

Labour biologique contre labour mécanique : comparaison de leurs effets sur la structure du sol au Nord Cameroun

Krishna Naudin¹, Oumarou Adoum², Guilhem Soutou³, Eric Scopel⁴

1 SODECOTON/Projet ESA - CIRAD-CA, BP 302, Garoua, Cameroun, krishna.naudin@cirad.fr

2 SODECOTON/Projet ESA, Garoua, Cameroun

3 ENSAM, Montpellier, France

4 CIRAD-CA, Brasilia, Brésil

Summary

The present study was carried out in the cotton belt in the Far-North Province of Cameroon. It has been focused on the physical properties of soils under mulch-based cropping systems. The experimental design was drawn from one on Direct seeding Mulch-based Cropping system (DMC) trial location under a controlled conditions in the region of Kaéle (700-800 mm mean annual rainfall), and where a network of 20 farmers is carrying out on-farm trials in the region of Maroua (800 mm mean annual rainfall). Plots under mulch-based cropping systems established 2, 3 or 4 years ago were compared against farmers' traditional plots under direct seeding without mulch or with tillage practice. These plots were cropped with sorghum or cotton. Using the gravimetric method it has been shown that the apparent density of soils on the upper horizons under DMC was lower compared to soils from the farmers' traditional cropping systems. Bulk density values lie between 1.2 g/cm³ to 1.5 g/cm³ against 1.6 g/cm³ to 1.7 g/cm³ for farmers' traditional control plots. These results are due to an increase in soil porosity induced probably by a higher soil biological activity. A better water infiltration was also obtained under DMC against the farmers' traditional systems. These mean infiltration values were obtained using the double ring and "Beer can" methods, and lie between 0.9 to 5 mm min⁻¹ for the mulch-based system against 0.6 to 1 mm min⁻¹ for the farmers' traditional systems. This study shows that after a period of less than 3 years under DMC an improvement of the physical properties of the soil was clearly obtained, notably soil porosity and consequently soil water dynamics. This improvement affects the soil water availability and therefore water supply to the crops.

Key words: direct-seeding mulch-based cropping systems, cotton, bulk density, water infiltration, soil structure

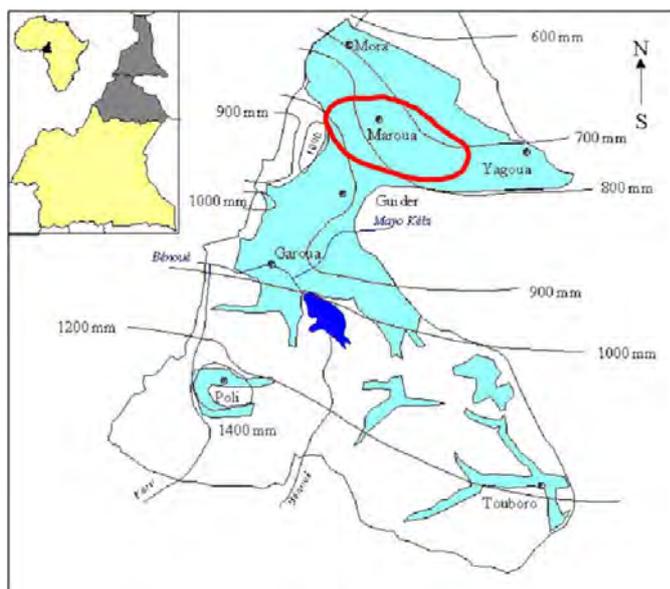
Introduction

Dans la province de l'Extrême Nord il semblerait que les rendements en coton décroissent depuis des décennies sous l'action conjuguée de la baisse de la fertilité des sols, de la diminution de la pluviométrie et sans doute de la diminution de l'efficacité d'utilisation de cette pluviométrie. Parmi les solutions qui pourraient répondre à ce problème la Sodecoton (Société de développement du coton du Cameroun) expérimente depuis 2001 les SCV (Systèmes de culture sur couverture végétale) (Naudin *et al* 2005). Les SCV sont basés sur 2 principes : absence de labour et couverture végétale permanente (Séguy *et al*, 1996). Les principaux systèmes de culture testés actuellement sont basés sur une rotation bisannuelle : céréales + plantes de couverture la première année, puis, en année 2, coton sur la paille produite l'année 1. Pour plus d'informations sur le détail des techniques employées, voir Naudin et Balarabe (2005 a et b).

Cette étude s'est déroulée dans le cadre du stage d'ingénieur agronome de Adoum Oumarou (Adoum, 2005). Elle est complémentaire de celle de G. Soutou (Soutou *et al*, 2005) qui s'est intéressé à l'impact des SCV sur l'économie de l'eau. Il est également en relation avec le travail de S. Bikay qui lui a étudié sur l'impact des SCV sur la faune épigée et endogée du sol (Brevault 2005). Cette étude est à la charnière des deux autres car les changements dans la physique du sol sont en partie une conséquence de l'activité biologique et sont une des causes des modifications du bilan hydrique des cultures.

Nous avons cherché ici à quantifier l'impact des SCV sur la structure du sol puisque au Nord Cameroun c'est elle qui conditionne en grande partie le bilan hydrique des cultures (Scopel 2004, Soutou *et al* 2005). Nous verrons tout d'abord quel est le contexte physique de l'étude, puis les méthodes employées, les résultats, et les commentaires de ces résultats avant de conclure.

Contexte de l'étude



Carte 1 : Nord et Extrême Nord du Cameroun, en bleu : zone cotonnière, en rouge : zone d'étude

Une pluviométrie contraignante

La province E-N présente les caractéristiques climatiques d'une bordure sud du Sahel. La saison des pluies dure de mai à octobre. La pluviométrie annuelle est comprise entre 400 et 1000 mm (Map 1). De 1970 à 2003, elle est en moyenne de 782 mm à Maroua et de 805 mm à Kaele. Elle est très irrégulière, notamment en début et fin de saison des pluies. Elle présente également des variations interannuelles importantes (figure 1). L'écart type des pluviométries annuelles de 1970 à 2001 est de 164 mm. De plus, la province connaît une baisse sensible de la pluviométrie depuis au moins un demi-siècle : la moyenne pluviométrique à Maroua était de 879 mm de 1944 à 1970 contre 782 mm pour la période 1970-2003. Enfin, elle est marquée par le caractère orageux des événements pluvieux.

