminuer ainsi les pertes totales par lixiviation de 25 à 50 %. En effet, ces pertes sont d'autant plus importantes qu'un important pool de N minéral est présent dans le profil en début de saison des pluies parce que non valorisé par une plante de couverture en fin de cycle précédent.

Summary. Nitrogen dynamics and valorization for mulch-based cropping systems with direct seedings in the Brazilian Cerrados

Under humid or sub-humid tropical conditions, nitrogen is very often a limiting factor for agricultural production and its sustainability. A study conducted in the Brazilian Cerrados demonstrated that direct seeding mulch-based cropping systems (DMC) improve N-use efficiency by crops in such climates. On a long-term basis, N accumulated in soil organic matter at an average rate of $83 \text{ kg ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$ as a result of increased crop residue inputs to the plant-soil system. After ten years of continuous DMC, the amount of N mineralized during the maize growing cycle (120 days) increased with 25 kg N ha^{-1} .

At the short-term scale, the rate of decomposition of the residues was slow, primarily due to reduced contact with soil. There was no phase of N immobilization caused by decomposing microorganisms. The type of cover crop had little effect on N supply. Nevertheless, the introduction of a cover crop can increase consistently N-use efficiency, reducing mineral N leaching by 25 to 50 %. The potential for N losses is indeed particularly high, since important amounts of residual mineral N are present in the soil profile at the beginning of the growing season when no cover crop has been grown.

Dynamique des nutriments (N, P, K, Ca, Mg) dans les sols sous semis direct avec couverture végétales (SCV) : cas du Cerrado brésilien.

Balbino L.C.¹, Lopez de Oliveira M.I.¹, Neía Eberhardt D.¹, Corazza E.¹, Moreira de Carvalho A.¹, Becquer T.², Scopel E.³

¹ Embrapa Arroz-Feijão, Goiania, GO, Brésil

² IRD, Brésil, Brasilia

³ Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement - CIRAD, Département PERSYST, UMR SYSTEM, Embrapa Cerrados, Planaltina, DF, Brésil.

Près de la moitié (48,8%) des 206 millions d'hectares de l'écosystème de savanes tropicales du Cerrado brésilien, correspondent à des Ferralsols. Ces derniers sont des sols désaturés et acides, avec de fortes quantités d'aluminium échangeable, présentant de nombreux problèmes de disponibilité en certains éléments et limitant la croissance de nombreuses espèces cultivées.

Les amendements en calcaire et en phosphore de ces sols ont permis de diminuer l'impact de ces facteurs limitants, mais des systèmes de culture basés sur le semis direct avec plantes de couverture (SCV) ont également montré des avantages dans la dynamique de certains éléments nutritifs. Ainsi, en comparaison avec des systèmes reposant sur une préparation conventionnelle du sol la dynamique de minéralisation de la matière organique du sol se voit retardée, favorisant ainsi l'accumulation du carbone et des éléments organiques liés et limitant les pertes de nitrate par lixiviation. Concernant le P, les SCV contribuent également à une meilleure valorisation en jouant sur la part organique de cet élément dans le système. Par exemple certaines plantes de couvertures comme *Cajanus cajan* contribuent à améliorer sa biodisponibilité. De même, des systèmes d'intégration Agriculture-Elevage (IAE) basés sur l'incorporation de plantes fourragères au milieu d'une culture commerciale favorisent l'absorption globale des nutriments par les plantes. La plante fourragère permet de recycler une partie des ions NO_3^- , K^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+} qui seraient sinon lixiviés.

Effets des systèmes de culture sur la fertilité des sols d'un bassin versant cultivé sur fortes pentes dans le Nord du Laos

Sengtaheuanghoung O¹, de Rouw A.², Chanphengxay A.², Soullileuth B.²

¹ NAFRI / UR 176 Solutions IRD, BP06, Vientiane, Laos

² UR 176 Solutions IRD, Bondy-Montpellier, France

Résumé

En vue de suivre l'influence sur la fertilité des sols des systèmes de défriche-brûlis, les sols d'un bassin versant du Nord du Laos (Houay Pano, 67 ha) ont été échantillonnés à huit années d'intervalle (1998 et 2006). Les pratiques culturales et la dynamique de la végétation ont été suivies au cours de cette période sur chacune des 36 parcelles constituant ce bassin versant. Ces deux séries de 47 échantillons (0-10 cm) montrent que le maximum de réduction des matières organiques du sol (M.O., de 4,2% à 2,9%) est observé sur les crêtes boisées où le sous-bois est régulièrement détruit par le feu. Ce taux de MO reste stable sur les crêtes non soumises au feu. Les taux moyens de réduction de la M.O ont été de 0,3% pour des cycles de 4 années de jachère ou plus suivi d'une année de culture, de 0,6% pour des jachères courtes de 2-3 ans, et de 0,5% pour les champs cultivés une année sur deux, ceux-ci situés en bas de pente bénéficiant des apports de sédiments provenant des versants. Ces données, et celles concernant le pH et NPK, seront confrontées à celles obtenues sur le même bassin pour un système de semis direct sous couvertures végétales.

Abstract. Effects of the farming systems on soil fertility in a cultivated upland catchment of northern Laos

In order to monitor the effects on soil fertility of slash and burn systems in a catchment of northern Laos (Houay Pano, 67 ha), soil samples were collected at eight years of interval (1998 and 2006). The cultivation practices and vegetation dynamics were also monitored over the same period on each of the 36 plots forming this catchment. These two series of 47 samples (0-10 cm) show that the maximum of soil organic matter decline (SOM; from 4.2% to 2.9%) was observed on the wooded crests where patches of forest were subject to ground fire. SOM remained stable on hill tops covered with forest comprising an under storey. The average rates of SOM decline were 0.3% for cycles of 4 years of fallow – 1 year of culture, 0.6% for short fallow of 2-3 years, and 0.5% for the cultivated fields one year out of two. Those latter fields are mostly situated lower slope where they could gain from sediment inputs from the hillslopes. These data, and those concerning pH and NPK, will be compared with those obtained on the same basin for a system of direct drilling under vegetable covers.

Abstract submitted in March 2007

Systèmes durables avec minimum d'intrants à Madagascar : semis direct sur couverture végétale permanente avec écobuage.

