

Potentiel du semis direct et de l'utilisation des matières organiques pour restaurer durablement la productivité d'une rotation intensive coton-maïs sur des sols ferrugineux sableux du Nord Cameroun et du Sud Mali

Zachée BOLI¹, Drissa DIALLO² et Eric ROOSE³

1. Dr. à l'Institut de Recherche Agronomique pour le Développement (IRAD) ; BP. 2123 Yaoundé, Cameroun, Email : zboli2008@yahoo.fr
2. Dr. et prof. à l'Institut Polytechnique Rural (IPR) de Katibougou, BP 6 Koulikoro, Mali. Email : drdiallo@ird.fr
3. Directeur de recherche émérite, UMR Sol & Bio, à l'Institut de Recherche pour le Développement (IRD) BP 64501, F 34394, Montpellier, France. Email: Eric.Roose@ird.fr

Résumé

Pour comparer le labour conventionnel aux divers systèmes de semis direct (non labour ou travail à la dent sur la ligne de plantation) et diverses utilisations des matières organiques, deux ensembles de parcelles d'érosion de 100 à 1000 m² (17 au Mali et 57 au Cameroun) ont été aménagées sur des sols ferrugineux sableux fragiles dans la zone agressive des savanes soudanaises arborées. Après 3 à 4 ans où il a plu entre 900 et 1500 mm par an, il est évident que le semis direct sous litière de légumineuse ou d'adventices réduit le risque de ruissellement (-20%) et d'érosion (-70%). Cependant, comme les engrais NPK ont été distribués généreusement, les plus hauts rendements ont été observés sur le labour conventionnel (+30 à 50 % de grains de maïs et 10% de coton en plus ou en moins selon le déroulement de la saison des pluies). Il semble que le coton soit moins sensible sur ce sol sableux au lessivage de l'azote durant les deux premiers mois que le maïs. La séquestration du carbone par le système du semi direct dans la litière n'est pas évidente sur les sols très sableux, mais elle est plus importante sur des sols contenant plus de 25% d'argile en surface. Le système du semi direct utilisant du glyphosate comme herbicide fut vite adopté par les petits paysans car il leur a fait gagner du temps durant la période critique du semis et des sarclages. Le problème réside dans la faible couverture de la surface du sol par la litière en début de cycle à cause des traditions africaines de la vaine pâture et des feux de brousse durant la saison sèche qui suit la récolte. L'apport de 3 t/ha de poudrette de chèvres, bien qu'il n'ait guère influencé le ruissellement ni l'érosion, a toujours produit les meilleurs rendements par rapport à l'enfouissement des résidus de culture, au mulch de paille ou d'ombrière en plastique ou même aux courtes jachères de légumineuses.

Mots clés : Mali, Cameroun, zone de savane soudanienne, labour traditionnel, semis direct sous litière, érosion, ruissellement, rendement maïs et coton.

Abstract

To compare conventional tillage to various direct drilling systems (no-tillage or tooth tillage reduced to the sowing line), two sets of runoff plots (100 to 1000 m²)(57 in Cameroon and 17 in Mali) were built on fragile sandy Alfisols under aggressive Sudanese savannah areas. After 3 to 4 years with 900 to 1500mm of rainfall, it was clear that the litter/legumes/weeds cover of "no-till" reduced the runoff (-20%) and erosion risks (to 1/3) compared to the conventional tillage system. But as a consequence of intensive mineral fertilisation, the highest yields were observed in the plowed fields (30 to 50% more of maize grain + or - 10% for cotton). It seems that cotton is less sensitive to excess of drainage and nitrogen leaching than maize during the two first months. Carbon sequestration by direct drilling system was not systematic on very sandy soils but more important if the clay content is over 25%. The direct drilling system with Roundup was very fast adopted by little farmers as a system alleviating the labour during the sowing and weeding period, but the soil surface was not well covered because the traditional African habits of free grazing and bushfires during the dry season. Bringing 3 t/ha of goat faeces did not decrease the erosion risks but produce better than crop residues ploughed in the soil or even short fallows of leguminous.

