

Effets du travail minimum du sol en sec sur la flexibilité du calendrier agricole et le rendement du maïs en zone soudanienne du Burkina Faso

K. Coulibaly^{1,2*}, E. Vall^{3,4}, K. Naudin^{5,6}, H.B. Nacro¹ & M. Havard^{2,7,8}

Keywords: Native knowledge- Natural resources- Ethnobotany- Conservation- Burkina Faso

Résumé

Les variations spatio-temporelles, la sporadicité des pluies et les poches de sécheresse rendent très aléatoire l'installation des cultures après labour dans le système technique actuel. L'objectif de notre étude était de montrer, en situation réelle de culture, l'effet de la technique de travail minimum du sol en sec sur la flexibilité du calendrier agricole en début d'hivernage et le rendement du maïs. Pour ce faire nous avons comparé le travail minimum du sol en sec (MT) et le labour conventionnel (CT) en sol humide sur les parcelles de 23 producteurs en 2010 et 17 producteurs en 2011. Les résultats montrent une diversité dans les pratiques des producteurs. De façon globale, le MT donne des rendements et des marges brutes équivalents à ceux du labour conventionnel. Le MT permet de réaliser les semis précoces et de mettre les premières pluies utiles à profit des cultures. Toutefois, le MT induit une augmentation non significative ($p>0,05$) du temps de travail par rapport au labour CT. Le MT se présente dans les exploitations à traction animale comme une technique pouvant permettre de mieux organiser le calendrier agricole surtout durant la période des semis avec des performances équivalentes au labour.

Summary

Effects of Minimum Tillage on the Flexibility of the Agricultural Calendar and on Maize Yields in the Sudanese Region of Burkina Faso

The spatial and temporal variations, the sporadic rains and drought pockets make unpredictable the installation of crops after plowing in the current technical system. The aim of our study was to evaluate, in real conditions of farming, the effect of the minimum tillage on the flexibility of the agricultural calendar at the beginning of the rainy season and on the maize yield. We compared the minimum tillage (MT) on dry soil and the conventional tillage (CT) on moist soil. These treatments were installed on plots by 23 farmers in 2010 and by 17 farmers in 2011. The results show a diversity in farmers practice. Overall, MT provides yields and gross margins equivalent to those of conventional tillage. MT makes it possible to achieve early planting and take advantage of the first useful rains. However, MT induced a non-significant ($p>0.05$) increase in working time compared to CT. MT practiced farms using animal traction can help in better organizing the crop calendar, especially during the planting period with performances equivalent to those of conventional tillage.

¹Université Nazi Boni, Institut du Développement Rural, Laboratoire d'Etude et de Recherche sur la fertilité du Sol, Bobo-Dioulasso, Burkina.

²Centre International de Recherche-Développement sur l'Élevage en zone Sub-humide Faso, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso.

³CIRAD, UMR SELMET, F-34398 Montpellier, France.

⁴SELMET, Univ Montpellier, CIRAD, Montpellier, France.

⁵CIRAD, UR AIDA, F-34398 Montpellier, France.

⁶AIDA, Univ Montpellier, CIRAD, Montpellier, France.

⁷CIRAD, UMR INNOVATION, F-34398 Montpellier, France.

⁸INNOVATION, Univ Montpellier, CIRAD, Montpellier, France.

*Auteur correspondant: Email: kalifacoul1@yahoo.fr

Reçu le 20.02.17 et accepté pour publication le 08.12.17

Introduction

L'agriculture du Burkina Faso est essentiellement de type pluvial. Or, nous assistons de plus en plus à une diminution des volumes pluviométriques et à des variations spatio-temporelles des pluies. Ces dernières, la sporadicité des pluies et les poches de sécheresse rendent très aléatoire l'installation des semis (13). Dans le système technique actuel marqué par l'utilisation importante de la traction animale, l'installation des cultures intervient de plus en plus tardivement après le labour. Les exploitations à traction animale utilisent généralement la charrue à soc pour le travail du sol après le passage de pluies utiles (13). Pour permettre aux exploitations agricoles de procéder à temps aux opérations de préparation du sol pour le semis, des outils et des techniques de travail du sol en sec ont été développés (2, 9, 10, 12). Sédogo *et al.* (12) ont montré que les dents de travail du sol en sec RS8 et IR12 sont destinées à intervenir sur des sols secs; elles permettent un éclatement du sol qui améliore l'humectation du profil en début de cycle. Barro *et al.* (2) ont utilisé ces outils pour la mécanisation du zaï qui est un système traditionnel de réhabilitation de la productivité des terres pauvres et encroûtées consistant à creuser manuellement des trous pour y concentrer les eaux de ruissellement et les matières organiques. Lhoste *et al.* (10) indiquent que le décompactage en sec avec le coutrier (dent en forme de pointe rigide) est intéressant pour les zones semi-arides dont les sols prennent en masse en saison sèche. Il faciliterait l'infiltration des premières pluies et permettrait un étalement des travaux de préparation des sols et un semis précoce.

Bien que ces technologies de travail du sol à l'état sec présentent des avantages, elles ne sont pas suffisamment diffusées et ne font pas l'objet d'appropriation par les producteurs. Ceci pourrait en partie être expliqué par la faible implication des paysans dans les travaux de conceptions d'innovations conduits par la recherche. Pour pallier cette insuffisance, nous avons proposé de tester en milieu réel le travail du sol en sec avec la dent IR12, en impliquant les producteurs à toutes les étapes de la recherche et de l'expérimentation. L'objectif de cet article est donc de montrer, en conditions réelles de culture, l'effet du travail du sol à l'état sec sur la flexibilité du calendrier agricole en début d'hivernage et le rendement du maïs. Pour atteindre cet objectif, la technique de travail minimum du sol en sec a été comparée au labour à la charrue à soc en sol humide, les deux étant réalisés avec la traction animale.

Matériel et méthodes

Site d'étude

L'étude a été conduite dans sept villages de la province du Tuy située à l'Ouest du Burkina Faso (Figure 1). La province du Tuy est soumise à un climat soudanien avec une pluviosité moyenne d'environ 1.000 mm par an. Les hauteurs d'eau enregistrée sont en moyenne de 1.077 ± 126 mm pour l'année 2010 et de 879 ± 109 mm pour l'année 2011. La province est caractérisée par une forte densité de population (en moyenne $41,5$ habitants km^{-2}) et une densité en unité de bovin tropical (UBT) de 45 UBT. km^{-2} .