Michellon R. ⁽¹⁾, Narcisse M. ⁽²⁾, Razanamparany C. ⁽²⁾, Razakamiaramanana ⁽³⁾, Husson O. ⁽⁴⁾, Seguy L. ⁽⁵⁾

⁽¹⁾ CIRAD/TAFA, BP 266, Antsirabe 110, Madagascar, <michellon@cirad.fr>

⁽²⁾ TAFA, BP 266, Antsirabe 110, Madagascar, <tafaantsirabe@wanadoo.mg>

⁽³⁾ FOFIFA, BP 230, Antsirabe 110, Madagascar, <fofifa-abe@wanadoo.mg>

⁽⁴⁾ CIRAD/GSDM, BP 6039, Antananarivo 101, Madagascar, <husson@cirad.fr>

⁽⁵⁾ CIRAD, CP 504 Agencia Central, 74001-970 Goiânia GO, Brésil, <seguy@cirad.fr>

Résumé

Sur les Hautes-Terres de Madagascar, la pression démographique accélère la mise en culture des collines aux sols fragiles et peu fertiles. Les fumures étant limitées, les rendements restent faibles. Une technique traditionnelle : l'écobuage, permet de restaurer la fertilité des sols et d'augmenter les productions grâce à la combustion lente de matériaux organiques dans des tranchées recouvertes de terre.

Associé au semis direct sur couverture végétale permanente, l'écobuage améliore les propriétés du sol, avec une élévation du pH et une libération d'éléments minéraux (P, K, Ca, ...) sous des formes plus disponibles pour les plantes.

L'effet est spectaculaire et conduit à une production de riz pluvial équivalente à celle que procure une forte fumure minérale, inaccessible financièrement aux agriculteurs. Tous les combustibles utilisés augmentent la production de manière significative par rapport au témoin non écobué. Un arrière effet subsiste en deuxième année, en particulier sur sol volcanique riche en matière organique.

Les agriculteurs ont adapté cette technique sur pomme de terre et obtenu des rendements élevés. L'écobuage associé au semis direct permet donc de construire des systèmes de culture durables répondant à leurs besoins.

Abstract : Sustainable cropping systems with minimal inputs in Madagascar : direct seeding on permanent soil cover with soil smouldering.

In the Hautes-Terres region of Madagascar, high demographic pressure is accelerating the conversion of hilly areas with fragile and relatively infertile soils into crop land. As fertilizers use are limited because farmers can't afford to, crop yields remain low. A traditional technique : soil smouldering, allows recovery of soil fertility and increase in production by slow burning of organic material in trenches, covered with soil.

Combining soil smouldering with direct seeding on permanent soil cover improves subsoil properties, with an increase in pH and release of minerals (P, K, Ca, ...) in forms that are readily assimilable by crops.

The effects of this strategy were found to be spectacular, i.e. boosting upland rice yields to levels that could be achieved with high chemical fertilizer inputs - to which farmers have no access for financial reasons. All fuels used significantly increased crop yields compare to the control (without soil smouldering). A residual effect was noted in the second year, especially on volcanic soils with high organic matter content.

Farmers have already used this technique to grow potato with extremely attractive results. Hence, sustainable cropping systems that fulfil farmers' need can be developed through the use of soil smouldering associated with direct seeding techniques.

Evaluation du potentiel infectieux mycorrhizogène du sol en semis direct du dispositif d'Andranomanelatra de l'ONG Tafa Antsirabe

B. Rasoamampionona^{1 2}, L. Rabeharisoa², A. Andrianjaka¹, R. Michellon^{4 5}, N. Moussa⁴, T. Razafimbelo², C. Planchette⁶

¹ Université d'Antananarivo, Faculté des Sciences, Département de Biologie et Ecologie Végétales, Laboratoire de Physiologie Végétale, BP 906 Antananarivo 101, Madagascar

² Université d'Antananarivo, Laboratoire de Radio Isotopes, Service de Radioagronomie Ampandrianomby, BP 3383 Antananarivo 101, Madagascar

⁴ ONG Tafa, BP 266, 110 Antsirabe Madagascar.

⁵ CIRAD, Ampandrianomby, BP 853, 101 Antananarivo, Madagascar.

⁶ INRA, UMR Biologie et Gestion des Adventices, 17 rue Sully, 21065 Dijon cedex France.

Résumé

Sur les Hautes Terres de Madagascar, le rendement agricole est faible du fait de la dégradation de la fertilité du sol. La teneur en phosphore soluble est basse.

Actuellement, l'agriculture s'oriente vers des systèmes plus durables en tenant compte des interactions biologiques dans le sol. Les champignons mycorrhiziens à arbuscules (MA) apparaissent comme les organismes à prendre en considération.

En effet les mycorrhizes résultent de l'association symbiotique des champignons MA avec les racines des plantes. Ces symbioses sont directement impliquées dans l'amélioration de la nutrition minérale, dont le phosphore, l'absorption de l'eau et la protection contre certains agents pathogènes telluriques.

Les pratiques culturales peuvent influencer l'évolution des populations de champignons MA. Les premières investigations sur l'état de mycorrhization du sol de la région ont été réalisées en 2002. L'observation des racines d'une vingtaine de plantes, prélevées en sols cultivés et non cultivés, nous a permis de constater que la mycorrhization était peu développée.

Par ailleurs, nous avons évalué le potentiel infectieux mycorrhizogène (PIM) du sol provenant des parcelles du dispositif d'Andranomanelatra de l'ONG Tafa âgé de plus de dix ans. Nous avons étudié l'effet de la rotation des cultures maïs/soja, le semis direct sur résidus de cultures ou couverture végétale morte, la fertilisation et le précédent cultural sur le PIM du sol. La méthode d'évaluation est basée sur un test biologique. Une plante mycotrophe (le soja) est cultivée dans des vases de végétation contenant le sol de différentes parcelles et se développe sous serre. Le sol des parcelles en semis direct sur résidus de cultures présente un PIM élevé que celui du système labouré, ce qui a un effet positif sur la production du soja.

Mots-clés : potentiel infectieux, semis direct, hautes terres, champignons mycorrhiziens à arbuscules, pratiques culturales, résidus des cultures.

Abstract. Assessment of the mycorrhizal soil infectivity in direct sowing of Andranomanelatra experiment of ONG Tafa at Antsirabe

In the highlands of Madagascar, the yield agricultural is low because of the soil fertility degradation. The phosphorus bioavailability is very low.

Nowadays, the agricultural bearings towards sustainable cropping systems to take account of the biological interactions in the soil. The arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) appear as the organism to be considered.