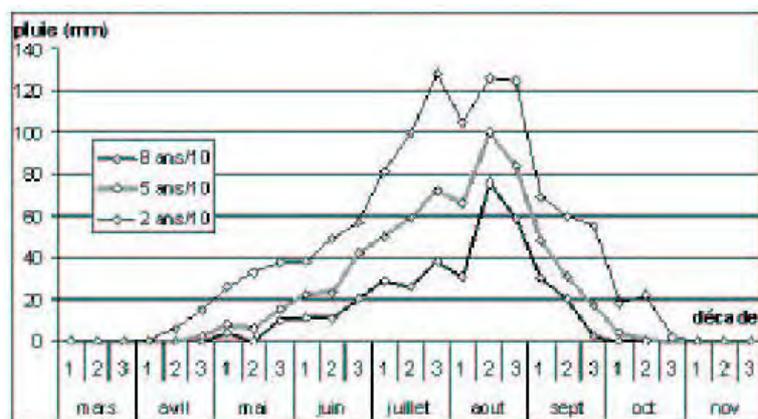


Figure 1 Analyse fréquentielle de la pluviométrie de 1970 à 2001 (E-N). (Données : IRAD). Pluviométrie décennale minimum (mm) observée 2 ans sur 10 ; 5 ans sur 10 et 8 ans sur 10.

La pluviométrie de la province présente donc un faisceau de caractéristiques contraignantes qui sont principalement sa limitation quantitative, son irrégularité inter et intra annuelle et l'intensité des événements pluvieux.

Des sols variés mais instables (E-N)

Les sols de la province sont à dominance sablo-argileuse. On trouve majoritairement 4 types de sols : (Raunet, 2003) :

- Sol 1) : Les sols peu évolués sur arène (« régosol ») dans les situations de piémont où la pente avoisine les 2-4 %. L'érosion est active et se manifeste souvent par des ravinements. Le sol y est riche, sableux et non-structuré, et possède une faible capacité de stockage de l'eau. (Figure 3)

Full paper

- Sol 2) : Les sols ferrugineux tropicaux lessivés hydromorphes, sont souvent à dominance limono-sableuse à limono-argilo-sableuse sur les 50 premiers cm (15 % à 20 % d'argile), passant progressivement à argilo-sableuse (20 % à 40 % d'argile). Leurs structures sont souvent massives du fait du ciment argileux à base de kaolinite et d'illite non-gonflante. Lorsqu'ils sont cultivés, ces sols présentent souvent des « glaçages » de la surface (ou colmatage). (figure 4 et 5).
- Sol 3) : Une variante de ce type de sol est son équivalent sur une zone carapacée ou gravillonnaire dont la manifestation se situe entre 20 et 80 cm. (figure 6)
- Sol 4) : Les sols fersiallitiques, ou « sols rouges » sont d'étendue très limitée et se trouvent sur le glacis de piémont. Ils ont très argileux (30 à 55 %) et très peu sableux. Ils possèdent une bonne fertilité, sans doute la meilleure parmi la gamme des sols existants dans la région. (Figure 7)

De prime abord, et de par leur nature souvent sableuse, les sols de l'E-N ne peuvent se structurer efficacement. Ils ont tendance à se dégrader facilement.

Matériels et méthodes

Sites

Cette étude a été menée sur deux types de parcelles de coton :

- + En milieu contrôlé à Zouana, sur des parcelles conduites par l'équipe du projet ESA (x : 14.5389, y : 10.1278). Elles font chacune 750 m² découpée en 3 niveaux de fertilisation (F1 : 100 kg ha⁻¹ NPK 22.10.15 + 25 kg ha⁻¹ d'urée sur SCV, F2 : 200 kg ha⁻¹ NPK + 50 kg ha⁻¹ d'urée sur SCV, F3 : 300 kg ha⁻¹ NPK, 50 kg ha⁻¹ d'urée + 50 kg ha⁻¹ d'urée sur SCV)
- + En milieu paysan dans les villages de Mambang (x : 14.2559, y : 10.6722), M'bozzo (x : 14.1639, y : 10.6806), Kilwo (x : 14.0167, y : 10.6833), et Gawel (x : 14.1, y : 10.4167). Elles mesurent 2 500 m² et sont séparées en 2 : une partie témoin, une partie SCV. La partie SCV mesure de 600 à 1 250 m². Toutes les parcelles sont en coton et ont été cultivées l'année précédente par du sorgho seul sur les témoins, avec du sorgho + une plante de couverture sur les parties SCV (Tableau 1).

En milieu contrôlé (Zouana) les mesures sont réalisées plus souvent qu'elles ne peuvent l'être en milieu paysan. En dehors de ce travail sur les propriétés physiques du sol et d'un autre sur le bilan hydrique des cultures (Soutou *et al*, 2005), nous avons également mené sur les mêmes parcelles un travail de suivi de la macrofaune vivant à la surface et dans le sol (Brévault *et al*, 2005).

Tableau 1 : liste des parcelles avec localisation, type de sol, précédent en 2003 et nombre d'années en SCV

Type de parcelle	Site	Type de sol, cf. intro)	Numéro	Précédent 2003	En SCV depuis :	Témoin	Quantité de résidus au semis (T ha ⁻¹)
Contrôlées	Zouana	3)	1	Sorgho + <i>Dolichos lablab</i>	2002	-	4
		3)	3	Sorgho en semis direct	-	Semis direct	0
		3)	4	Sorgho sur labour	-	Labour	0
		3)	5	Sorgho + brachiaria	2002	-	4
		3)	11	Sorgho + crotalaire	2002	-	4
Paysannes	Mambang	4)	3104 SCV	Sorgho + brachiaria	2002	-	3
		4)	3104 T	Sorgho en semis direct	-	Labour	0
	M'bozzo	2)	3106 SCV	Sorgho + brachiaria	2002	-	3
		2)	3106 T	Sorgho en semis direct	-	Labour	0
	Kilwo	1)	2706 SCV	Sorgho + brachiaria	2002	-	10
		1)	2706 T	Sorgho sur labour	-	Labour	0
		1)	2702 SCV	Sorgho + brachiaria	2002	-	10
		1)	2702 T	Sorgho en semis direct	-	Labour	0
	Gawel	2)	3002a SCV	Sorgho + brachiaria	2003	-	3
		2)	3002a T	Sorgho sur labour	-	Labour	0

Indicateurs et paramètres suivis

Sur le site de Zouana les indicateurs et paramètres sont notés :

- + au moment au semis (1^{ère} décade de juin)
- + avant le buttage du témoin (3^{ème} décade de juin)
- + après le buttage du témoin (1^{ère} décade de juillet)
- + en fin de cycle (3^{ème} décade de septembre)

Sur les parcelles paysannes ils sont relevés avant le buttage du témoin.

Texture

La texture a été évaluée pour les horizons 0-10, 10-20, 20-30, 30-40 cm sur chacune des parcelles. Elle a été découpée en 5 classes : argile, limon fin, limon grossier, sable fin, sable grossier.