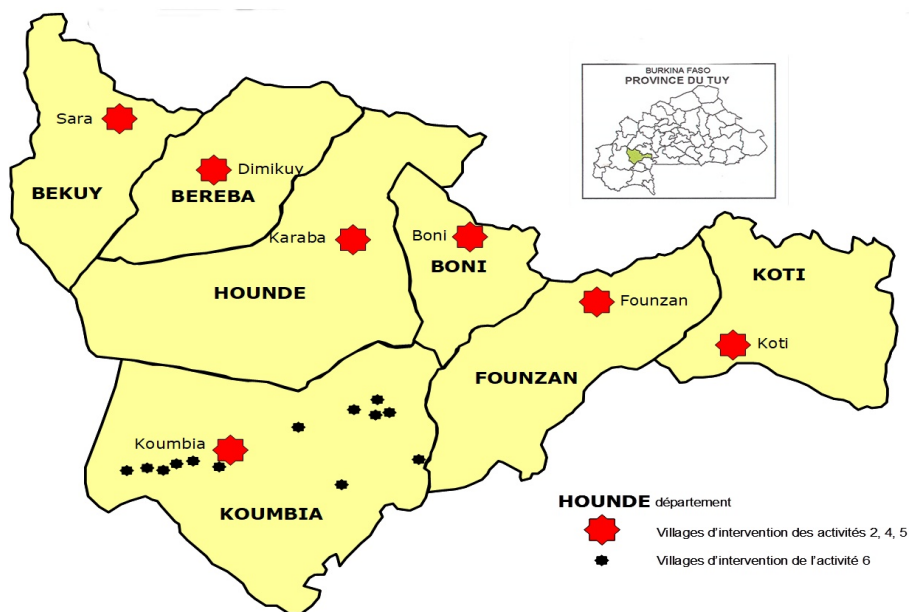


Figure 1: Province du Tuy: Villages d'intervention du projet.

Dispositif expérimental des essais

Les essais ont été conduits dans le cadre d'une démarche de recherche action en partenariat qui s'est appuyée sur des Cadres de Concertation Villageois (CCV) mis en place dans le cadre du projet Fertipartenaires (14).

Elle se déroule suivant trois phases:

- la phase de diagnostic des situations,
- la phase de recherche de solutions et
- la phase de l'expérimentation chez et par les paysans qui se divise en trois étapes qui sont l'élaboration de protocoles et de cahiers de charges, l'exécution de l'expérimentation et l'évaluation de l'expérimentation.

Les CCV ont servi de cadre d'enrôlement et de mobilisation des paysans. Le dispositif (Figure 2) est mis en place par chaque expérimentateur. Chaque parcelle élémentaire mesure 1.250 m², soit 25x50 m. Deux traitements sont comparés:

- le labour conventionnel (CT) et
- le travail minimum du sol en sec (MT).

Les essais ont été mis en place en 2010 par 23 producteurs volontaires dans les 7 villages et en 2011 par 17 producteurs dans 3 villages (Karaba, Koumbia et Founzan). Au total, 40 producteurs ont conduit les expérimentations sur les 2 ans.

Un itinéraire technique (consensuel) a été co-élaboré avec les expérimentateurs pour qu'il y ait une certaine homogénéité entre les traitements. Mais, dans les conditions des producteurs, on enregistre une diversité de pratiques. Les opérations observées par chaque expérimentateur se résument comme suit:

- Le travail conventionnel (labour) s'est déroulé selon les pratiques habituelles de l'expérimentateur avec une charrue à soc (Figure 3a).
- Le travail minimum du sol en sec (MT) qui s'est déroulé entre les mois de mai et de juin des 2 années d'études, a consisté à éclater le sol pour faire les lignes de semis avec la dent IR12 (Figure 3b).

La fumure organique est apportée dans les raies sur la partie MT et avant le labour sur la partie conventionnelle.

Le maïs (*Zea mays* L.), a été semé aux écartements de 80x40 cm. La variété locale cultivée par le producteur a été utilisée avec un cycle moyen de 100 jours. Le complexe NPK et l'urée ont été apportés sur le maïs à des doses qui variaient d'un producteur à un autre.

Variables utilisées

Les variables utilisées dans cette étude sont les variables liées à la pluviosité, aux itinéraires techniques, aux rendements du maïs et les marges brutes (Tableau 1).

La pluviosité (quantité d'eau tombée 7 jours avant le semis, 7 et 21 jours après le semis et cumul d'eau entre avril et octobre de chaque année) a été obtenue à partir de mesures à travers des pluviomètres installés dans chaque village.

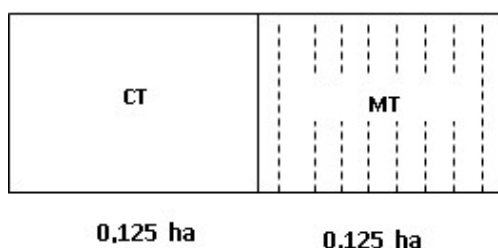
Les données sur les itinéraires techniques (les dates des travaux, les densités de peuplement, les doses de fumures organique et minérale) et sur les temps de travaux (hors récolte) ont été collectées par enquête au cours du cycle.

Les rendements en grain et en tiges du maïs ont été déterminés sur des placettes (4 par traitement) de 12 m² de façon aléatoire.

La marge brute par hectare représente la valeur de la production par hectare diminuée des charges brutes (11). La valeur de la production par hectare a été obtenue en affectant une valeur aux produits du maïs (grains, pailles), sur la base des prix moyens du marché local d'octobre à décembre (125 FCFA/kg pour le maïs grain) et après enquête auprès des producteurs (5 FCFA/kg de pailles de maïs). Les charges brutes par hectare ont été obtenues en sommant les charges élémentaires d'intrants (semences, herbicides, engrais, insecticides) et de travail (hors récolte). Le tarif pratiqué durant la période et dans la zone de l'étude pour le temps de travail a été utilisé (soit 500 FCFA pour une journée avec 1 journée correspondant à 6 heures de travail).

Analyse statistique de données

La méthode d'analyse multi-variée a été utilisée du fait qu'il y a une diversité de pratiques culturelles dans les expérimentations en milieu paysan. Une analyse en composantes principales (ACP) a été effectuée sur les données d'itinéraires techniques du traitement CT et les données pluviométriques pour les 40 producteurs. Les variables liées aux rendements du maïs et aux marges brutes ont été considérées comme des variables supplémentaires. L'ACP a permis de déterminer les variables qui contribuent beaucoup à la variabilité entre les pratiques des producteurs. Une classification ascendante hiérarchique (CAH) a ensuite été réalisée à partir du tableau des coordonnées des observations sur les axes factoriels obtenus de l'ACP. Elle a permis de constituer des groupes de pratiques culturelles homogènes. Les analyses de variance (ANOVA) ont été réalisées pour comparer les traitements (CT et MT) à l'intérieur de chaque groupe. Pour les ANOVA, le test de Newman et Keuls a permis de comparer les moyennes au seuil de 5%. Le logiciel XLSTAT version 2014.4.07 a été utilisé.