In fact, the mycorrhiza results from a symbiotic association between a fungus and the plant's roots. These symbioses are directly implied to improve mineral nutrition, particularly phosphorus, water absorption and protection against some telluric pathogens agent.

The agricultural practices may influence population development of AMF. The first investigation on the status of soil mycorrhization in the area of Antsirabe was realized in 2002. The microscopic observation of twenty plant roots permit us to note that mycorrhization was less developed.

Moreover, the mycorrhizal soil infectivity (MSI) of an experiment set up at Andranomanelatra (ONG TAFA) for more ten years was evaluated. The effect of the rotation maize/soybean, the direct seedling under residue of crops, the fertilization and precedent crop were studied. The method of assessment is based on biological test. A highly mycotrophic plant (soybean) was cultivated in pots containing the soil of different plots under greenhouse conditions. The soil of the plot direct seedling under residual crops shows a higher MSI than that of the ploughed plot system which have a positive effect on the production of soybean.

Keywords: mycorrhizal infectivity, direct seedling, highland, arbuscular mycorrhizal fungi, agricultural practices, residual crops.

Bilan du phosphore dans des Ferralsols malgaches cultivés selon deux systèmes de culture, l'un avec semis direct sous couvert végétal et l'autre avec labour

Harilala [Andriamaniraka](mailto:harilala@yahoo.fr)¹, Lilia Rabeharisoa², Roger Michellon³, Narcisse Moussa⁴, Christian Morel⁵

¹ Université d'Antananarivo, Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques, Département Agriculture, BP 175 Ankatso 101 Antananarivo, Madagascar, <j.harilala@yahoo.fr> ou <handriam@bordeaux.inra.fr>

² Laboratoire des Radio Isotopes, Service de la Radioagronomie, BP 3383, Route d'Andraisoro, 101 Antananarivo, Madagascar, <lrabehar@refer.mg>

³ CIRAD/ONG Tafa, BP 266, 110 Antsirabe, Madagascar, <michellon@cirad.mg>

⁴ ONG Tafa, BP 266, 110 Antsirabe, Madagascar

⁵ UMR INRA-ENITAB Transfert sol-plante et Cycle des Eléments Minéraux dans les écosystèmes cultivés (TCEM), BP 81, 33883 Villenave-d'Ornon cedex, France, <morel@bordeaux.inra.fr>

Résumé

L'amélioration de la fertilité naturelle des ferralsols, largement représentés à Madagascar, nécessite la mise au point de systèmes de culture qui assurent la durabilité du fonctionnement de l'écosystème. Les cultures en semis direct sous couverture végétale (systèmes SCV) ont été proposées comme une alternative possible à des systèmes plus conventionnels basés sur le labour du sol. Leur impact sur les rendements des cultures (succession riz/soja ou maïs/soja), leur teneur en phosphore (P) et les bilans annuel et cumulés de P ont été suivis pendant plusieurs années dans trois dispositifs expérimentaux de la région d'Antsirabe. Le bilan annuel est la somme des flux annuels entrants (fertilisation minérale et organique) et sortants (exportations dans les organes récoltés) de P. Deux régimes de fertilisation, l'un ayant un bilan équilibré et l'autre positif, étaient croisés aux systèmes de culture. En moyenne pour les 3 essais, l'accroissement de rendements avec la fertilisation est respectivement de +130% et de +160% pour les systèmes SCV ou labour. A même régime de fertilisation, les rendements sont plus élevés de plus de 50% dans les systèmes SCV pour un bilan cumulé de P sur la période d'expérimentation qui ne varie pas significativement entre les deux systèmes de culture.

Mot-clés : Bilan, Phosphore, ferralsols, systèmes de culture, fertilisation

Abstract. Phosphorus balance in Malagasy cultivated Ferralsols for two cropping systems based on tillage or no tillage practices

The improvement of the natural fertility of the ferralsols, largely represented in Madagascar, requires the development of cropping systems which ensure the durability of the operation of the ecosystem. The cultures in direct-seeded under vegetable cover (systems SCV) were proposed like a possible alternative to more conventional systems based on the plowing of soil. Their impact on the crop yield (succession rice/soybean or maize/soybean), their phosphorus (P) content and the balance annual and cumulated of P were followed during several years in three experimental devices of the area of Antsirabe. The annual balance sheet is the sum of entering annual flows (mineral fertilization and organics) and outgoing (exports in the collected bodies) of P. Two modes of fertilization, one having a balanced assessment and the other positive one, were cross with the cropping systems. On average for the 3 tests, the increase in outputs with the fertilization is respectively +130% and +160% for the systems SCV or plowing. With same mode of fertilization, the yield are higher of more than 50% in systems SCV for a balance cumulated of P over the period of experimentation which does not vary significantly between the two farming systems.

Keywords : Balance, Phosphorus, ferralsols, cropping systems, fertilization

Dynamique et offre d'azote minéral des sols ferrallitiques sur alluvions volcano-lacustres de la région du Vakinankaratra des Hauts Plateaux Malgaches, en semis direct sous couverture végétale.

J.Rakotoarisoa ⁽¹⁾, R.Oliver ⁽²⁾, E.Scopel ⁽³⁾, J.Dusserre ⁽⁴⁾, B.Muller ⁽⁵⁾, J.M. Douzet ⁽⁴⁾, R.Michellon ⁽⁶⁾, N.Moussa ⁽⁶⁾ A.L.Razafinjara ⁽⁷⁾, J.Rarojason ⁽⁸⁾

- (7) FOFIFA-Unité de Recherche en Partenariat en Systèmes de culture et Rizicultures Durables, Département de Recherche Rizicole, BP 1690 Antananarivo 101 Madagascar. j.rakotoarisoa@cirad.mg
- (8) Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement- CIRAD, Département PERSYST, UPR RELIER, Avenue Agropolis, 34398 cedex 5, Montpellier France
- (9) Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement - CIRAD, Département PERSYST, UMR SYSTEM, Embrapa Cerrados, Planaltina, DF, Brésil.
- (10) Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement- Unité de Recherche en Partenariat en Systèmes de culture et Rizicultures Durables Département PERSYST, BP 230 Antsirabe 110 Madagascar
- (11) Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement, Département BIOS, CERAAS-ISRA HP Sénégal
- (12) ONG TAFA, Tany sy Fampandrosoana B.P. 266 Antsirabe 110
- (13) FOFIFA-Direction Générale BP 1690 Antananarivo 101 Madagascar
- (14) FOFIFA-Département de Recherche Rizicole, Laboratoire de Pédologie BP 1690 Antananarivo 101 Madagascar.