Etats de surface

Dans nos conditions de sols et de climats les états de surfaces conditionnent fortement l'infiltration (Scopel 1994, 2004). Nous avons choisi de les caractériser à l'aide de quelques critères et d'une échelle de notation visuelle (Figure 2) :

Figure 2 échelle visuelle pour la notation des états de surface, 3 critères sont évalués : macro et microporosité, croûte de battance, et résidus



Très défavorable, note : 1



Défavorable, note : 2



Favorable, note 3



Très favorable, note 4

Pour chaque parcelle, et à chaque date, 6 placettes de 1 m² sont choisies de manière aléatoire. Ces placettes sont découpées en aire élémentaire de 10 X 10 cm. Chaque aire se voit attribuer une note d'état de surface, la note de la placette correspondra à la moyenne de chacune de ces placettes et la note de la parcelle à la moyenne de celles des placettes.

Densité apparente du sol

Après les états de surface c'est la porosité du sol qui conditionne l'infiltration de l'eau. Nous l'avons estimée ici au travers de la densité apparente du sol. Elle a été mesurée en prélevant des cylindres de 100 cm³ qui ont été pesés après 24 H à 105°. Les prélèvements ont été effectués à 4 profondeurs différentes : 0-10, 10-20, 20-30, 30-40 cm. 6 répétitions sont effectuées pour chaque mesure.

Infiltration de l'eau

La vitesse d'infiltration de l'eau a été mesurée sur le site de Zouana à l'aide de la méthode des doubles anneaux et estimé sur les parcelles paysannes par la méthode « beer can ».

Doubles anneaux : ils permettent de mesurer l'infiltration en régime stabilisé en éliminant les flux latéraux. Pour chaque parcelle et date, 4 répétitions ont été effectuées.

Full paper

« Beer can » : il s'agit en fait d'un anneau simple. L'eau s'écoule donc verticalement et en partie latéralement. La mesure ne donne donc pas directement la conductivité hydraulique (Ks). Mais puisqu'elle est plus simple elle peut être répétée plus souvent. Chaque valeur est la moyenne de 6 répétitions.

Profil hydrique

La teneur en eau a été évaluée à différentes profondeurs (0-10, 10-20, 20-30, 30-40 cm) grâce à des prélèvements de sol à la tarière qui sont pesés avant et après passage à l'étuve. Six profils ont été réalisés à chaque prélèvement. C'est la valeur médiane qui est prise en considération. L'humidité mesurée en poids d'eau par rapport au poids de terre est ensuite exprimée en volume d'eau par rapport au volume de terre grâce aux valeurs de densité apparente.

Rendements

Les rendements en coton fibre sont estimés sur la parcelle à la récolte. Sur le site de Zouana la totalité de la parcelle est pesée. En milieu paysan la récolte d'une ligne sur 5 est pesée (ligne n°3, 8, 13,...), l'échantillon correspond donc à 20 % de la surface totale.

Résultats

Texture

Les textures des différents sites étudiés vont de sableux à argilo limono sableux couvrant ainsi assez bien la diversité des sols de la région. Dans l'ensemble les sols sont à dominance sableuse qui n'est pas très favorable en terme de réserve utile.

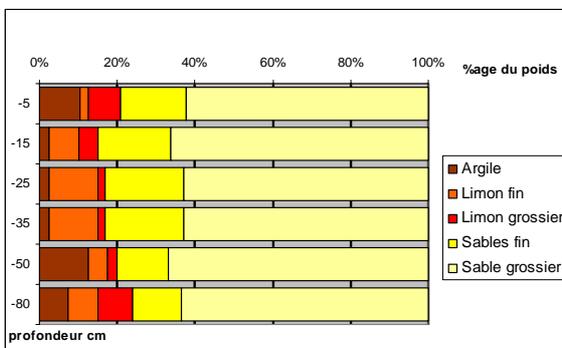


Figure 3 : texture du sol sur les parcelles de Kilwo

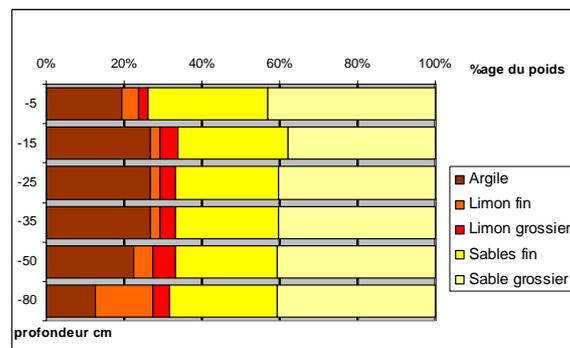


Figure 4 : texture du sol sur les parcelles de Gawel

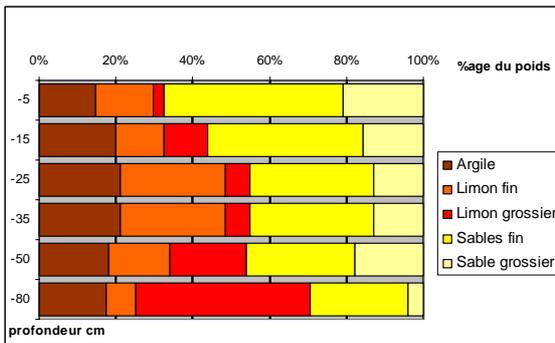


Figure 5 : texture du sol sur les parcelles de Mbozo

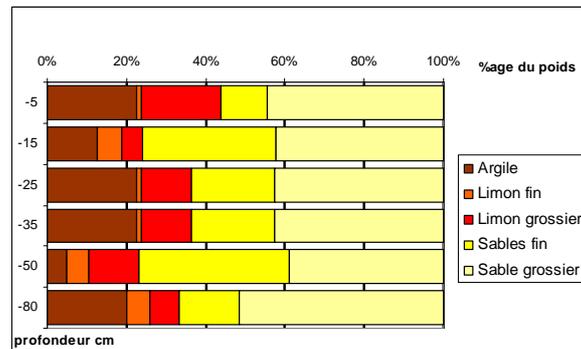


Figure 6 : texture type du sol sur une parcelle de Zouana (n°1)