CT= labour conventionnel, MT= travail minimum du sol.

Figure 2: Dispositif expérimental par producteur.



Photos: Coulibaly K., 2017.

Figure 3: Photos des outils de travail du sol: charrue à soc (A) et dent IR12 (B).

Tableau 1
Liste des variables utilisées.

Nom des variables	Unité	Description
<i>Informations sur la pluviométrie</i>		
PLUI 7JAvS	mm	quantité d'eau tombée 7 jours avant le semis
PLUI 7JApS	mm	quantité d'eau tombée 7 jours après le semis
PLUI 21JApS	mm	quantité d'eau tombée 21 jours après le semis
PLUI AVR-OCT	mm	cumul d'eau tombée entre avril et octobre de chaque année
<i>Informations sur l'itinéraire technique</i>		
TRAV SOL	Date	Date de travail conventionnel ou du travail du sol en sec
TRAV SOL-SEMI	Numérique	Ecart entre la date de travail du sol et la date de semis
SEMI	Date	Date de semis
DENS	pieds/ha	Densité de maïs à l'hectare
SEM-SARC	Numérique	Nombre de jours entre semis et sarclage
SEM-NPK	Numérique	Nombre de jours entre semis et apport de NPK
SEM-UREE	Numérique	Nombre de jours entre semis et apport d'Urée
<i>Informations sur la fertilisation</i>		
FO	kg/ha	Quantité de fumure organique apportée
Qté NPK	kg/ha	Quantité de NPK apporté
Qté UREE	kg/ha	Quantité d'Urée apporté
<i>Information sur le temps de travail</i>		
TPS TRAV	j/ha	Temps de travail total
<i>Informations sur le rendement du maïs et la marge brute</i>		
RDT GRAIN	kg/ha	Rendement en grain de maïs obtenu à l'hectare
RDT PAILLE	kg/ha	Rendement en paille de maïs obtenu à l'hectare
MB	FCFA/ha	Marge brute calculée à partir du produit brut diminué des charges brutes

1 FCFA= 655,957 euros

Résultats

Diversité des itinéraires techniques

La figure 4 montre que le plan factoriel, constitué par les axes F1 et F2, explique 40,04% de la variabilité. Le cosinus carré des variables montre que l'axe F1 discrimine des individus en fonction des conditions de semis et de levée qui sont caractérisées par les variables pluie 21 jours après semis (PLUI 21JApS), semis (SEMI) et densité (Tableau 2). Quant à l'axe F2, il discrimine des individus en fonction des conditions d'humidité du sol au moment du semis et de l'entretien des cultures (sarclage, engrais). Cet axe est lié aux variables pluie 7 jours avant semis (PLUI 7JAvS), l'écart entre le semis et le sarclage (SEM-SARC), l'écart entre le semis et l'apport de NPK et d'urée (SEM-NPK et SEM-UREE). A partir du tableau des coordonnées des observations de ces axes factoriels obtenus de l'ACP, une classification ascendante hiérarchique (CAH) a été réalisée. Elle donne 3 groupes de pratiques et de conditions pluviométriques, avec une coupure du dendrogramme à un niveau de dissimilarité 41 (Figure 5). L'analyse des caractéristiques de ces groupes (Tableau 3), montre que le groupe 1 (n=10) a reçu plus d'eau de pluie avant le semis, mais très peu d'eau les 3 semaines qui ont suivi le semis. Ce groupe 1 a également apporté de faibles quantités d'engrais (NPK et urée).

Le groupe 2 (n=12) se caractérise par un semis précoce, des apports importants en engrais (NPK et urée) et un cumul d'eau de pluie le plus élevé sur la période d'avril à octobre.

Le groupe 3 (n=18) a reçu peu d'eau avant semis, beaucoup d'eau durant les 3 semaines qui ont suivi le semis et un cumul d'eau (avril-octobre) plus faible par rapport aux 2 autres groupes. Ce groupe 3 a observé la densité de peuplement la plus importante avec un sarclage et un apport d'engrais NPK précoces comparativement aux autres groupes. Le groupe 3 se remarque aussi au niveau de la date de semis qui est tardive par rapport au groupe 2.

Amélioration de la flexibilité du calendrier agricole en début d'hivernage par le travail minimum du sol en sec

La figure 6 montre que le travail minimum en sec (MT) permet d'effectuer le travail du sol et le semis avant le labour conventionnel (CT). Pour le travail du sol, on enregistre un écart de 12, 8 et 13 jours entre les traitements MT et CT respectivement pour les groupes 1, 2 et 3. Concernant le semis, l'écart entre les traitements MT et CT est de 9 jours pour les groupes 1 et 3; et de 1 jour pour le groupe 2. Pour le groupe 3, la différence observée entre les traitements est significative ($p < 0,05$) aussi bien pour le travail du sol et pour le semis. Cette différence n'est pas significative entre les traitements pour les groupes 1 et 2.

Effet du travail minimum du sol en sec sur le temps de travail, les rendements du maïs et la marge brute

Les résultats montrent que le travail minimum en sec augmente le temps de travail total par rapport au labour conventionnel de 54, 17 et 13% respectivement pour les groupes 1, 2 et 3 (Tableau 4). Toutefois, les augmentations de temps des opérations culturales enregistrées ne sont pas significatives ($p > 0,05$), excepté le temps de travail du sol pour le groupe 3 qui est significativement faible ($p < 0,05$) sur le MT comparé au CT. Les données sur les autres opérations culturales (transport de la fumure organique, application d'herbicide et d'engrais) ne sont pas présentées dans le tableau 4, parce qu'elles sont identiques pour les 2 traitements. Les analyses statistiques sur les rendements (Figure 7) et les marges brutes (Figure 8) ne montrent pas de différence significative entre le travail minimum du sol en sec (MT) et le labour conventionnel (CT) pour tous les 3 groupes. Toutefois, on enregistre une tendance à la baisse du rendement en grain de maïs sur le traitement MT ($1.493,11 \pm 834,71$ kg/ha) comparé au traitement CT ($1.908,82 \pm 1.238,30$ kg/ha) pour le groupe 1. Le rendement en grain est également faible sur le traitement MT ($2.425,08 \pm 1.035,88$ kg/ha) par rapport au CT ($2.665,34 \pm 1.617,18$ kg/ha) pour le groupe 2 (Tableau 5). La même tendance est observée pour les marges brutes avec des valeurs de 127.337 ± 109.728 et 229.021 ± 122.040 CFA/ha pour le MT contre 206.113 ± 149.518 et 267.051 ± 200.793 CFA/ha pour le CT respectivement pour les groupes 1 et 2 (Tableau 5). En revanche, on observe, pour le groupe 3, une tendance à la hausse du rendement en grain du maïs et de la marge brute sur le traitement MT ($2.694,84 \pm 1.412,80$ kg/ha et 241.698 ± 171.785 CFA/ha respectivement) par rapport au traitement CT ($2.606,16 \pm 1.174,76$ kg/ha et 231.531 ± 140.025 CFA/ha respectivement).