Keywords: Mali, Cameroon, sudanese bush savannah, conventional tillage, direct drilling, erosion, runoff, maize & cotton production

Introduction

Dans de nombreux pays du monde, les fermiers et les chercheurs ont testé divers systèmes de labour pour améliorer la structure de la surface du sol et l'infiltration, améliorer l'enracinement et la résistance des cultures aux périodes de sécheresse, pour contrôler les adventices et assurer la croissance homogène des cultures (Charreau et Nicou, 1971).

Dans les savanes humides du Nord Cameroun et du Sud Mali, coton et maïs sont cultivés avec un système intensif comprenant un labour conventionnel, des sarclages mécanisés et un buttage, l'application raisonnée d'insecticides et d'engrais minéraux et enfin l'usage de variétés sélectionnées. Cependant, cet usage abondant d'intrants n'empêche pas les rendements de décliner dès la 4^{ème} année. Les terrains qui ne sont plus rentables sont abandonnés et de nouveaux champs sont défrichés dans la savane arbustive. Maintenant qu'on a bâti des infrastructures villageoises en béton, il n'est plus envisageable de déménager le village pour se rapprocher des champs cultivés : on recherche donc des systèmes de production durables.

Lors d'une première enquête, Boli et al., (1991) ont observé que la dégradation des rendements était liée à la minéralisation des matières organiques des sol (MOS) et à l'érosion. Pour mieux comprendre le disfonctionnement de ces systèmes intensifs de culture sous labour et sous semi direct, deux ensembles de parcelles d'érosion furent installés : 57 parcelles d'érosion (100 à 1000 m²) au Nord Cameroun (1991-94) et 17 parcelles au Sud Mali (1997-99) sur des champs anciens ou nouveaux. Sur ces sols ferrugineux sableux (Alfisols) fragiles, l'évolution des sols est très rapide en liaison avec le faible taux de MOS et le climat humide et chaud. Sur les sols bruns vertiques du Mali, l'évolution est plus lente.

Dans ce chapitre, nous tirerons les leçons de ces expérimentations permettant de mieux comprendre l'importance d'apporter des engrais et du fumier et de couvrir le sol avec une litière de résidus de culture, d'adventices gérées aux herbicides ou de légumineuses en profitant des longues saisons pluvieuses (plus de 6 mois).

1. Matériel et méthodes

L'étude comparative des systèmes intensifs de culture (semi direct ou labour, NPK et/ou divers apports organiques) a été réalisée dans la zone cotonnière africaine, près de Tchollire (Village de Mbissiri : 8° 23" N, 14°33" E) au NE du Cameroun et dans le bassin de Djitiko (12°03"N et 8°22" W) au sud du Mali, sur un affluent du fleuve Niger. Ces sites sont situés dans la zone des savanes soudaniennes humides à deux saisons contrastées: une saison pluvieuse d'avril à octobre suivie de 5 à 6 mois très secs et chauds. Les précipitations annuelles varient de 900 à 1500 mm autour de 1311mm à Mbissiri et 1175 mm à Djitiko durant les années d'observation. L'indice annuel d'érosivité de Wischmeier et Smith (1978) varie de 400 à 780 en unités USA (tonnes-foot per acre x pouces/hour).

Les sols ferrugineux tropicaux sableux (Alfisols) sont les mieux représentés dans ces régions où les cultures dépendent directement des pluies (Brabant et Gavaud, 1985). A Mbissiri, les sols sont issus de grès fins : aussi les 15 premiers cm qui forment l'horizon labouré est pauvre en MOS (0,2 à <1.2%), très pauvre (<10%) en argile (kaolinite) avec une faible capacité d'échange de cations (CEC = 1 to 3 meq/100g). Sur le bassin de Djitiko, le substrat géologique date du Précambrien (granite et micaschiste): il est recouvert par une nappe d'altérite de 15 to 35 m d'épaisseur. Les Alfisols rouges sont plus riches en argiles (26%) et limons (56%), avec une CEC de 27 meq/100g, le pH est moins acide (~6) ; ces sols sont aussi pauvres en MOS (0.4 à 1.9% de C), en azote (C/N>14) et en phosphore assimilable. Ces deux Alfisols sont fragiles structurellement et sensibles à l'érosion.