Full paper

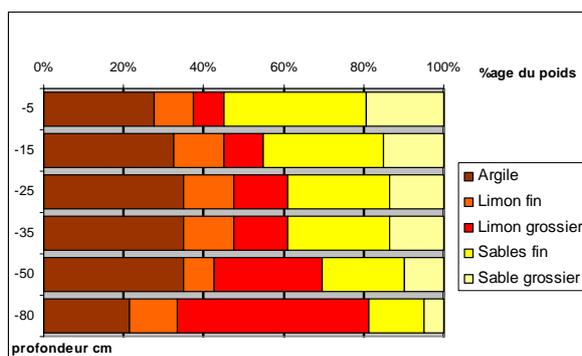


Figure 7 : texture du sol sur les parcelles de Mambang

Etats de surface

Site contrôlé

Au semis, les états de surface sont plus favorables sur les parcelles SCV précédent sorgho + brachiaria et labour. Sur ce dernier, c'est le travail du sol qui crée une rugosité. Sur ces SCV, c'est la présence des résidus et les traces d'activités biologiques qui créent une rugosité et une porosité de surface. Les états les plus mauvais sont obtenus sur la parcelle en semis direct (sans résidus). Sur ces parcelles, l'absence de labour n'est pas compensée par la présence de résidus de récolte ou par suffisamment d'activité biologique. La surface du sol y est glacée. Les SCV sorgho + dolique, ou + crotalaire présentent des états de surface moins bons que celui avec sorgho + brachiaria essentiellement car les résidus de ces plantes de couverture couvrent moins bien le sol. En cours de cycle les états de surface se dégradent sur la parcelle labourée essentiellement à cause de la compaction de la surface du sol sous l'impact des gouttes de pluie. En revanche, les états se maintiennent sur les SCV avec dolique et crotalaire et s'améliorent avant de se dégrader pour la parcelle sur brachiaria. Le semis direct sur sol nu présente toujours les états de surface les plus mauvais même s'ils s'améliorent légèrement après le buttage.

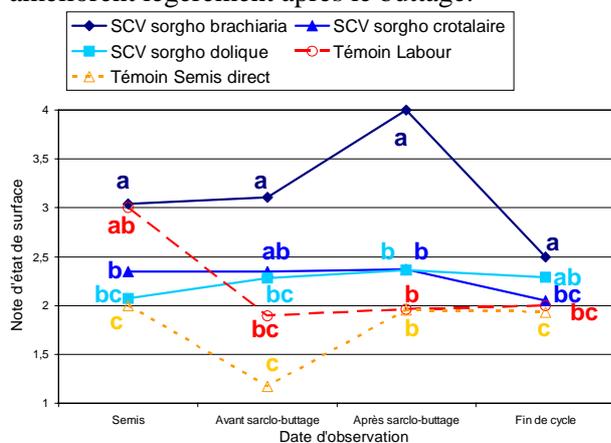


Figure 8 : évolution des états de surface du semis à la fin du cycle. 6 répétitions par mesures, les valeurs suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 % avec un test de Tukey

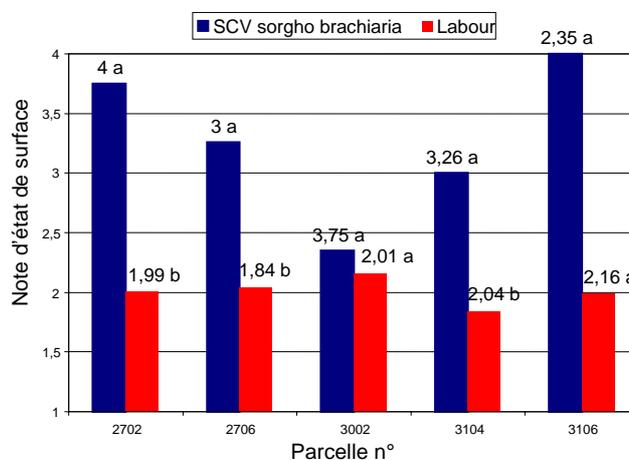


Figure 9 : différence d'état de surface entre témoin et SCV précédent sorgho + brachiaria sur 5 parcelles paysannes avant le buttage, 6 répétitions par mesure. Les valeurs suivies de la même lettre ne diffèrent pas au seuil de 5 % avec le test de Tukey.

Parcelles paysannes

Les observations sur le site de Zouana sont confirmées en milieu paysan. Sur les 5 parcelles les états de surface sont toujours meilleurs sur la parcelle SCV sorgho + brachiaria par rapport au témoin.

Densité apparente

Sur le site de Zouana

Nous ne présentons ici que les résultats obtenus sur l'horizon 0-10 cm (Figure 10). C'est là que les différences entre les modes de gestion du sol sont les plus visibles. Au semis, c'est sur labour que la densité est plus favorable (la plus basse). Toutefois, elle ne diffère pas significativement des valeurs obtenues en semis direct, SCV sorgho + brachiaria, sorgho + crotalaire. En cours de cycle, les parcelles témoins sur sol

Full paper

nu se tassent, la densité augmente. En revanche le sol est de plus en plus poreux sur les parcelles en SCV quand on progresse dans la campagne agricole. On peut supposer que c'est le cumul des galeries et autres remaniements causés par l'activité biologique qui permettent au sol de rester aéré en SCV. Au travers de ces mesures de densité apparente on peut constater que le travail du sol en début de cycle n'a pas un effet durable sur la porosité du sol. En revanche, sur les parcelles SCV, l'activité biologique, les racines, et une meilleure structuration du sol grâce à plus de matière organique, créent de la macroporosité de manière plus durable, c'est le « labour biologique ».

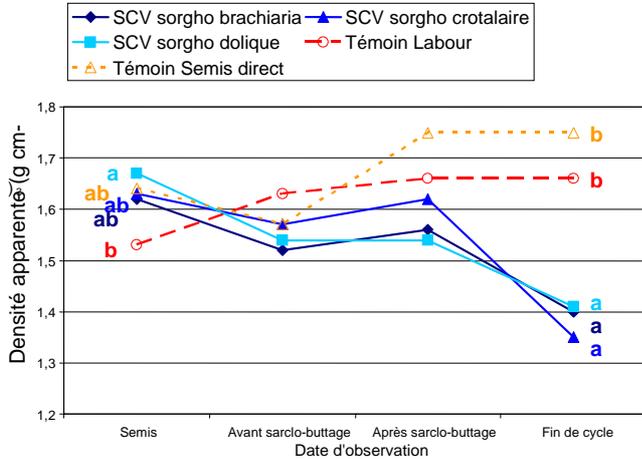


Figure 10 : évolution de la densité apparente de l'horizon 0-10 cm sur le site de Zouana, suivant les modes de gestion du sol.

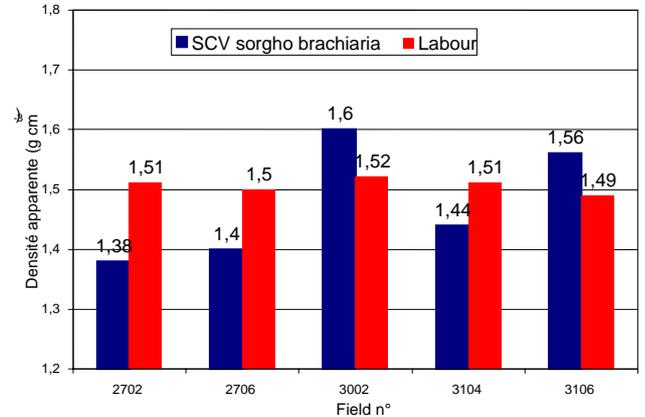


Figure 11 : densité apparente de l'horizon 0-10 cm avant le sarco buttage, parcelles en milieu paysan. 6 prélèvements par parcelle. Les valeurs ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% avec le test de Tukey.