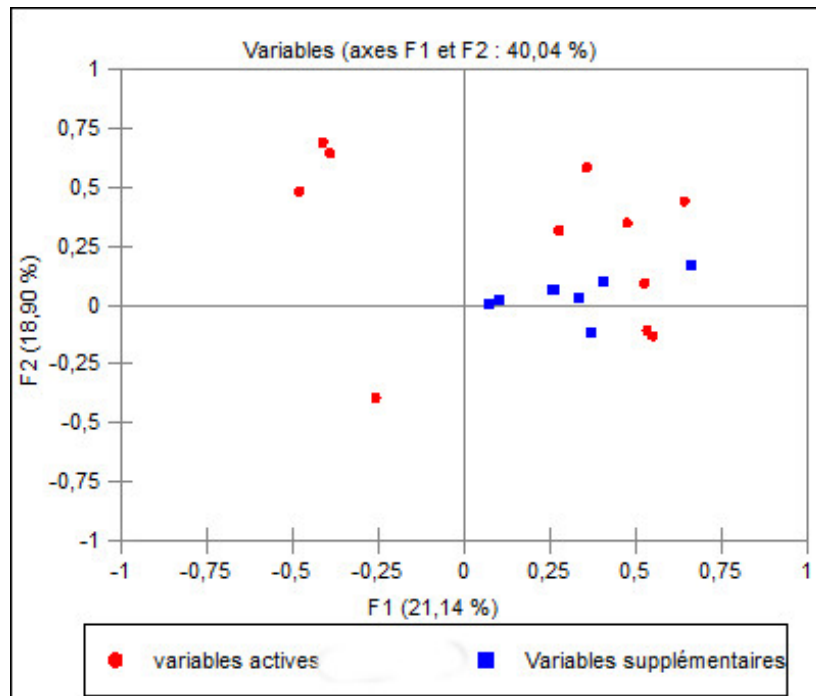


Figure 4: Projection des variables sur un plan constitué par les deux premiers facteurs (F1 et F2).

Tableau 2
Cosinus carré des variables issu de l'ACP.

Variables	F1	F2
Pluie 7 jours avant semis	0,066	0,155
Pluie 7 jours après semis	0,127	0,342
Pluie 21 jours après semis	0,412	0,196
Quantité FO	0,278	0,009
Date Semis	0,285	0,012
Densité	0,303	0,017
Ecart SEM-SARC	0,229	0,235
Ecart SEM-NPK	0,169	0,478
Ecart SEM-UREE	0,152	0,415
Quantité NPK	0,227	0,121
Quantité UREE	0,077	0,100

Tableau 3
Caractéristiques des groupes de pratiques et de conditions pluviométriques.

Variables	Groupe 1 (n = 10)		Groupe 2 (n = 12)		Groupe 3 (n = 18)	
	CT	MT	CT	MT	CT	MT
Pluie 7 jours avant semis (mm)	57 ± 31	56 ± 34	35 ± 37	38 ± 36	30 ± 18	45 ± 26
Pluie 7 jours après semis (mm)	27 ± 23	26 ± 22	34 ± 29	30 ± 22	56 ± 22	38 ± 17
Pluie 21 jours après semis (mm)	83 ± 22	94 ± 39	104 ± 28	92 ± 37	130 ± 25	116 ± 20
Quantité FO (kg/ha)	4625 ± 1033	4272 ± 1817	4402 ± 1163	4394 ± 1295	5778 ± 1800	5667 ± 1847
Densité (Nb pieds/ha)	42229 ± 6044	38604 ± 8840	36128 ± 5826	37378 ± 8948	47407 ± 8064	44606 ± 11743
Ecart SEM-SARC (Nb jours)	34 ± 10	35 ± 10	28 ± 11	26 ± 11	21 ± 9	24 ± 10
Ecart SEM-NPK (Nb jours)	28 ± 7	34 ± 12	33 ± 13	34 ± 14	23 ± 13	28 ± 13
Ecart SEM-UREE (Nb jours)	39 ± 9	52 ± 4	46 ± 11	47 ± 13	40 ± 11	45 ± 13
Qté NPK (kg/ha)	43 ± 49	47 ± 52	161 ± 55	167 ± 57	126 ± 51	124 ± 49
Qté UREE (kg/ha)	25 ± 35	21 ± 34	87 ± 32	84 ± 32	60 ± 31	57 ± 34
Cumul Pluie Avril-Octobre (mm)	1042 ± 180	1042 ± 179	1059 ± 124	1059 ± 124	881 ± 102	881 ± 102

CT= labour conventionnel, MT= travail minimum du sol.