La végétation naturelle est une savane arbustive avec divers arbres (*Vitellaria paradoxa*, *Parkia biglobosa*, *Isobertinia doka*, *Combretum sp.*) et une couverture herbacée dense (*Andropogon sp.*, *Pennisetum purpureum*, etc). La surface couverte par la litière et les végétaux augmente de 34 à 74 % dans le cas d'une savane brûlée chaque année et pâturée, 8 à 64 % pour une culture sarclée sur labour et 11 à 91 % pour le système du semi direct, depuis le début de la saison des pluies jusqu'à la fin de la période de culture. Comme les premiers orages tombent sur un sol quasi nu, la surface se couvre de croûtes de battance. La pente sur ces glacis varie autour de $2\% \pm 0,5$.

Le ruissellement, l'érosion, les rendements et la matière organique des sols sont comparés pour deux situations: (1) sur des champs récemment défrichés à Mbissiri et (2) sur des champs dégradés, cultivés ou pâturés depuis plus de 5 à 20 ans à Djitiko et Mbissiri. La parcelle expérimentale est une parcelle d'érosion de 100 m² (5x20m) avec deux cuves de stockage (1m³) reliées par un partiteur permettant de mesurer le volume du ruissellement, les particules fines en suspension et les sédiments grossiers érodés après chaque averse. Les détails du dispositif sont décrits dans Boli et al. (1993). Les traitements comparés sont :

- une vieille savane arbustive brûlée et pâturée chaque année dès la fin de la saison des pluies,
- un système de culture intensif avec le sol labouré au tracteur ou aux bœufs sur 12 à 15 cm, semis, sarclage deux fois mécaniquement et buttage six semaines après le semis avec des engrais minéraux adaptés aux cultures de coton et de maïs (N115, P20, K15, S6 + BO 1 kg/ha/an + 5kg/ha de sulfate de zinc pour le maïs);
- un système de semis direct comprenant : herbicides, semis une semaine plus tard avec la "houe à double tête" (creusant un trou pour placer les engrais et un autre pour deux graines) sur le sol couvert de résidus de la précédente culture et des adventices(> 30%) ou après deux années de légumineuse (*Calopogonium mucunoides*).

2. Résultats

2.1. Les pluies

Les pluies annuelles ont varié de 900 à 1500 mm, avec quelques périodes déficitaires en début de saison et quelques périodes excessives durant la période végétative, avec des orages intenses ($I = >60\text{mm/h}$ durant 30 min) au début de la saison et des longues pluies de plus de 150-200 mm en 3 jours en juillet - août quand le sol n'est pas encore bien couvert ($CV < 50\%$): les risques de ruissellement ou de drainage excessif sont importants presque chaque année dans cette zone soudanienne humide. L'indice annuel d'érosivité des pluies de Wischmeier (1978) varie de $R_{usa} = 400$ à 750 en relation avec la hauteur des pluies.

2.2. Le ruissellement (tableau 1)

Le maintien d'une litière à la surface du sol durant toute la période de culture réduit considérablement les risques de ruissellement. Le coefficient de ruissellement annuel moyen (Kram) varie à Mbissiri de 23 % (si labour) à 4,4 % (non-labour) et au Mali de 45% (labour) à 25% (non-labour) sur ces Alfisols sableux (Diallo et al., 2006). Le système du semis direct sous litière améliore nettement l'infiltration des pluies, même les plus intenses. Le stockage de l'eau dans le sol et même le drainage dans la nappe peuvent augmenter durant la saison des pluies.

Tableau 1. Influence du non-labour sur le ruissellement moyen (Kram %), l'érosion moyenne (E t/ha/an), la teneur en argile et limons (A+L%), la teneur en MOS dans les premiers 10 cm d'un Alfisol sableux du Sud Mali et du Nord Cameroun.

Site	A+L%	MOS%	Kram%	Erosion (t/ha/year)
			lab/0-labour	lab./0-labour
Djitiko, vieux champs	26	0.69/0.87	45.2 /24.8	18.4 /7.4
Mbissiri, sur vieux champs	8	0.20/0.30	23.5 /4.4	11.4 /4.2
Mbis. sur champs nouveaux	10	0.25/0.35	23.1 /4.4	9.2 /3.