Résumé

Sous climat tropical d'altitude du Vakinankaratra, la dynamique et l'offre en azote minéral de deux types de systèmes sur couverture végétale (SCV), pendant le cycle cultural du riz pluvial ne se distinguent pas suivant le type de couverture mais plutôt selon leur âge et leur mode de gestion du sol. Leur différence en offre d'azote se répercute sur son bilan entrées-sorties. Le Riz/maïs+soja fertilisé affiche un bilan positif en labour comme en SCV. Toutefois, une translation verticale de cet élément de la surface vers la profondeur est observée en toute période. En profondeur (120-150cm) s'accumulent 200 à 400 kg N ha⁻¹. En surface (0-30cm) par contre, cette quantité se situe entre : 25 - 50 kgha⁻¹. Cette capacité de rétention d'azote est liée à la composition minéralogique du sol du site et de son appartenance aux ordres de sol, présentant, en pH acide, de charges électropositives développées par les oxydes et hydroxydes de Fe et Al. La détermination de la capacité d'échange cationique et anionique selon Zelazny et collaborateurs dans une gamme de pH et celle du coefficient de partage entre la phase solide et liquide du sol, a permis de comprendre la façon dont les nitrates sont retenus.

Mots clés : systèmes de culture sur couverture végétale, azote minéral, sols à charges variables

Abstract. Mineral nitrogen dynamics in Ferrallitic soils of Vakinankaratra region (Malagasy highlands) under direct seeding, mulch-based cropping systems

In Vakinankaratra region under altitude tropical climate, mineral nitrogen dynamics and offer in two types of direct seeding cover crop systems don't distinguish themselves according to the type of their cover crop but according to their ages and their soil management. The differences in these systems mineral nitrogen offer reverberate on their balance input-output on nitrogen. The fertilized rice/maize+soyabean display a distinctly positive balance as well in ploughing that in SCV. Nevertheless, a vertical transfer of the mineral nitrogen from the soil surface to the depth one is observed in all period. The depth horizon (120-150cm) accumulates about 200 to 400 kg ha⁻¹ of mineral nitrogen. In soil surface (0-30cm) on the other hand, the mineral nitrogen is located between 25-50 kgha⁻¹. This nitrogen retention capacity is in relation with the study site soil type mineralogical composition and its adherence to one of the soil orders, presenting, in acidic pH, electropositive charge developed by the Fe and Al oxides and hydroxides. The cationic or anionic exchange capacity determination according to Zelazny and alls, in pH range and the one of the partition coefficient between the soil solid and aqueous phase, permitted to understand the way whose nitrates are kept.

Keywords: direct seeding on cover crop system, mineral nitrogen, soils with variable charge.

COMMUNICATIONS ORALES Symposium 4 :

Érosion et conservation des sols dans des bassins versants du Laos (Symposium 4. Communication orale introductive)

Valentin C. ⁽¹⁾, Huon S. ⁽²⁾, de Rouw⁽¹⁾ A., Ribolzi⁽³⁾ O., Thiébaux J.-P ⁽³⁾, Chaplot⁽⁴⁾ V., Rumpel C. ⁽²⁾, Sengtaheuanghoung O. ⁽³⁾, Xayyathip K. ⁽³⁾

⁽¹⁾ UR 176 Solutions IRD, France, <Christian.Valentin@ird.fr>

⁽²⁾ UMR 7618 Bioemco, Paris, France

⁽³⁾ NAFRI / UR 176 Solutions IRD, BP06. Vientiane, Laos

⁽⁴⁾ UR 176 Solutions IRD, Afrique du Sud

Résumé

Les changements rapides des systèmes de cultures de montagne en Asie du Sud-Est ont entraîné une fréquente dégradation des sols. Le ruissellement, l'érosion, la réduction de fertilité sont non seulement les conséquences et les premiers symptômes de problèmes *in situ* d'usage des terres, ils entraînent également des conséquences négatives à l'aval comme la détérioration de la qualité des eaux, les inondations, la pollution et l'envasement des cours d'eau et des réservoirs. Dans ce contexte, il est essentiel de tester diverses pratiques innovantes de conservation des sols. L'objectif de cet article est de récapituler les principaux résultats obtenus au cours des quatre dernières années dans un bassin versant de 65-ha au nord du Laos, caractérisé par des fortes pentes cultivées sous abattis brûlis. Après une cartographie détaillée du relief et des sols, la collecte de données a porté chaque année sur le climat, l'usage des terres, l'hydrologie et l'érosion (charriage et suspension). En outre, des pratiques ont été testées comme le semis sous couvert vivant. Les résultats montrent clairement que la production de sédiments peut être réduite de 5-11 Mg ha⁻¹ yr⁻¹ à presque zéro dans le cas de techniques de conservation. De telles pratiques pourraient ainsi limiter l'érosion sélective du carbone et augmenter sa séquestration dans les sols. Leur adoption impliquerait toutefois un meilleur contexte économique ou des subventions particulières.

Abstract. Soil erosion and conservation in Laos catchments

Rapid changes in the upland farming systems in Southeast Asia have resulted in widespread soil degradation. Runoff, soil erosion, fertility depletion are not only the primary consequences and symptoms of land mismanagement but are also involved in negative off-site impacts such as flooding, pollution and siltation of water bodies and reservoirs.. In this context, it is essential to assess various innovative land use practises to reduce soil losses. The objective of this paper is to summarize the main results obtained over the last four years in a 65-ha agricultural catchment in Northern Laos, where steep slopes are cultivated by slash and burn agriculture. Topography and soils were carefully surveyed. Monitoring included climatic, hydrologic and erosion (bed load and suspended load) data and land use. In addition, innovative practises were tested including direct sowing and mulch-based conservation practices. Results clearly show that sediment yields can be reduced from 5-11 Mg ha⁻¹ yr⁻¹ under the current slash and burn system to nearly nil when appropriate practices are selected. Such practices could thus limit the selective erosion of soil carbon and enhance carbon sequestration. Yet their adoption would imply better economic c or specific incentives.