En milieu paysan

Sur les 5 parcelles observées, 3 présentent une densité plus faible en SCV et 2 une densité plus forte en SCV (Figure 11). Ces différences ne sont pas statistiquement significatives. C'est sans doute le choix de la date de mesure, avant le sarco-buttage, qui fait que les différences entre systèmes ne sont pas nettes comme sur le site de Zouana à cette même période. Si on considère la première moitié du cycle durant laquelle s'établit le système racinaire, on ne retrouve pas de différence marquée de densité apparente en surface pour l'ensemble de ces traitements.

Infiltration de l'eau

Site de Zouana

Au moment du semis les valeurs d'infiltration les plus faibles sont relevées sur les parcelles en sorgho + crotalaire et en semis direct. Les valeurs les plus élevées sont obtenues sur les parcelles SCV sorgho + brachiaria et sorgho + dolique. L'infiltration sur labour est proche, quoique inférieure, à ces deux derniers systèmes. Il est intéressant de constater que bien que le labour vienne d'être effectué l'infiltration n'est pas significativement améliorée comparée à des SCV avec suffisamment de résidus. Entre la fin de cycle et le début, l'infiltration est divisée par 3 sur labour, elle passe de 1,8 mm min⁻¹ à 0,6 mm min⁻¹. C'est une des conséquences de l'évolution de la densité apparente que nous avons vue plus haut. C'est la parcelle en sorgho + brachiaria, qui conserve le plus de résidus, qui maintient les valeurs d'infiltration les plus hautes et les plus constantes du début à la fin du cycle.

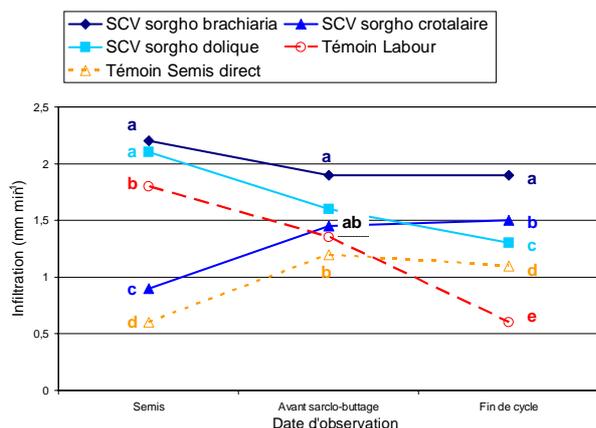


Figure 12 : évolution de l'infiltration sur le site de Zouana mesurée par la méthode du double anneau. A chaque date les valeurs suivies de la même lettre ne diffèrent pas au seuil de 5 % par le test de Tukey, 4 répétitions par mesure.

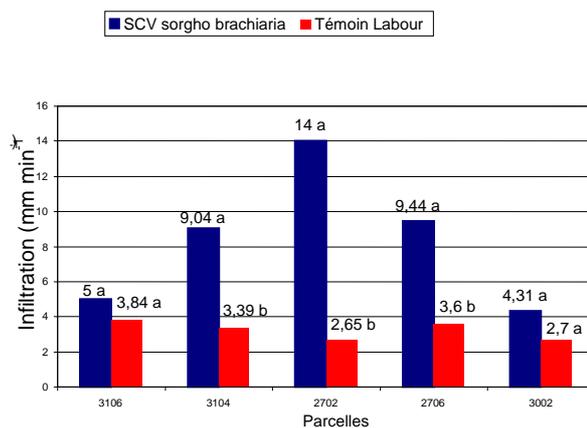


Figure 13 : mesure de l'infiltration de l'eau sur les parcelles paysannes avant le sarco-butage par la méthode "beer can". 6 répétitions par mesure. Les valeurs suivies d'une même lettre ne diffèrent pas significativement au seuil de 5% avec le test de Tukey.

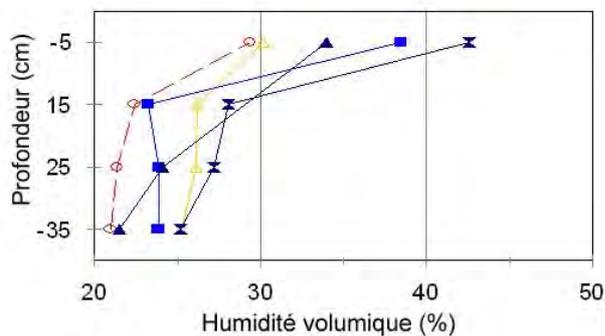
Parcelles paysannes

Les mesures en milieu paysan ont été effectuées par la méthode « beer can ». Leurs valeurs ne sont pas comparables en valeur absolue avec celles obtenues par la méthode des doubles anneaux sur le site de Zouana. Toutefois, les conclusions sont les mêmes : l'infiltration est significativement meilleure sur les parcelles en SCV par rapport au témoin labouré.