A Mbissiri, durant le cœur de la saison des pluies, la réduction du ruissellement a entraîné un fort drainage lequel a augmenté le lessivage de l'azote et réduit la vigueur des jeunes plantules: on a été obligé d'ajouter 20 kg/ha d'azote sur les plants de maïs jaunes pâles après une grosse période pluvieuse. Sur un sol brun vertique argilo-limoneux du bassin de Djitiko, plus résistant à l'énergie des pluies que les Alfisols, la différence de ruissellement (27 & 26%) due au labour fut négligeable (Diallo et al., 2004a). Dans la zone plus sèche de Djitiko, on n'a pas observé d'effet négatif d'une infiltration excessive sur le rendement des cultures.

2.3. Les pertes en terre et en carbone par érosion (table 1)

Sur chaque site, les pertes en terre par érosion furent 2.5 à 3 fois plus importantes sous labour conventionnel que dans le système sans labour: les différences sont semblables pour le carbone érodé (60 à 390 kg C /ha/an) (Diallo et al., 2004a). Ces différences d'érosion sont liées à la surface du sol couverte par les litières durant la période de croissance végétale (CV=64 % pour le labour et 91% sous semis direct) (Diallo, Orange, Roose, 2004). L'augmentation du ruissellement et de l'érosion sous labour est une conséquence de la dégradation de la structure de l'horizon de surface soumis à de nombreuses techniques culturales et aux attaques des gouttes de pluie et de l'énergie du ruissellement sur les surfaces nues.

2.4. Le rendement en maïs et coton (Table 2)

Le rendement des cultures testées fut généralement plus élevé sous labour que sous semis direct ou non labour, en accord avec les résultats de Aina (1993). Néanmoins, à Mbissiri, le rendement dépend du type de culture et des périodes de pluies surabondantes durant les deux premiers mois (Boli & Roose, 1998). Sur les sols sableux très fragiles de Mbissiri, le rendement en coton dans les années relativement sèches fut égal ou même supérieur (+10 à 20%) sur les parcelles en semis direct ou en labour réduit à ceux observés sur parcelles labourées. L'amélioration de l'infiltration sur les sols non labourés protégés par une litière compense le déficit en eau dans les sols sableux. Dans les champs des paysans, il est visible que la différence de rendement en faveur du labour, diminue avec les années et avec l'introduction d'une jachère de légumineuses. Il faut 2 à 3 ans pour qu'on puisse observer une amélioration des activités biologiques entre la litière d'adventice, les résidus de culture et l'horizon superficiel du sol (Lal, 1979).

Tableau 2. La production des cultures soumises au système du non-labour sur un sol sableux dégradé de Mbissiri (Boli et Roose, 1998)

Traitements	Rendement en coton (t/ha)	Rendement en maïs grain t/ha
Labour conventionnel	2.0	4.8
Non-labour (témoin)	1.4	2.8
Mini-labour à la dent	1.9	3.6
Non-labour après 2 ans de jachère	2.1	3.6

Sur les parcelles d'érosion de Mbissiri, Roose et al. ont montré que la gestion des MO (enfouissement des résidus de culture, leurs exportation, leur transformation en fumier) n'a guère changé ni le ruissellement, ni l'érosion (90t/ha/4ans), sauf lorsque les résidus sont maintenus sous forme de litière à la surface du sol. Il ne s'agit pas seulement d'une protection physique contre l'énergie des gouttes de pluie (une toile moustiquaire suspendue à 10 cm du sol sableux a laissé se développer une dégradation de la structure du sol), mais aussi d'une alimentation continue en MO structurantes et en nutriments (N+P+cations et oligo-éléments) de la litière en voie de minéralisation.

Au tableau 3, on observe que dans les trois blocs de sensibilité différente (pente, texture, état de dégradation), l'érosion dépend de l'agressivité des pluies, de la sensibilité des blocs. Cependant l'enfouissement de 3 t/ha de fumier de chèvre (dosé N = 3%) n'a pas modifié sensiblement le degré de sensibilité du sol à l'érosion. Par contre les rendements sont toujours les meilleurs dans les parcelles fumées, ce qui traduit l'apport de nutriments. A l'intérieur de chaque bloc, le rendement est d'autant meilleur que les pertes en terre sont faibles. La gestion de la MO disponible est donc à la base d'une gestion durable de l'eau et des sols.