Evolution de l'érosion aratoire dans les systèmes de culture sur brûlis sur fortes pentes au Laos

de Rouw⁽¹⁾ A., Dupin B. ⁽²⁾, Phantahvong C. ⁽³⁾, Valentin C. ⁽¹⁾

⁽¹⁾ UR 176 Solutions IRD, France, de_rouw@ird.bondy.fr

⁽²⁾ Assistant technique, Ambassade de France, Kinshasa, Zaïre

⁽³⁾ UR 176 Solutions IRD, NAFRI BP06. Vientiane (Laos)

Résumé

L'abattis brûlis est largement pratiqué dans les régions tropicales où la terre est abondante et la main d'œuvre rare. Quand les populations locales disposent de suffisamment de terres, les longs cycles de rotations sont généralement viables au plan écologique. Ils entraînent toutefois une forte érosion, dès lors que les paysans sont contraints de réduire la durée des rotations. L'objectif de cet article est de présenter comment l'érosion aratoire a augmenté dans un petit bassin versant cultivé à très fortes pentes du nord du Laos, sous l'effet des changements de systèmes de culture. L'érosion aratoire est le transfert vers l'aval d'agrégats sous l'effet du travail du sol et de la pesanteur. Elle a été mesurée en conditions au champ à l'aide de la méthode des traceurs. Quatre étapes successives ont été identifiées dans le système de culture. Elles traduisent comment un système à longues périodes de jachère et sans travail du sol a évolué en un système qui repose essentiellement sur le travail du sol pour contrôler les adventices. La préparation du sol avant le semis et les sarclages provoquent l'érosion aratoire. Ce processus lent et insidieux est moins spectaculaire que l'érosion hydrique en rigoles et en ravines. Les modèles de prévision d'érosion aratoire, fondées sur la pente, la couverture d'adventice et le couvert basal des cultures sont très significatifs ($R^2 = 0,79$ pour le riz de montagne). Ces résultats manifestent une forte érosion aratoire dans la quatrième phase d'évolution des systèmes (4, 6 et 11 tonnes $ha^{-1} an^{-1}$ pour des pentes respectivement de 30, de 60 et de 90%), ce qui est du même ordre que l'érosion hydrique, d'où l'importance de développer des systèmes sans travail du sol en vue d'une meilleure conservation des sols.

Abstract. Time dynamics of tillage erosion in slash and burn systems on steep slopes in Laos.

Rotational slash-and-burn agriculture is widely practiced in tropical areas where land is abundant and labour is scarce. When local populations possess adequate land ranges, their shift cycles usually are ecologically sound, but it has resulted in serious soil erosion where farmers have been forced to shorten their rotational cycles of land use. The objective of this paper is to present how tillage erosion has been increased as the result of changing farming systems in a cultivated catchment with steep slopes in northern Laos. Tillage erosion is the process of downhill soil movement caused by agricultural tools and gravity. It has been measured under on-farm conditions using the tracer method. Four successive stages were identified in the shifting cultivation system describing how the cultivation system has developed from an essentially no-till system under long term fallowing into systems that depend heavily on tillage to control weeds. Weeding and land clearing induce tillage erosion. Its slow and inconspicuous nature contrasts with the more spectacular gullies and rills resulting from overland water flow. Predicting models of tillage erosion based on slope, weed cover and crop basal cover were highly significant ($R^2=0,79$ for upland rice) The results confirm the importance of tillage erosion in stage four on steep slopes (4, 6 and 11 tons $ha^{-1} year^{-1}$ on slopes with gradients of 30, 60 and 90%, respectively) which is of the same order of magnitude that water erosion, hence the need to develop no-till systems to improve soil conservation.

Les techniques d'Agriculture de Conservation sont elles capables de faire mieux que le Zai manuel ou mécanique pour protéger les sols du Sahel ou les réhabiliter ?

Albert Barro (1), Florent Maraux (2), Robert Zougmoré (1), Rabah Lahnmar (2)

(1) INERA, Burkina Faso

(2) CIRAD, France

Résumé

Dans les systèmes conduits en *Agriculture de Conservation*, (travail minimum du sol et couverture permanente du sol), l'effet attendu immédiat est l'augmentation de l'infiltration locale de l'eau et la limitation du ruissellement à l'échelle locale et de la parcelle. En conséquence, l'érosion est réduite ou éliminée. Un effet secondaire est une augmentation de la biomasse produite, du fait de l'amélioration simultanée de l'efficacité de l'alimentation hydrique et minérale. Plusieurs modèles simulent avec précision ces effets, en fonction de la nature physique (géométrie) et chimique de la couverture utilisée, et du régime pluviométrique.

Dans les Régions Centrale et Nord du Burkina Faso, l'amélioration de la fertilité et la lutte contre la dégradation des sols et pour leur réhabilitation est menée par la technique du *zai* (manuel ou mécanisé). Cette technique traditionnelle consiste à creuser des trous avec une houe (*daba*), de 20 cm de diamètre et 10-15cm de profondeur, chaque 50-70cm. Le trou formé collecte les eaux de ruissellement. Au fond du trou, on dépose une poignée de fumier ou de compost. Dans le *Zai* mécanisé, le sol n'est que partiellement travaillé, et le creusement du trou est effectué au croisement de sillons formés après quadrillage sur sol sec par des outils tractés par des ânes ou des bovins.

Le papier présente des résultats expérimentaux obtenus dans plusieurs essais et parcelles paysannes au Burkina Faso, avec du *Zai* manuel et mécanisé. Les résultats sont comparés (par modélisation) avec ce qu'on pourrait attendre de pratiques de SCV, paramétrés avec des conditions réalistes au Sahel (qualité et quantité de biomasse). Une discussion est développée sur les effets à court et long terme (physiques, chimiques et biologiques) du *Zai*, et notamment sur le mieux que pourrait apporter l'AC par rapport au très populaire *Zai*.

Abstract. Are Conservation Agriculture practices able to do better than manual or mechanized Zai to protect and rehabilitate soils in Sahelian areas by *Zai* ?

In *Conservation Agriculture (CA)* systems (minimum soil tillage and permanent crop cover) the immediate expected effect is to increase the local water infiltration and to reduce dramatically the run off at local and field scale; consequently, erosion is reduced or eliminated. A secondary effect is an increased biomass, due to the combination of an improved water use efficiency and local major nutrients efficiency. Several models simulate these effects with a reasonable precision, mainly depending on physical and chemical considerations (geometry and general chemical properties of the crop cover), and the pluviometric pattern.

In the Central and Northern region of Burkina Faso, improving fertility and combating soils degradation and fighting for their rehabilitation is being implemented by manual and sometimes mechanized *zai*. *Zai* is a traditional technique consisting in digging with a hoe or pick, hills of 20 cm in diameter and 10-15cm of depth every 50-70cm. The excavated earth collects runoff water. A handful of animal dung or compost is then put in the hill. The mechanized *Zai* allows digging the *zai* holes thanks to the furrows crossed in dry soil by tines assembled on the frame of a tillage tool harnessed with donkey or horse.