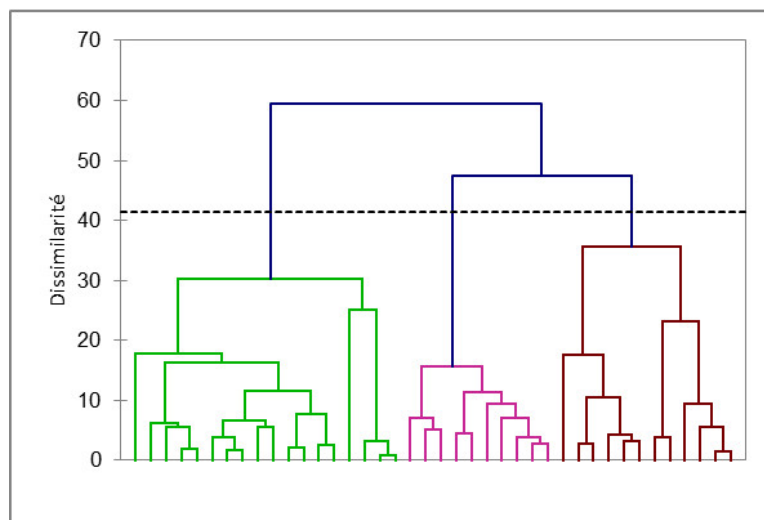
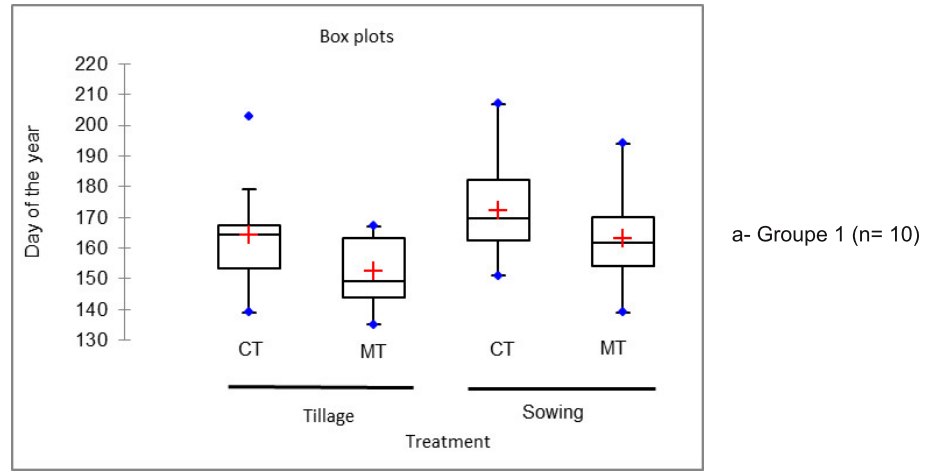
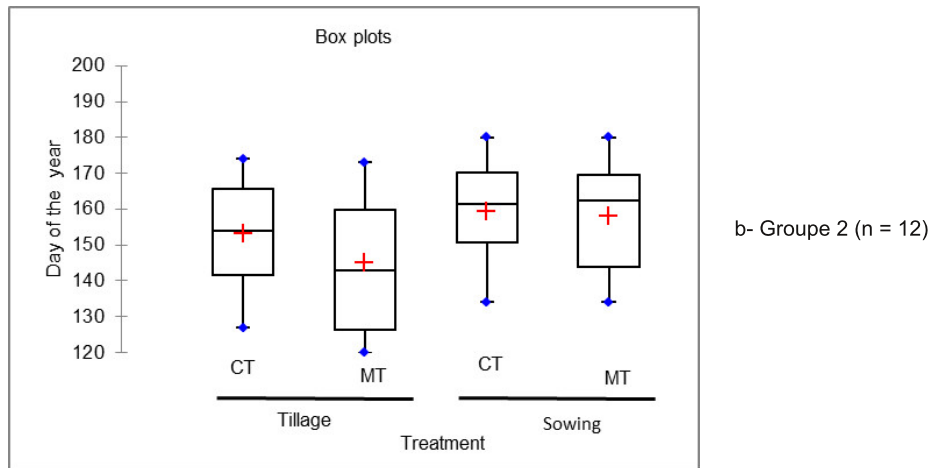


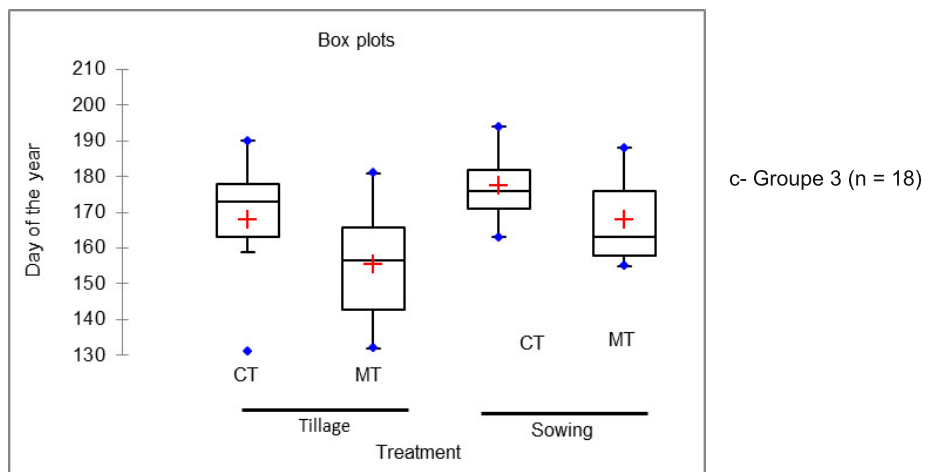
Figure 5: Classification ascendante hiérarchique des pratiques et de conditions pluviométriques (Dendrogramme).



a- Groupe 1 (n= 10)



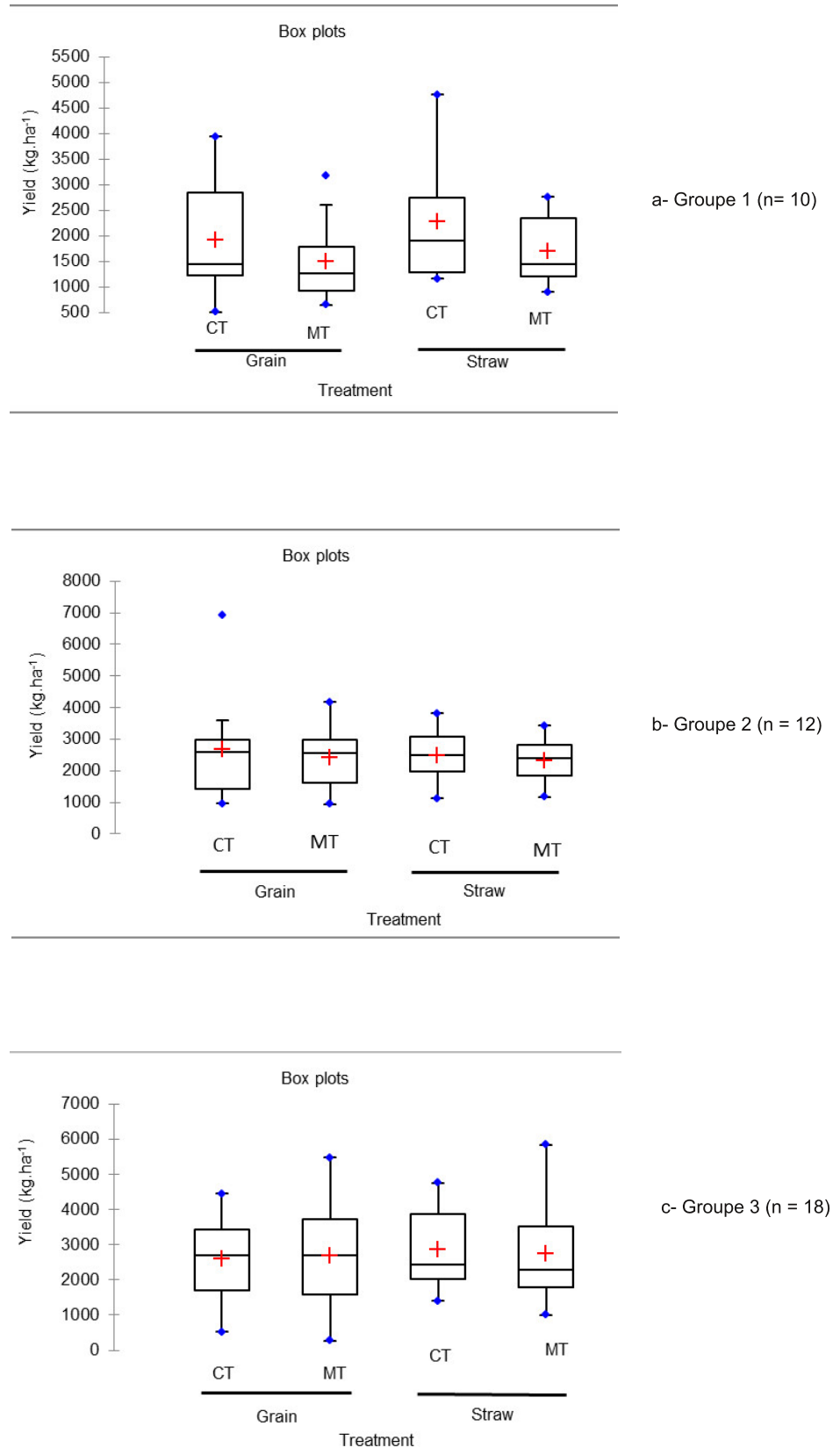
b- Groupe 2 (n= 12)