Tableau 3. Erosion (t/ha/an) et rendement (t/ha) de maïs grain et de coton graines pour le traitement fumier (3t/ha/an de poudrette de chèvre) sur les blocs A, B, D à Mbissiri en fonction de la hauteur des précipitations durant le cycle cultural.

Année	1992	I	1994	I	1993			
Culture	maïs		maïs		coton			
Pluie (mm)	1184	I	1074	I	772			
Blocs	E	Rdt	I	E	Rdt	I	E	Rdt
	(t/ha/an)		I	t/ha/an		I	t/ha/an	
A	6,3	9,6 (5,1)	I	4,2	6,5 (4,3)	I	3,2	3,0 (2,3)
B	21,1	5,8 (4,9)	I	6,0	5,9 (3,8)	I	6,2	2,7 (1,7)
D	31,4	5,3 (4,2)	I	21,6	6,0 (5,4)	I	15,6	2,1 (1,8)

(X) = rendement du témoin sans fumier dans le même bloc. L'érosion par contre n'a pas varié malgré l'apport annuel de 3 t/ha de poudrette de chèvre mélangé par labour aux 15 premiers cm du sol.

2.5. Stabilité des agrégats et teneur en carbone organique dans l'horizon humifère (10 cm)

A Mbissiri, quatre ans après le défrichement de la savane arbustive initiale, le taux de MOS de l'horizon superficiel (10cm) a diminué de 0.7 % sous la savane à 0.35 % sous non labour, 0.25 % sous labour et 0.20 % sur la jachère nue labourée chaque année sur les

nouveaux champs : le taux de MOS a très peu changé ($0.30 \pm 0.05\%$) sur les parcelles cultivées depuis longtemps. La litière dans les parcelles de semis-direct s'est avérée insuffisante pour améliorer le taux de MOS, sauf après deux années de jachère de légumineuse ou sous les haies vives de *Cassia siamea*. La structure du sol a été différenciée par l'encroûtement de la surface. Après une averse de 35 mm après le semis, la surface encroûtée atteint 86% sur labour et seulement 2% sous semis direct dans la litière. Avant le buttage (après 215 mm de pluie), la surface encroûtée fut de 93 % sur les nouveaux champs labourés et seulement 18 % sur le semis direct sous litière. L'amélioration de la structure semble liée à l'activité des vers de terre qui fut 5 fois plus rapide sous la litière d'un champs en semis direct que sur le champs voisin labouré (Boli et al., 1993 ; Boli & Roose, 1998) : les opérations liées au système labour (labour, deux sarclages et un buttage) furent plus délétères pour les vers de terre que la pulvérisation de 3 litres/ha d'un herbicide systémique (Boli et al., 1993).

A Djitiko par contre, après 3 années de semis direct dans la litière de résidus de culture avec les adventices, le taux de MOS a augmenté de 0.69% après labour à 0.87 % sur non labour et le taux de macro agrégats stable après tamisage sous l'eau a augmenté de 150 à 300 g/kg si le travail du sol a été réduit (Diallo, et al., 2004).

Donc si la litière est suffisante sur semis direct ou après une jachère de légumineuse, le taux de MOS, la stabilité structurale et la surface ouverte à l'infiltration augmentent et le ruissellement diminue. Lorsque le sol est couvert par la litière, les résidus de culture et les adventices, l'énergie des pluies et du ruissellement sont dissipées et l'érosion diminue (Barthès et al., 2000).

3. Discussion

Les litières de résidus de culture, d'adventices ou de légumineuses augmentent l'activité de la faune, la macroporosité ouverte à la surface du sol, la résistance des macro-agrégats et l'interception de l'énergie des pluies et du ruissellement : même si la litière ne couvre pas totalement la surface du sol, elle réduit efficacement le ruissellement et l'érosion (Lal, 1974; Roose, 1996).

Puisque le risque de ruissellement est suffisamment réduit, il n'est plus indispensable d'organiser des structures en terre à l'aide de lourdes machines pour évacuer en sécurité les pluies excédentaires à la surface des collines: une haie vive chaque 25 à 50 m tout au long des courbes de niveau est suffisant pour réduire les pertes en terre. C'est pourquoi dans les champs autours de Mbissiri, il n'a pas été nécessaire de creuser des terrasses de drainage ni des chemins d'eau en vue de gérer les excès de ruissellement.