The paper presents experimental results obtained in several trials and in farmer's fields of Burkina Faso with manual and mechanized *Zai*. These results are compared (through modeling) with what could be expected from classical CA practices, based on the quantity and quality of biomass which it could be realistic to expect in sahelian conditions. A discussion is developed to analyze possible long term effects of *Zai* (at physical, chemical and biological level) and how CA could do better than presently very popular *Zai* techniques.

Contrôle de l'érosion du sol au Brésil par la technique de semis direct : points importants à considérer

Neroli Pedro Cogo (UFRGS), José Eloir Denardin (EMBRAPA), Ildegardis Bertol (UDESC), Flávio Luiz Foletto Eltz (UFSC) & Leandro Bochi da Silva Volk (UEM) - Brésil

Résumé

Le Brésil est un pays de dimension continentale, avec une diversité de climat, de sols, de topographie, de végétation naturelle et des systèmes de cultures. L'érosion hydrique est le principal problème pour plusieurs régions agricoles brésiliennes, et le semis direct est la pratique la plus employée pour stopper ce processus. Dans certaines situations, l'usage de cette technique de conservation de sol (comme seule pratique de lutte anti-érosive) a été satisfaisante, mais cela n'a pas été le cas dans d'autres, par suite de l'existence de facteurs locaux favorables à l'érosion tels que le régime des précipitations, le type de sol, l'inclinaison et la longueur des pentes, et les combinaisons couverture du sol - système de culture. Quoique la perte de sol par érosion au Brésil ait été sensiblement réduite par l'utilisation du semis direct en comparaison aux niveaux d'érosion existant dans le passé avec les méthodes conventionnelles, les pertes en terre, eaux et nutriments continuent à être un problème sous semis direct, particulièrement quand les cultures de ces systèmes sont organisées dans le sens de la pente et sans terrasses. Dans cet article on discute en détail tous ces aspects, tout en renforçant les points forts ainsi que les faibles du semis direct.

Abstract. Control of soil erosion in Brazil by the no-tillage technique: important points to be considered

Brazil is a continental-dimension country, with wide variation in climate, soils, topography, natural vegetation, cultivated crops, and cropping systems. Water erosion is the main problem in great part of the Brazilian's agricultural fields, and no-tillage is the most used practice to halt that process. In some situations, such a soil-conserving technique (as an isolated practice) satisfactorily does the job, while in others it does not, depending on factors such as rainfall regime, soil type, and slope length and steepness, but, especially, on both the specific soil cover-cropping system combination and the specific support conservation practice being used. Even though soil loss by erosion in Brazil has been substantially reduced by usage of no-tillage, compared to the erosion levels experienced in the past with non-conserving tillage methods, it continues to be a problem and, quite often, both water loss and plant nutrients loss have been shown to be high under such an erosion control technique, particularly when it is carried out up-and-down the slope and in the absence of terraces. This paper will discuss in detail all of these aspects, while reinforcing both the strengths and the weaknesses of the subject.

Jachères agroforestières et non-travail du sol au Kenya. Impacts sur l'érosion, l'érodabilité et l'érodibilité du sol et les pertes en carbone.

Albrecht A.¹, Boye A.²

¹ UR SeqBio IRD, c/o LRI, Université d'Antananarivo, BP 434, 101 Antananarivo, Madagascar ;
alain.albrecht@ird.fr

² ICRAF, Kisumu, Kenya

Résumé

Dans l'Ouest du Kenya, sur Nitisols et Acrisols, une rotation culture de maïs – jachère améliorée par l'agroforesterie permet une augmentation significative des rendements de la culture et des propriétés des sols (matière organique du sol, agrégation). Ces pratiques agroforestières sont des jachères courtes intercalaires (8 mois) utilisant des légumineuses arborées ou arbustives (*Tephrosia candida*, *T. vogelii*, *Crotalaria grahamiana*). Le semis direct dans le mulch de la jachère agroforestière, appliqué à la culture, est également testé.

Un suivi de l'érosion du sol a été mis en place pour quantifier les pertes en terre sous ces différents traitements : rotation sans jachère améliorée avec et sans travail du sol, rotation avec jachère améliorée avec et sans travail du sol.

Différentes techniques de l'évaluation des pertes en terre sont comparées : (i) les parcelles « classiques » d'érosion afin de quantifier les pertes en terre par érosion (détachement et transport), (ii) les micro-parcelles sous pluies naturelles lors d'un cycle cultural avec le couvert végétal de la jachère et de la culture afin de caractériser l'érodabilité du système (détachement), (iii) la simulation de pluie sous micro-parcelles sur sol nu pour en définir l'érodibilité (détachement).

Abstract. Improved fallows by agroforestry and no-tillage in Kenya. Impacts on soil erosion, erodability and erodibility and carbon losses.

In Western Kenya, for nitisols and acrisols, increasing maize yields and improved soil properties (soil organic matter and soil aggregation) have been observed after including an improved fallow by agroforestry in a maize-fallow rotation. This fallow is improved by planting fast-growing shrub and tree legumes as *Tephrosia candida*, *T. vogelii*, *Crotalaria grahamiana* during the short-term fallow phase (8 months) between to crop phases. No tillage practice was tested for the crop phase.

A soil erosion survey has been implemented to test the different treatments: rotation without improved fallow with and without tillage, rotation with improved fallow with and without tillage.

To assess soil losses, three methodologies were used: (i) "classical" erosion plots for soil losses by detachment and transport, (ii) soil losses survey under natural rainfall using microplots to quantify soil and plant soil losses control (erodability), (iii) soil losses measurements under simulated rainfall on bare soil for soil erodibility assessment.

Effet d'une légumineuse de couverture sur le ruissellement et l'érosion dans des systèmes de culture à base maïs au sud-Bénin

Bernard Barthès^{1*}, Anastase Azontonde², Christian Feller³

¹ UR SeqBio (Unité de recherche Séquestration du carbone et bio-fonctionnement des sols), IRD (Institut de recherche pour le développement), Montpellier SupAgro, bât. 12, 2 place Viala, 34060 Montpellier cedex 1, France.

² LSSEE (Laboratoire des sciences du sol, eaux et environnement), 01 BP 988, Cotonou, Bénin.