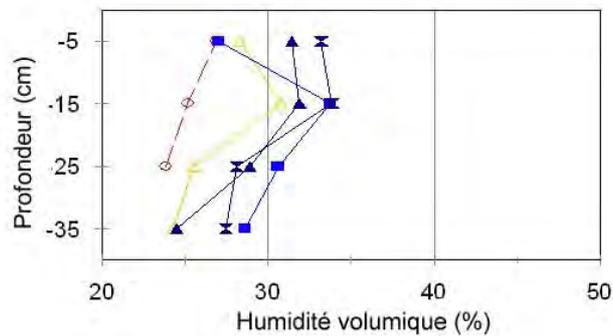
Profil hydrique

Site de Zouana

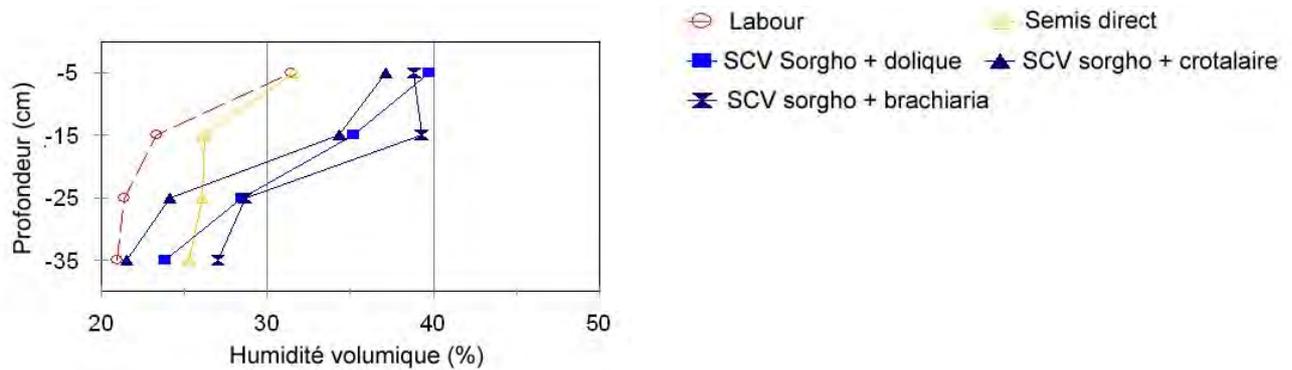
Après avoir constaté une meilleure infiltration de l'eau nous avons cherché à voir si cela s'est traduit par une plus grande teneur en eau dans le sol. C'est sur labour que les teneurs en eau sont les plus faibles. Elles sont même plus faibles que sur semis direct ce qui pourrait être surprenant car nous avons pu voir que l'infiltration est meilleure sur labour. La différence vient sans doute que sur labour le développement végétatif du cotonnier, et donc la consommation d'eau, sont plus importants en début de cycle que sur semis direct. En SCV, malgré un développement végétatif plus important, la teneur en eau est en général encore supérieure par rapport aux témoins. Ce qui signifie qu'en SCV le surplus d'eau infiltré est supérieur au surplus de consommation. Parmi les traitement SCV ce sont les parcelles sur couverture de sorgho + brachiaria qui présentent une teneur en eau plus élevée. Les mesures de ruissellement réalisées sur ces mêmes parcelles (Soutou *et al*, 2005) confirment nettement ces données.



a



B

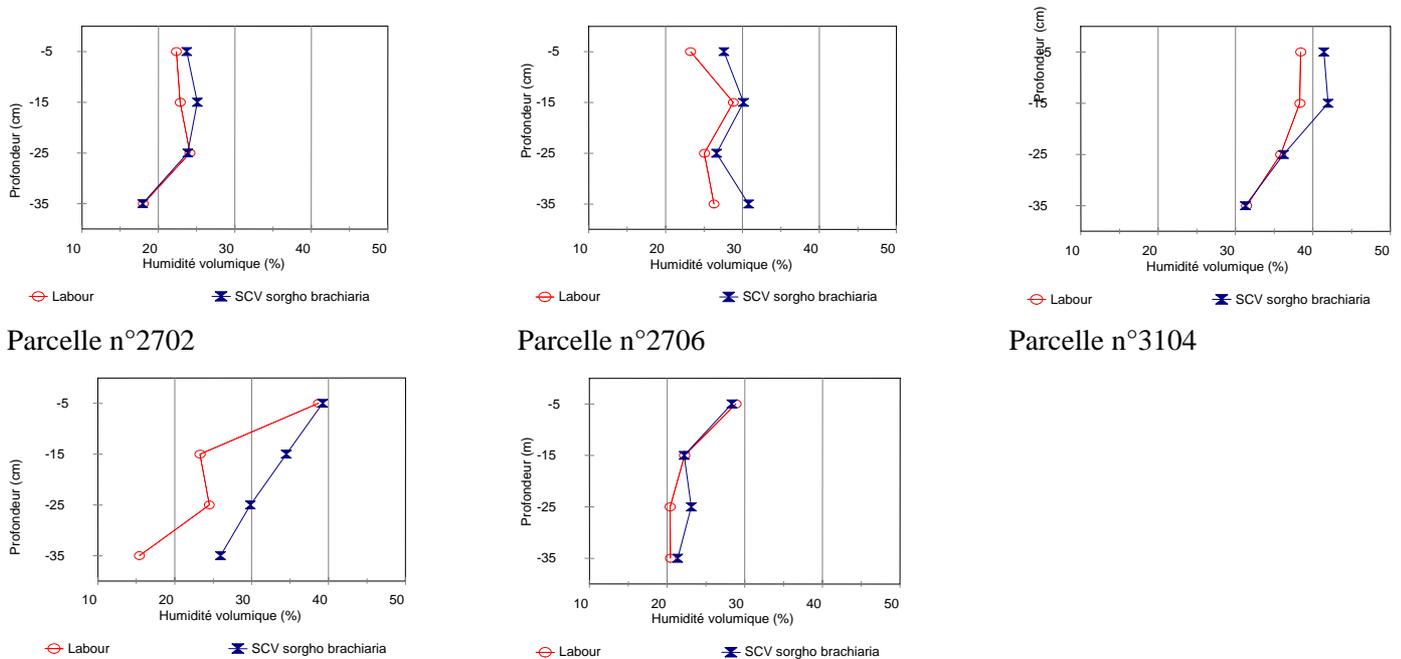


c

Figure 14 : humidité volumique en fonction de la profondeur et du système de culture. a : au semis (première décade de juin), b : avant le sarclage (dernière décade de juin), c : en fin de cycle (dernière décade de septembre). Chaque valeur correspond à la médiane de 6 mesures.

Parcelles paysannes

L'humidité volumique varie bien sûr entre les différentes parcelles. Toutefois, sur chacune d'entre elles et pour tous les horizons elle est quasi systématiquement plus élevée dans les parcelles SCV précédant sorgho + brachiaria que dans les parcelles labourées (figure 15).



Parcelle n°3106

Parcelle n°3202a

Figure 15 : profil hydrique avant le buttage de 5 parcelles en milieu paysan. Chaque valeur correspond à la médiane de 6 mesures.

Rendements

Site de Zouana

Les rendements les plus élevés sont atteints en SCV (figure 17). Il faut toutefois remarquer qu'en cours de campagne la meilleure alimentation en eau avait causé un fort développement végétatif du cotonnier. Ce développement végétatif ne s'est pas traduit dans les mêmes proportions sur le rendement car nous avons conservé la même densité qu'en itinéraire conventionnel, *i.e.* 100 000 plants/ha théorique. Cette densité est adaptée sur les itinéraires conventionnels où le cotonnier n'a pas un fort développement mais elle ne l'est apparemment plus sur des parcelles en troisième année de SCV où le cotonnier pousse plus vite.