L'amélioration de la production est essentielle pour que les paysans l'adoptent. Elle semble possible à condition d'ouvrir l'horizon compact par le passage d'une dent sur la ligne de plantation pour le maïs (dont les racines sont très sensibles à la compaction du fond de labour) et en introduisant une courte jachère de légumineuses (comme *Calopogonium mucunoides*, *Stylosanthes*, etc.) semées sous le maïs 30 à 60 jours après le semis. L'apport d'engrais minéraux peut-être réduit si on répand du fumier bien mur sur la ligne de plantation perpendiculaire à la pente.

L'adoption de ces nouveaux systèmes par les paysans a été rapide parce qu'ils font gagner du temps en période des labours et des sarclages, périodes très chargées. Les systèmes de non labour et mini labour limité aux lignes de plantation après traitements aux herbicides, demandent moins de travail et d'équipement et permettent l'extension de la période et de la

surface semée. Les problèmes arrivent plus tard quand les fermiers ne peuvent assurer le dernier sarclage: ils choisissent parfois d'abandonner les champs envahis par les adventices.

En Afrique occidentale, le problème tient aux traditions de la vaine pâture qui permet de relâcher le bétail dans tout le terroir juste après les récoltes : finalement, il ne reste plus assez de résidus organiques pour couvrir le sol au début de la saison des pluies. Une solution pourrait consister à semer des légumineuses non apétantes sous le maïs : s'il lui reste assez de temps pour produire ses graines, même si la légumineuse se dessèche durant la longue période sèche (5 à 6 mois), les semences vont germer après les premières pluies et fournir un beau tapis végétal où il sera possible de semer directement le coton. Une autre solution consiste à attendre en début de saison que les adventices atteignent 20 cm avant de les herbicider : généralement ce tapis végétal est moins homogène qu'avec le semis de légumineuses.

On n'a pu observer de différence d'érosion ni de rendements entre les parcelles de 100 et 1000 m², qui sont du même ordre de grandeur que les champs cultivés d'un quart d'hectare par les petits paysans : il n'y a pas eu d'effet de surface des champs. Cependant, le système du semis direct nécessite 3 à 5 ans pour devenir complètement compétitif avec le système intensif du labour... Les différences de rendement et du taux de MOS diminuent avec le temps : cette étude intensive sur parcelles d'érosion devrait donc continuer par des enquêtes sur les champs des paysans. Malheureusement, les essais furent abandonnés après 3 et 5 années sur les parcelles d'érosion.

4. Conclusions

Dans les deux sites, les pluies ont été très agressives et représentatives de la zone soudanaise tropicale humide. Sur les parcelles en semis direct sous litière, la succession de semaines très pluvieuses au début de la période de culture (juin à août) a entraîné des effets négatifs sur le développement du maïs plus fort que sous les cotonniers (qui ont un système racinaire plus vigoureux) sur les parcelles de semis direct.

Les divers systèmes de semis direct (non labour ou travail réduit) ont réduit significativement les risques de ruissellement (moins 20%) et d'érosion (moins 75%), mais ont augmenté le drainage et le lessivage du phosphore et des autres engrais.

Les meilleurs rendements ont été observés sur les parcelles labourées sur maïs (+ 30 à 50%) et parfois sur coton (+ 10 à -10%). Néanmoins, les différences ont diminué après une jachère de légumineuses et durant "les années sèches". Les études furent trop brèves pour préciser l'évolution positive du rendement, de la stabilité structurale et des MOS avec une litière suffisamment couvrante. L'effet du semis direct sur la séquestration du carbone n'a pas été évident : elle dépend du taux d'argile dans l'horizon de surface et du poids de la litière.

De toute façon, en Afrique soudanaise, le système du semis direct sera difficilement généralisable étant donnée la coutume d'allumer des feux de brousse pour diverses raisons et de lâcher le bétail sur tout le terroir dès que la récolte principale a été réalisée. Pour obtenir une litière suffisante, la solution de semer une légumineuse entre les rangs de maïs un mois après le semis du maïs ou d'attendre que les adventices aient atteint 20cm de haut avant de les herbicider (Roundup).