³ UR SeqBio (Unité de recherche Séquestration du carbone et bio-fonctionnement des sols), IRD (Institut de recherche pour le développement), BP 434, 101 Antananarivo, Madagascar.

* Corresponding author / auteur correspondant

Phone: +33(0)4.99.61.21.36; fax: +33(0)4.99.61.21.19; email: Bernard.Barthes@ird.fr

Résumé

En agriculture, produire durablement requiert de maintenir ou accroître le stock de carbone organique du sol (Corg) et de limiter le ruissellement et l'érosion. De 1988 à 1999, un essai sur sol ferrallitique sablo-argileux du sud-Bénin (pente 4%) a permis de comparer Corg ainsi que ruissellement et érosion à l'échelle de la parcelle, pour trois traitements : maïs traditionnel sans apport (T), maïs avec engrais (NPK), et culture-relais associant maïs et légumineuse de couverture *Mucuna pruriens* var. *utilis* (M). Dans les trois cas, le travail du sol était manuel (houe), superficiel (5 cm), et limité à l'emplacement des poquets.

Après 12 ans, la variation de Corg dans la couche initiale 0-40 cm (donc à masse équivalente) atteignait -2.0, +2.0 et +14.8 Mg C.ha⁻¹ pour T, NPK et M, respectivement. De 1993 à 1997, avec une pluviosité moyenne de 1200 mm.an⁻¹, le taux de ruissellement s'établissait à 0.28, 0.12 et 0.08 mm.mm⁻¹ et l'érosion annuelle moyenne à 34.0, 9.3 et 2.9 Mg.ha⁻¹.an⁻¹ pour T, NPK et M, respectivement ($P < 0.05$). Par son mulch épais et ses importantes restitutions organiques, la culture-relais avec *Mucuna* s'est avérée très efficace pour enrichir le sol en matière organique et limiter le ruissellement et l'érosion.

Abstract. Effect of a legume cover crop on field-scale runoff and erosion in maize cropping systems in southern Benin

Sustainable agricultural production requires practices that maintain or increase soil organic carbon (SOC) and limit runoff and erosion. From 1988 to 1999, an experiment was carried out on a sandy loam Ultisol with 4% slope in southern Benin to compare SOC and field-scale runoff and erosion in three maize cropping systems: traditional maize cultivation without any input (T), mineral fertilized maize cultivation (NPK), and relay-cropping of maize with the legume cover crop *Mucuna pruriens* var. *utilis* (M). For all treatments, soil cultivation was manual (hoe), superficial (5-cm depth), and limited to the areas where seeds were sown.

After 12 years, change in SOC in the initial 0-40 cm layer (i.e. at equivalent mass) was -2.0, +2.0 and +14.8 Mg C ha⁻¹ in T, NPK and M, respectively. From 1993 to 1997, under 1200-mm yr⁻¹ mean annual rainfall, mean runoff rate was 0.28, 0.12 and 0.08 mm mm⁻¹ and mean annual soil losses were 34.0, 9.3 and 2.9 Mg ha⁻¹ yr⁻¹ in T, NPK and M, respectively ($P < 0.05$). Due to thick mulching and high residue biomass, relay-cropping with *Mucuna* was very effective in enhancing SOC sequestration and in reducing runoff and erosion in maize cropping systems in southern Benin.

Réduction du ruissellement et de l'érosion par les systèmes de culture en semis direct avec couverture végétale pour les cultures pluviales des Hautes Terres malgaches

J.M. Douzet ⁽¹⁾, B. Muller ⁽²⁾, E. Scopel ⁽³⁾, A. Albrecht ⁽⁴⁾, J. Rakotoarisoa ⁽⁵⁾, Rakotoalibera M.H. ⁽⁶⁾

- (15) Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement - CIRAD, Département PERSYST, URP SCRiD, BP 230, Antsirabe, Madagascar.
douzet@cirad.mg
- (16) Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique, Département BIOS, CERAAS-ISRA, Thiès, HP Sénégal.
- (17) Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement - CIRAD, Département PERSYST, UMR SYSTEM
Embrapa Cerrados, Planaltina, DF, Brésil.
- (18) Institut de recherche pour le Développement – IRD, UR SeqBio, BP 434, 101 Antananarivo, Madagascar
- (19) FOFIFA-Unité de Recherche en Partenariat en Systèmes de culture et Rizicultures Durables, Département de Recherche Rizicole, BP 1690 Antananarivo 101 Madagascar.
- (20) URP SCRiD, BP 230, Antsirabe, Madagascar

Résumé

Sur les hautes terres malgaches, en climat tropical d'altitude, l'érosion reste un problème crucial posé par les cultures pluviales des pentes (tanety).

Les systèmes de culture en semis direct avec couverture végétale (SCV) ont montré leur efficacité pour lutter contre le ruissellement et l'érosion. Deux dispositifs ont été mis en place dans le Vakinankaratra, sur des terrains de pentes et de passés culturaux différents, afin d'étudier le ruissellement et l'érosion sur différents systèmes de culture en labour ou SCV. Ces 2 expérimentations, menées sur 3 à 4 années avec des parcelles de ruissellement de tailles différentes (mini cadres de 1 m² sur le terrain presque horizontal, parcelles type Wischmeyer de plus de 20 m² sur une pente de 10 à 13 %) ont confirmé l'effet positif des SCV, avec des ruissellements pouvant être divisés par 12 et des érosions par 200. Le facteur principal de ces réductions semble être l'état de surface du sol, et en particulier sa couverture. Si dans les 2 cas les coefficients de ruissellement restent faibles (13 % au maximum), et les pertes en terres relativement limitées (24 t/ha/an au maximum), des différences existent entre les données recueillies sur les mini-lots et sur les grandes parcelles.

Abstract. Run-off and soil erosion decreases with mulch-based cropping systems and direct seeding for rainfed agriculture in Malagasy highlands

In the malagasy highlands, under altitude tropical climate, erosion is still an important problem for the upland crops of the hills.

The direct seeding mulch-based cropping systems (DMC) are known to effectively reduce run-off and erosion. We set up 2 experiments in the Vakinankaratra region, on fields with different slopes and crop pasts, to study run-off and erosion with a few cropping systems with tillage or DMC. These 2 experiments, realized during 3 or 4 years with run-off plots of different size (mini-squares of 1 m² on the nearly horizontal field or plots type Wischmeyer of more than 20 m² on the slope of 10 to 13 %) confirmed the effect of the DMC: the run-off was divided by 12 and the erosion by 200 in the best systems. The main reason for these reductions seemed to be the surface state of the soil, and principally the cover. In the 2 cases, the run-off coefficient stayed low (13 % maximum), and losses of soil were limited (maximum 24 t/ha/y), but there were differences between data with mini-squares or larger plots.