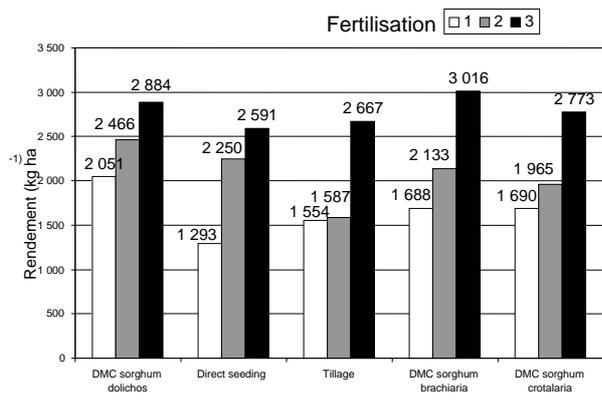


Figure 16 : rendement en coton fibre sur le site de Zouana

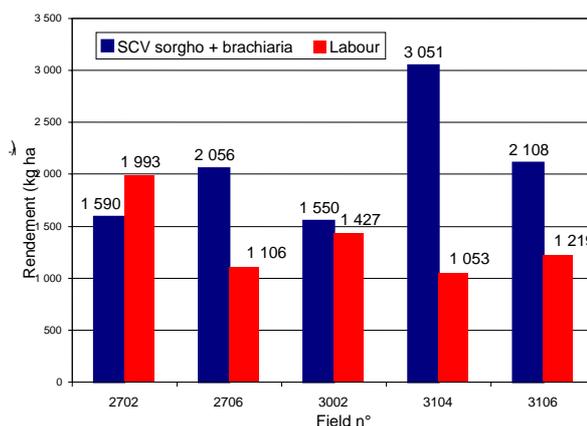


Figure 17 : rendement en coton fibre des parcelles paysannes

Parcelles paysannes

A une exception près (2702), pour cause d'enherbement, les rendements sont toujours plus élevés sur les parcelles SCV par rapport aux témoins.

Discussion

L'évolution des **états de surface** au cours du cycle est fonction des systèmes. Ces états se dégradent sur sol nu sous l'effet des premières pluies qui tassent la fine couche de terre pulvérulente issue du labour. En terme d'état de surface le semis direct sans couverture est le pire système car la surface du sol n'est pas protégée de l'impact des gouttes de pluies et il n'y a pas de travail pour casser la croûte de battance. Dans les deux systèmes sur sol nu, labour et semis direct, il se forme une première barrière qui empêche la pénétration de l'eau et par conséquent entraîne le ruissellement et l'érosion. En revanche, dans les systèmes SCV les états sont favorables voire très favorables car la couverture protège le sol contre l'impact des gouttes de pluies. Les états les plus favorables ont été obtenus sur la parcelle sorgho + brachiaria essentiellement car les résidus de brachiaria sont très peu attaqués par les termites et se minéralisent très lentement. Ils restent donc longtemps à la surface du sol. Au Mexique, Scopel (1994) a obtenu des résultats similaires aux nôtres en comparant des paillis de maïs à des parcelles labourées sur des sols similaires à ceux du Nord Cameroun. Les effets des systèmes de culture sur la **densité apparente** sont nettement plus marqués dans l'horizon 0-10 cm. En effet, la charrue descend rarement en dessous et l'activité biologique est concentrée près de la surface. Au semis la densité apparente est légèrement inférieure après labour par rapport aux parcelles en SCV mais cette différence n'est pas statistiquement significative. Dans cette région le labour sert principalement à créer de la macroporosité plus qu'à lutter contre les adventices. Au fur et à mesure que l'on avance dans la campagne agricole la densité augmente sur les parcelles sur sol nu. Ainsi, en fin de cycle, elle est de $1,66 \text{ g cm}^{-3}$ sur labour et $1,75 \text{ g cm}^{-3}$ sur semis direct sans paillis. En revanche, la densité diminue sur la parcelle SCV, ainsi elle atteint $1,4 \text{ g cm}^{-3}$ sur la parcelle SCV précédent sorgho + brachiaria. Cela signifie 20 % de porosité en plus sur cette parcelle par rapport au labour ce qui est très important avec ce type de sol qui a naturellement des densités apparentes élevées pouvant rapidement devenir limitantes pour la croissance des racines. On voit donc que les effets du travail mécanique s'estompent assez rapidement alors qu'en SCV on constate au contraire une amélioration. L'augmentation de porosité est probablement due à l'action des invertébrés fouisseurs qui sont plus nombreux sur les parcelles SCV (Brévault *et al* 2005). Mando (1997) confirme également que les insectes fouisseurs jouent un rôle important dans la réhabilitation des propriétés physiques du sol notamment la porosité. Des résultats similaires aux nôtres ont été obtenus au Nigeria par Franzen *et al* (1993) et aux Etats Unis par Mc Garry *et al* (2000). Ces derniers ont montré que la densité apparente s'améliore de manière significative avec semis direct sous l'effet de l'activité biologique. Quant à l'évolution de la densité sur labour, Boli Baboulé *et al* (1996) avait déjà démontré au Nord Cameroun que le travail du sol se caractérisait par un tassement du sol tout au long de la campagne. Sur le site de Zouana, au semis, l'**infiltration de l'eau** est déjà significativement meilleure dans les SCV sorgho + brachiaria, et sorgho + dolique par rapport au témoin labouré. Malgré le travail mécanique du sol, l'infiltration n'est pas meilleure que celle des SCV. L'écart s'accroît en cours de cycle puisque sur labour l'infiltration passe de $1,8$ à $0,6 \text{ mm min}^{-1}$ entre le semis et la fin de cycle alors que dans le même temps elle évolue de $2,2$ à $1,9$ en SCV sorgho + brachiaria. On voit bien ici que les meilleures caractéristiques de porosité et états de surface en SCV se répercutent directement sur l'infiltration. Puisque l'infiltration est

Full paper

accrue en SCV le ruissellement lui diminue. Ainsi, les mesures réalisées sur les mêmes parcelles ont montré (Soutou *et al*, 2005) que pour une pluviométrie de 573 mm, plus de 95 mm sont perdus par ruissellement sur la parcelle labourée contre seulement 9,5 sur la parcelle SCV sorgho+brachiaria. Sur chacune des 6 parcelles paysannes suivies l'infiltration est également meilleure en SCV que sur les témoins labourés. Des résultats similaires ont été obtenus par Scopel *et al* (1999). Il est ressorti de leur étude que dans les SCV, même avec des couvertures très faibles : 1 500 kg ha⁻¹, il y a diminution du ruissellement et amélioration de l'infiltration. D'autres études effectuées par Dardanelli (1998) et Papendick (1996) confirment ce type de résultats. Enfin, nous avons pu constater que l'amélioration de l'infiltration se retrouve dans le **profil hydrique** du sol. Sur le site de Zouana quels que soient la date ou l'horizon, la teneur en eau est plus élevée dans les systèmes SCV que sur labour. C'est le fruit d'une meilleure infiltration mais aussi sans doute de moins d'évaporation grâce au paillage et d'une meilleure rétention de l'eau grâce à une porosité plus élevée. En milieu paysan la même tendance s'observe mais avec parfois des différences plus faibles entre SCV et témoin. Là aussi de nombreuses études dans le monde ont pu faire le même constat en comparant SCV et systèmes conventionnels : Bénites et Ashburner (2001), Bezuayehu *et al* (2002), Perez (1994).