Bibliographie

- Aina P., 1993. Soil tillage in Africa: needs and challenges. *FAO Soils Bull.*, 69 : 1-10.
 Barthès B., Azontonde A., Boli Z., Prat C. and Roose E., 2000. Field-scale runoff and erosion in relation to topsoil aggregate stability in three tropical regions (Benin, Cameroon, Mexico). *European Journal of Soil Science*, 51 : 485-495.

- Boli Z., Bep B., Roose E., 1991.** Enquête sur l'érosion pluviale dans la région de Tchollire, Nord Cameroun. *Bull. Réseau Erosion*, IRD Montpellier, 11 : 127-138.
- Boli Z., Roose E., Bep B., Sanon K., Waechter F., 1993.** Effets des techniques culturales sur le ruissellement, l'érosion et la production de coton et maïs sur un sol ferrugineux tropical sableux du Nord Cameroun (Mbissiri, 1991-92). *Cahier Orstom.Pédol.*, Paris, 28, 2: 309-325.
- Boli Z., Roose E., 1998.** Degradation of a sandy Alfisol and restoration of its productivity under cotton/maize intensive cropping rotation in the wet savannah of Northern Cameroon. *Advances in GeoEcology*, Reiskirchen, 31:395-401.
- Brabant P., Gavaud M., 1985.** Les sols et les ressources en terre du Nord Cameroun. Cartes au 1/500000, édition ORSTOM Paris, 285p.
- Charreau C., Nicou R., 1971.** L'amélioration du profil cultural dans les sols sableux de la zone tropicale sèche ouest africaine et ses incidences agronomiques. *Agronomie Tropicale*, Paris, 26: 209-255.
- Diallo D., Barthès B., Orange D., Roose E., 2004a.** Comparaison entre stabilité des agrégats ou des mottes et risques de ruissellement et d'érosion en nappe mesurés sur parcelles en zone soudanienne du Mali. *Sécheresse*, 15, 1 : 57-64.
- Diallo D., Orange D., Roose E., 2004b.** Influences des pratiques culturales et du type de sols sur les stocks et les pertes de carbone par érosion hydrique en zone soudanienne du Mali Sud. *Bull. Réseau Erosion*, IRD Montpellier, 22 : 193-207.
- Diallo D., Boli Z., Roose E., 2006.** Labour ou semis direct dans les écosystèmes soudano-sahéliens : cas du Cameroun et du Mali. Actes des Journées scientifiques du Réseau Erosion et GCES de l'AUF, Antananarivo, Madagascar, du 25 au 27 octobre, Edition GB : 181-188.
- Diallo D., Boli Z., Roose E., 2008.** Influence of no-tillage on soil conservation, carbon sequestration and yield of intensive rotation maize-cotton : research on sandy alfisols of Cameroon and Mali. In "No-till farming systems" T.Goddard, M. Zoebisch, Y.Gan, W Ellis, A Watson , S Sombapanit, sc. Editors, special publication n° 3 by the World Association of Soil & water conservation (WASWAC) : 383-393.
- Lal R., 1974.** Role of mulching techniques in tropical soils and water management. IITA Ibadan, Nigeria, Technical Bulletin 1.
- Lal R., 1979.** Importance of tillage in soil and water management in the tropics. In "Soil tillage and crop production", Lal R. editor, IITA, Ibadan, Nigeria: 2-23.
- Roose E., 1996.** Land husbandry : component and strategy. FAO Soils Bulletin, Rome, 70: 380p.
- Roose E., Barthès B., 2006.** Carbon erosion and its selectivity at the plot scale in Tropical and Mediterranean regions. In "Soil erosion and carbon dynamics", E. Roose, R. Lal, C. Feller, B. Barthès and B. Stewart eds., CRC, publisher, Boca Raton, *Advances in Soil Science* : pp. 55-72.
- Wischmeier W., Smith D., 1978.** Predicting rainfall erosion losses. A guide to soil conservation planning. USDA, Washington, handbook n°537, 58p.



Semis de légumineuse dans les chaumes de céréales.

**Restauration de la productivité
des sols tropicaux et méditerranéens
Contribution à l'agroécologie**

Version préliminaire



Eric ROOSE
Editeur scientifique

IRD Editions
INSTITUT DE RECHERCHE POUR LE DEVELOPPEMENT
MONTPELLIER, JUILLET 2015