c- Groupe 3 (n= 18)

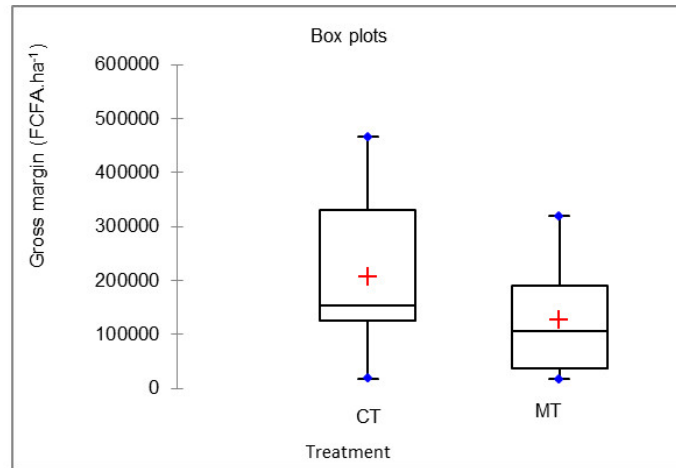
CT= labour conventionnel, MT= travail minimum du sol, Tillage= travail du sol, Sowing= semis.

Figure 6: Comparaison des dates de travail du sol et des dates de semis selon le groupe de pratiques.

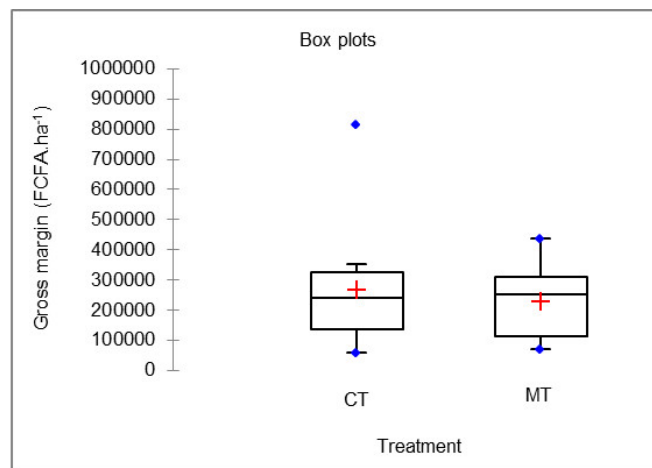


CT= labour conventionnel, MT = travail minimum du sol, Straw= paille, Yield= rendement.

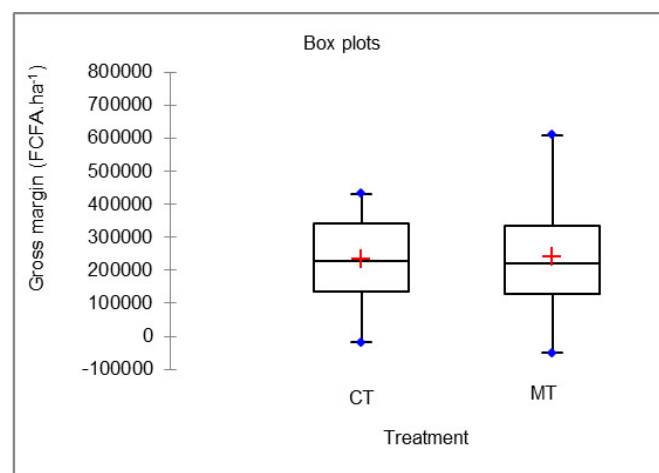
Figure 7: Effet du travail minimum du sol en sec sur les rendements du maïs.



a- Groupe 1 (n= 10)



b- Groupe 2 (n = 12)



c- Groupe 3 (n = 18)

CT= labour conventionnel, MT= travail minimum du sol, Gross margin= marge brute.

Figure 8: Effet du travail minimum du sol en sec sur la marge brute.

Tableau 4
Effet du travail minimum du sol en sec sur les temps de travaux.

	Temps de travaux	CT	MT	F	Probabilité
Groupe 1 (n = 10)	Temps travail du sol (j/ha)	6,68	4,75	0,6076	0,4458
	Temps épandage FO (j/ha)	6,00	7,49	0,2822	0,6017
	Temps sarclage (j/ha)	14,83	17,52	0,1790	0,6772
	Temps total (j/ha)	30,50	66,35	34 777	0,0786
Groupe 2 (n = 12)	Temps travail du sol (j/ha)	5,74	4,08	0,9487	0,3406
	Temps épandage FO (j/ha)	8,90	9,08	0,0019	0,9654
	Temps sarclage (j/ha)	12,25	15,30	0,3009	0,5889
	Temps total (j/ha)	40,64	48,82	0,7008	0,4115
Groupe 3 (n = 18)	Temps travail du sol (j/ha)	6,04	3,51	47 175	0,0369
	Temps épandage FO (j/ha)	8,85	10,10	0,1731	0,6803
	Temps sarclage (j/ha)	10,97	16,97	14 288	0,2402
	Temps total (j/ha)	57,19	65,47	0,6393	0,4299

CT = labour conventionnel, MT = travail minimum du sol, FO = fumure organiques.

Tableau 5
Effet du travail minimum du sol en sec sur le rendement grain et tige du maïs et la marge brute.