Conclusion

Nous avons pu voir que même en 3^{ème} année les SCV présentent quasi systématiquement des caractéristiques physiques du sol meilleures que les systèmes conventionnels que ce soit le semis direct sans paillis ou le labour. Ainsi, les états de surface sont bien plus favorables en SCV. Le phénomène de croûte de battance qui bloque la pénétration de l'eau et de l'air dans le sol est beaucoup moins présent en SCV. La première barrière à l'infiltration de l'eau est levée. Ensuite, nous avons vu que la densité apparente est plus faible ce qui signifie que la porosité est plus importante. L'amélioration de la structure par : 1) le travail de la macrofaune, 2) l'augmentation de la teneur en matière organique et 3) la présence de nombreuses racines, est le résultat du « labour biologique ». Les données recueillies ont mis en évidence qu'il est plus efficace et plus durable que celui effectué à la charrue. L'amélioration des états de surface et de la porosité du sol se traduisent par une plus grande quantité d'eau dans les horizons explorés par les racines, les profils hydriques ont pu le démontrer. Parmi les systèmes comparés, nous avons pu constater que c'est le système avec sorgho + brachiaria qui est le plus favorable en terme d'amélioration physique du sol. Cela est essentiellement causé sous le sol, par les racines de brachiaria qui colonisent fortement le sol, et en surface à ses feuilles et tiges qui se minéralisent très lentement et sont très peu attaquées par les termites.

Bibliographie

- Adoum O. (2005). Effets des modes de culture sur les propriétés physiques du sol : comparaison du semis direct et systèmes de culture sur couverture végétale au Nord du Cameroun. Mémoire d'ingénieur agronome, FASA, Dschang, Cameroun.
- Benites J. R., Ashburner J.E. (2001). FAO's role in promoting conservation agriculture. In : 1st world congress on conservation agriculture, Madrid, 1-5 october. T
- Bezuayehu T, Gezahegen A, Yigezu A, Jabbar MA, Paulos D (2002). Nature and cause of land degradation in Oromya region : a review. Socio economics and policy research working paper ILRI, Nairobi, Kenya.
- Brévaut T, Bikay S, Naudin K.. (2005). Macrofauna pattern in conventional and direct seeding mulch-based cotton cropping systems in North Cameroon. In III^e world congress on conservation agriculture, Nairobi (African conservation tillage network).
- Boli Baboulé Z., Roose E, Bep Aziem B., Sanon K., Waechter F. (1996) Effets des techniques culturales sur le ruissellement, l'érosion et la production de coton et maïs sur un sol ferrugineux tropical sableux. Recherche de systèmes de culture intensifs et durables en région soudanienne du Cameroun (Mbissiri, 1991-92). Cahier ORSTOM Pédol. 28, 2 : 309-326.
- Dardanelli J (1998). Efficiencia di et al. Eds. Hemisferio el uso del agua segun sistema de labranza. In Simebra directa, J.L. Panigatti *et al*. Eds. Hemisferio sur, Buenos Aires.
- Franzen R., Lal R. Ehlers W (1993). Tillage and mulching effects on physical properties of a tropical alfisol. Soil and tillage research. 28 : 329-346.
- Mando A. (1997). The role of termites and mulch in the rehabilitation of crusted sahelain soils. Tropical resource management paper n° 16. Wageningen agricultural university. Wageningen 101 p.
- Mc Garry D., Bridge B J., Rodford B (2000). Contrasting soil physical properties after zero and traditional tillage of an alluvial soil in the semi-arid tropics. Soil and tillage research. 53 : 105-115

- Naudin K., Balarabe O., Séguy L., Guibert H., Charpentier H., Boulakia S., Abou Abba A., Thézé M. (2005) A Four-year timeframe to develop and begin extension of direct seeding mulch-based cropping systems, in the cotton belt of North Cameroon.
- Naudin K., Balarabe O. (2005a) Four-years of experimentation on under mulch by North Cameroonian farmers. In III^e world congress on conservation agriculture, Nairobi (African conservation tillage network).
- Naudin K., Balarabe O. (2005b) Four-years of experimentation on cereals under direct seeding mulch-based cropping system by North Cameroonian farmers. In III^e world congress on conservation agriculture, Nairobi (African conservation tillage network).
- Papendick RI (1996). Lasiembra directa y lao rotaciones como estrategia de crecimiento empresarial. In proceeding of the sixth AAPRESID annual no till conference, AAPRESID rosario.
- Perez P (1994). Genèse du ruissellement sur les sols cultivés du sud Saloum (Sénégal) : du diagnostic à l'aménagement des parcelles. 252 p. Thèse de doctorat en science agronomique, ENSAM, Montpellier, France.
- Raunet M. (2003). Quelques clefs morphopédologiques pour le Nord-Cameroun à l'usage des agronomes.
- Scopel E. (1994). Le semis direct avec paillis de résidus dans la région de V. Carranza au Mexique : Intérêt de cette technique pour améliorer l'alimentation hydrique du maïs pluvial en zone à pluviométrie irrégulière. Thèse doctorat, INA-PG.
- Scopel E., Chavez Guerra E., Tostado J.M. (1999). Le semis direct avec paillis de résidus dans l'ouest mexicain : une histoire d'eau ? Agriculture et développement no 21 pp 71-21.
- Scopel E. (2004) Rapport de mission au Nord Cameroun du 01 au 10/05/2004 : Appui au volet SCV du projet Eau-Sol-Arbre sur l'analyse des impacts des SCV sur la valorisation de la ressource pluviométrique. CIRAD Montpellier
- Séguy L., Bouzinac S., Trentini A., Cortes N.A. (1996). L'agriculture brésilienne des fronts pionniers. Agriculture et développement n°12 (spécial). CIRAD, Montpellier
- Soutou G. (2004). Modifications du bilan hydrique par les systèmes de culture sur couverture végétale : Cas du cotonnier et du sorgho dans l'Extrême- Nord du Cameroun. Mémoire de DAA. ENSAM Montpellier
- Soutou G., Naudin K., Scopel E. (2005). Crop water balance in conventional and direct seeding mulch-based cotton cropping systems in North Cameroon. In III^e world congress on conservation agriculture, Nairobi (African conservation tillage network).