Bilan hydrique de systèmes de culture en riz pluvial traditionnels et sans labour avec couverture végétale sur les Hautes Terres malgaches

Muller B.^{1,*}, Dusserre J.^{1,3}, Douzet JM^{1,3}, Rakotoarisoa J.^{2,3}

¹ Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD) - Avenue Agropolis, TA 74/09, 34398 Montpellier Cedex 5 - France.

* bertrand.muller@cirad.fr

² Centre national de recherche appliquée au développement rural (FOFIFA) - Boite postale 1690 - Antananarivo 101 - Madagascar.

³ URP SCRiD, SRR FOFIFA, BP 230, Antsirabe 110, Madagascar

Résumé

Les systèmes de culture en semis direct et avec couverture végétale (SCV) réduisent les volumes ruisselés au bénéfice des quantités infiltrées. Cela peut améliorer la consommation en eau des cultures, mais entraîner également des drainages, lixiviations et engorgements.

L'étude présentée analyse les évolutions des composantes des bilans hydriques (ruissellement, infiltration, drainage, stock, évapotranspiration, satisfaction des besoins) de cultures de riz gérées selon différents systèmes, traditionnels (avec labour) et en SCV, sur les hautes terres malgaches.

Des jeux de simulation ont été réalisés à l'aide du modèle de développement des cultures SarraH©Cirad. Les modules physiologiques du modèle ont tout d'abord été calés-validés pour différents écotypes de riz pluvial cultivés sur les hautes terres. On s'est ensuite basé sur les résultats de différents essais de contrôle in situ des ruissellements et érosions, menés dans la région d'Antsirabe, pour déterminer des fonctions de ruissellement réalistes et conformes à la littérature. Les caractéristiques hydriques des sols ont par ailleurs été déterminées. Les jeux de simulation ont tenu compte de différentes dates possibles de semis.

L'étude indique que les systèmes SCV n'induisent que de petits gains hydriques sur les hautes terres (car la pluviométrie y est importante). Ils peuvent cependant avoir un intérêt non négligeable lors de certaines années sèches, et/ou en conditions intensifiées (engrais). L'étude souligne par ailleurs l'augmentation importante des flux de drainage sous systèmes SCV.

Abstract. Water balance of rainfed rice under traditional tillage systems and direct seeding on permanent soil cover systems ("no tillage" systems) in the Malagasy highlands

Direct seeding on permanent soil cover systems ("no tillage" systems) reduce runoffs and increase infiltrated amounts of water. That can enhance crop water consumption, but might also increase drainage and lixiviation.

The present study develops an analysis of the evolutions of the water balance components (runoff, drainage, soil water amount, evapotranspiration, water requirement satisfaction) of rainfed rice crops cultivated in the Malagasy highlands according to different systems: traditional ones with tillage, and no tillage systems.

Series of simulations were performed using SarraH©Cirad crop model. The "plant" components of the model were first validated for a set of rainfed rice ecotypes adapted to this area. Then we established runoff functions based on the results of different investigations aiming at monitoring runoff and erosion which have been carried out in Antsirabe area. Measured soils features were considered. Simulations were made for several sowing dates.

The study shows that runoff reduction with "no tillage" systems has low impact on crop consumption under Malagasy highlands conditions (because rainfalls are important). However, positive impacts on crop consumption is noticed in case of late sowing for the driest years, and for intensified conditions (with fertilisers). Runoff reduction mainly leads to drainage increase, resulting in similar amounts of total water losses for the different systems (40% of rainfall)

COMMUNICATION ORALE CONFERENCE – DEBAT :

Le capital naturel Sol à Madagascar

Timothée Ollivier¹, Pierre-Noël Giraud²

Ecole des Mines de Paris - ParisTech

¹ timothee.ollivier@ensmp.fr

² pierre-noel.giraud@ensmp.fr

Résumé

La richesse d'un pays résulte de l'accumulation de quatre types de capitaux : physique (infrastructures, machines...), social (institutions, qualité de la gouvernance...), humain (savoir-faire, santé...) et enfin naturel (ressources en sols, forêts, ressources halieutiques...). Il est important de connaître les dynamiques de ces différents types de capitaux afin d'avoir une idée de la durabilité de la croissance d'un pays. C'est ce que nous nous proposons de faire sur l'exemple de Madagascar où le capital naturel représente un peu plus de 30% de la richesse totale du pays. Nous essaierons ainsi d'intégrer les différents types de pressions auxquelles est soumis ce capital naturel (déforestation, dégradation des sols agricoles...) dans un indicateur macroéconomique de durabilité: le « taux d'épargne véritable ».

Nous insisterons plus particulièrement sur les sols agricoles qui représentent la majeure partie de ce capital naturel. Les sols sont des écosystèmes complexes, et avoir une idée de la dynamique de ce « capital naturel sol » est difficile. Deux effets sont ainsi à considérer : l'un « quantitatif » avec l'augmentation de capital liée à l'accroissement des superficies cultivées, et l'autre plus « qualitatif » avec la perte (ou gain) de capital liée à la dégradation (conservation) de ces sols.

Mots-clés : capital naturel, développement durable, Madagascar, Genuine saving

Abstract. Natural capital and sustainable development: Madagascar and its soil resources

A country's wealth is the result of the accumulation of four different types of capital : produced (equipment, machinery...), social (institutions, level of trust...), human (knowledge, health...), and natural (mineral resources, soil resources, forest, halieutic resources ...). It is important to understand the dynamic of these different types of assets so as to have an idea on the sustainability of a country's economic growth. This is the aim of our work on Madagascar where natural capital represent around 30% of the total country's wealth. We will try to integrate the different types of degradation of this natural capital (deforestation, soil degradation, pasture overexploitation...) in a macroeconomic sustainability indicator : the "Genuine Saving" (tool developed by the World Bank).

Then, we will focus more carefully on croplands which are the main part of Madagascar's natural capital. Soils are complex ecosystems, and it is difficult to understand the dynamic of this "soil capital". Two effects have to be considered: one is more "quantitative" with a growth of this capital through an increase of cultivated areas, and the other more "qualitative" with a depreciation (growth) due to soil degradation (conservation).

Keywords : Natural capital, sustainable development, Madagascar, Genuine saving