		CT	MT	F	Probabilité
Groupe 1 (n = 10)	RDT GRAIN (kg/ha)	1908,82 ± 1238,30	1493,11 ± 834,71	0,775	0,390
	RDT TIGE (kg/ha)	2276,19 ± 1254,97	1698,68 ± 684,18	1,62	0,218
	MB (F CFA/ha)	206 113 ± 149 518	127 337 ± 109 728	1 804	0,196
Groupe 2 (n = 12)	RDT GRAIN (kg/ha)	2665,34 ± 1617,18	2425,08 ± 1035,88	0,188	0,669
	RDT TIGE (kg/ha)	2468,23 ± 856,86	2300,99 ± 720,34	0,268	0,610
	MB (F CFA/ha)	267051 ± 200793	229 021 ± 122 040	0,314	0,581
Groupe 3 (n = 18)	RDT GRAIN (kg/ha)	2606,16 ± 1174,76	2694,84 ± 1412,80	0,042	0,839
	RDT TIGE (kg/ha)	2859,67 ± 1101,67	2745,13 ± 1399,27	0,074	0,787
	MB (F CFA/ha)	231 531 ± 140 025	241 698 ± 171 785	0,038	0,847

CT= labour conventionnel, MT= travail minimum du sol, MB= marge brute.

Discussion

La diversité d'itinéraires techniques enregistrée peut témoigner d'une adaptation des producteurs en fonction de leurs contraintes et/ou atouts (5). Ces adaptations peuvent conduire à un raisonnement des pratiques ou un changement de pratiques à l'échelle de la parcelle voire à l'échelle de l'exploitation (4). Pour notre étude, les conditions pluviométriques et la capacité de travail des exploitations peuvent être considérées comme des facteurs ayant conduit à une diversité des itinéraires techniques.

On pourrait ainsi dire pour le groupe 1 que les conditions pluviométriques étaient favorables à un travail du sol classique (labour). Cela aurait permis de réaliser les semis dans de bonnes conditions d'humidité. Toutefois, une période sèche observée après semis aurait conduit des producteurs de ce groupe 1 à développer des stratégies allant dans le sens de la baisse des apports d'engrais. Cette baisse des quantités d'engrais pourrait s'expliquer par un souci d'économie de la part des agriculteurs après un apport de fumure organique.

La baisse d'engrais pourrait aussi s'expliquer par le fait que s'il ne pleut pas suite au semis, il y a un risque que les plantes meurent et les paysans ne prennent donc pas le risque d'apporter des engrais qui seraient gaspillés si la culture échouait.

Pour le groupe 2, on peut dire que les conditions pluviométriques étaient favorables au MT, même si les agriculteurs ont observé une certaine prudence dans le semis (faible densité). On peut dire également qu'une bonne pluviosité après le semis, a encouragé les producteurs du groupe 2 à bien entretenir les cultures à travers des sarclages précoces et des apports importants en engrais.

Les données des producteurs du groupe 3 laissent penser qu'ils ont adopté les mêmes stratégies que ceux du groupe 2 dans les mêmes conditions pluviométriques avant et après semis. En revanche, le groupe 3 n'a pas pris de risque de semer dans les conditions peu humides par opposition au groupe 2. Les résultats sur l'amélioration de la flexibilité du calendrier agricole montrent que le MT présente un

avantage par rapport au labour classique dans un contexte de précarité des pluies en début de campagne. Les producteurs qui pratiquent le MT pourraient disposer d'environ une semaine pour conduire d'autres activités dans leur exploitation. Le MT pourrait favoriser aussi les semis précoces après les événements pluvieux. Dans les situations de labour conventionnel, les jours qui suivent les événements pluvieux en début de campagne correspondent aux périodes de goulot d'étranglement en travail. Cela est dû au fait que les opérations de labour doivent se faire prioritairement avant les opérations de semis qui peuvent intervenir dans des conditions d'humidité peu satisfaisantes ou de manière tardive.

L'amélioration de la flexibilité du travail par le MT se traduit par une augmentation non significative du temps de travail par rapport au labour conventionnel. Cette augmentation du travail par le MT pourrait s'expliquer par l'augmentation du temps d'épandage de la fumure organique (FO) et de sarclage comparativement au labour qui joue un rôle dans la lutte contre les mauvaises herbes. Des travaux de recherche indiquent qu'il y a un développement important de mauvaises herbes sur les parcelles de travail minimum et/ou de semis direct par rapport aux parcelles labourées (1, 8). La réalisation du travail minimum en sec exigerait plus de temps du fait des conditions d'ensoleillement difficile pour les animaux et les hommes et de la dureté du sol à l'éclatement. Les données sur les rendements et les marges brutes ne montrent pas de différences significatives entre le travail minimum du sol en sec (MT) et le labour conventionnel (CT). Nos résultats sont similaires à ceux de Hernanz *et al.* (7) qui ont comparé durant 30 ans trois systèmes de travail du sol (le travail conventionnel, le travail minimum et le zéro travail du sol) dans les conditions semi-arides de l'Espagne. Ces auteurs indiquent qu'ils n'ont pas observé de différence significative entre les rendements de cultures des trois systèmes de travail du sol. Nos résultats corroborent également ceux de Son *et al.* (13) qui montrent que le travail du sol aux dents IR12 est réalisable en conditions sèches et donne des performances équivalentes au labour à plat à la charrue à soc, en taux de levée comme en production de biomasse du cotonnier au Burkina Faso. La diversité d'itinéraires techniques observée par les producteurs s'est traduite par une diversité de leurs résultats. On pourrait dire que la stratégie adoptée par les groupes 2 et 3 (forte densité de peuplement, sarclage précoce et apport précoce d'engrais NPK) a permis d'avoir de meilleurs rendements en maïs quel que soit le traitement (rendement >2 t/ha) par rapport au groupe 1 (rendement <2 t/ha). La prudence observée par les producteurs du groupe 3 de ne pas semer dans les conditions peu humides serait un atout qui se traduirait par une augmentation non significative du rendement en grain du maïs et de la marge brute sur le traitement MT comparé au

traitement CT. On peut dire que le MT est une pratique novatrice pour les producteurs (car non pratiquée dans la zone d'étude). Il n'a pas pour objectif premier d'augmenter les rendements des cultures par rapport au labour conventionnel, mais il pourrait permettre d'effectuer un semis précoce, de valoriser les premières pluies et de mieux organiser le calendrier agricole. Selon les stratégies des producteurs, il pourrait améliorer les productions des cultures par rapport au labour conventionnel. Le MT est une alternative moins agressive pour la préparation du sol et permet d'améliorer l'utilisation de la fumure organique en la concentrant dans la ligne de semis.

Limité à la ligne de semis, il pourrait assurer une bonne conservation de la structure du sol en évitant le retournement intégral de la parcelle.

Le développement du MT avec la dent IR12 est une bonne perspective de développement de l'agriculture de conservation dont les principes sont le MT, la couverture permanente du sol et la diversification des cultures (3, 6).

Conclusion

Le présent papier montre qu'en partant d'un itinéraire technique consensuel avec les producteurs, on arrive à la fin de l'expérimentation à une diversité de pratiques liée aux conditions pluviométriques et à la capacité de travail, mais aussi à des stratégies des expérimentateurs. Les pratiques culturales qui prennent en compte un semis dans de bonnes conditions d'humidité, une densité importante de peuplement, un sarclage précoce et un apport précoce d'engrais NPK, sont celles qui permettraient aux exploitations agricoles d'enranger des rendements et des marges brutes plus importantes. De façon globale, le travail du sol en sec (MT) donne des rendements et des marges brutes équivalents à ceux du labour conventionnel. Toutefois, le MT permettrait de valoriser les premières pluies utiles et de mieux organiser le calendrier agricole par la réalisation de semis précoce. La limite du MT est l'augmentation du temps d'épandage de la fumure organique et d'entretien des cultures par rapport au labour. Il exige également que les animaux de trait soient bien alimentés durant la saison sèche pour réaliser les travaux dans les conditions sèches. Toutefois, les résultats sur les rendements du maïs augurent de bonnes perspectives pour le développement de l'agriculture de conservation dans le contexte de la zone soudanienne du Burkina Faso.

Remerciements

Les auteurs remercient la Délégation de l'Union Européenne qui a financé le projet Fertipartenaires et les acteurs impliqués dans le projet.

Références bibliographiques

1. Abdellaoui Z., Teskrat H., Belhadj A. & Zaghouane O., 2011, *Étude comparative de l'effet du travail conventionnel, semis direct et travail minimum sur le comportement d'une culture de blé dur dans la zone subhumide*. In: Bouzerzour H., Irekti B. & Vadon (Eds.), 4. *Rencontres Méditerranéennes du Semis Direct*. Zaragoza: CIHEAM/ATU-PAM/INRAA/ITGC/ FERT, pp. 71-87 (Options Méditerranéennes: Série A. Séminaires Méditerranéens, n° 96).
2. Barro A., Zougmore R. & Taonda J.B.S., 2005, Mécanisation de la technique du zaï manuel en zone semi-aride. *Cah. Agri.*, **14**, 6, 549-559.
3. Choudhury S.G., Srivastava S., Singh R., Chaudhari S.K., Sharma D.K., Singh S.K. & Sarkar D., 2014, Tillage and residue management effects on soil aggregation, organic carbon dynamics and yield attribute in rice-wheat cropping system under reclaimed sodic soil. *Soil Tillage Res.*, **136**, 76-83.
4. Compagnone C., Hellec F., Macé K., Morlon P., Munier-Jolain N. & Quéré L., 2008, Raisonement des pratiques et des changements de pratiques en matière de désherbage: regards agronomique et sociologique à partir d'enquêtes chez des agriculteurs. *Innov. Agro.*, **3**, 89-105.
5. Djenontin J.A., Wennink B., Dagbenongbakin G. & Ouinkoun G., 2003, *Pratiques de gestion de fertilité dans les exploitations agricoles du Nord- Bénin*. In: Jamin J.Y., Seiny Boukar L., Christian Floret C., CIRAD - PRASAC, 9 p.
6. FAO, 2013. Conservation agriculture homepage. Available at: <http://www.fao.org/ag/ca/fr/>.
7. Hernanz J.L., Sánchez-Girón V., Navarrete, L., Sánchez, M.J., 2014, Long-term (1983-2012) assessment of three tillage systems on the energy use efficiency, crop production and seeding emergence in a rain fed cereal monoculture in semiarid conditions in central Spain. *Field Crops Res.*, **166**, 26-37.
8. Kuotsu K., Das A., Lal R., Munda G.C., Ghosh P.K. & Ngachan S.V., 2014, Land forming and tillage effects on soil properties and productivity of rainfed groundnut (*Arachis hypogaea* L.) rapeseed (*Brassica campestris* L.) cropping system in northeastern India. *Soil Tillage Res.*, **142**, 15-24.
9. Le Thiec G., 1990, Le coutrier à traction animale: recherche alternative au labour en région sèche. *Cah. Rech. Dév.* **28**, 83-86.
10. Lhoste P., Havard M. & Vall E., 2010, *La traction animale. Collection Agricultures de tropicales en poche*, Quæ, CTA, Presse agronomiques de Gembloux, 223 p.
11. Ouédraogo S., 2004, Impact économique des variétés améliorées du niébé sur les revenus des exploitations agricoles du plateau central du Burkina Faso. *Tropicicultura*, **21** 4, 204-210.
12. Sédogo P.M., Barro A., Bonzi M., 1998, La dent RS8 de travail de sol en sec, une alternative à la charrue. *Sci. Tech.*, **23**, 44-48.
13. Son G., Badraoui M., Kambire F., Bourarach E., 2004, Effets du travail du sol sur la levée et le développement racinaire du cotonnier sur sols ferrugineux tropicaux lessives au Burkina Faso. *Revue H.T.E.*, **129**, 51-58.
14. Vall E., Blanchard M., Koutou M., Coulibaly K., Diallo M., Chia E., Traoré L., Tani F., Andrieu N., Ouattara B., Dugué P., Autfray P., 2013, Recherche action en partenariat et innovations face aux changements globaux de l'Afrique Subsaharienne. *Agro. Afri. Numéro Spécial*, **6**, 57-66.

K. Coulibaly, Burkinabé, PhD, Maître-Assistant, Université Nazi Boni, Institut du Développement Rural, Laboratoire d'Etude et de Recherche sur la Fertilité du Sol, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso; Chercheur associé, Centre International de Recherche-Développement sur l'Élevage en zone Sub-humide, Unité de Recherche sur les Productions Animales, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso.

E. Vall, Français, PhD, Chercheur, CIRAD, UMR SELMET, F-34398 Montpellier, France; SELMET, Univ Montpellier, CIRAD, Montpellier, France.

K. Naudin, Français, PhD, Chercheur, CIRAD, UR AIDA, F-34398 Montpellier, France; AIDA, Univ Montpellier, CIRAD, Montpellier, France.

H.B. Nacro, Burkinabé, PhD, Professeur titulaire, Université Nazi Boni, Institut du Développement Rural, Laboratoire d'Etude et de Recherche sur la Fertilité du Sol, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso

M. Havard, Français, DEA, Chercheur, Centre International de Recherche Développement sur l'élevage en zone sub-humide, Bobo Dioulasso, Burkina Faso; CIRAD, UMR INNOVATION, F-34398 Montpellier, France; INNOVATION, Univ Montpellier, CIRAD, Montpellier, France.