

Evaluation de la technique de non labour sur le maïs en zone soudanienne au Tchad

Goalbaye T.¹, Cherif A.², Saradoum G.³, Guise A.⁴

(1) Université de Sarh (UDS) BP 105 Sarh Tchad / e-mail : goalbayetouroumgaye@yahoo.fr

(2) Université de Sarh (UDS) BP 105 Sarh Tchad

(3) Université de Sarh (UDS) BP 105 Sarh Tchad

(4) Université Cheik Anta Diop, Faculté des Sciences et Technique de Dakar (UCAD), Sénégal

Résumé

L'enherbement, préjudiciable au rendement, est l'un des problèmes majeurs de la culture de maïs en zone soudanienne au Tchad où les paysans privilégient un labour manuel du sol suivi des sarclages à la houe, pratiques qui sont pénibles et coûteuses en main d'œuvre pour le contrôle des adventices. Nous avons cherché à évaluer la technique de non labour sur la culture de maïs afin d'apprécier l'impact de cette technique sur la productivité. La variété de maïs Mexican Early 17, la plus commune dans la région a été utilisée. L'essai a été conduit suivant le dispositif en couple à six répétitions pour chacun de deux traitements, (1) culture sur sol labouré (S1) et (2) sur sol non labouré (S0) mais traité à l'herbicide. Dans

ce dernier cas, la nécro masse des herbes préalablement recensées dans les parcelles non labourées, a été laissée in situ afin de former un mulch sur le sol. Au terme de l'essai, les différents paramètres végétatifs et productifs analysés n'ont pas montré de différence significative, entre le maïs sur sol labouré et non labouré. Néanmoins le sol non labouré a conservé plus d'humidité que le sol labouré, probablement à cause de la présence de mulch sur le sol. Le non labour pourrait donc être préconisé dans la zone d'étude du fait de l'économie induite par la diminution des opérations culturales et proposé pour une vulgarisation en milieu paysan.

Mots clés : maïs, le non labour, paillis, production végétale, coût

Abstract

Weed, detrimental to yield, is one of the major problems of maize crop in the Sudanese zone in Chad where farmers prefer manual tillage followed by hoe weeding, painful and costly practices in term of labour and weed control. We have searched to evaluate non tillage technique on the crop of maize in order to assess the impact of that technology on the yield. The maize variety Mexican Early 17, the most commonly found in the area has been used. The experiment was done following the device in couple, with six replications for each of the two treatments: (1) crop on ploughed soil (S1) and (2) crop on untilled soil (S0) but treated with herbicide. In this last case, the necrotic mass

of grass, first listed in the untilled plot was left in situ to form mulch on the soil. At the end of the experimentation, the different vegetative and productive parameters were analysed and they did not show any significant difference between maize on tilled and untilled soil. Nevertheless, the untilled soil retained humidity more than the tilled soil because of the presence of mulch. The untilled technique could be recommended in the study area because of the economy induced by the decreased in farming operations and proposed as extension subject in farming.

Keywords: corn, no-till, mulch, plant production, cost

1. Introduction

L'enherbement, préjudiciable au rendement, est l'un des problèmes majeurs de la culture de maïs en zone soudanienne au Tchad. Pas moins de quarante sept (47) espèces d'herbacées liées aux jachères et à une forte anthropisation ont été recensées dans les parcelles élémentaires témoignant ainsi la gravité du phénomène dans cette zone (Saradoum et al, 2012). Pour leur contrôle, les paysans privilégient un labour manuel suivi des sarclages à la houe. Cette pratique représente l'essentiel du temps de travail (Soza et al, 1995), outre qu'elle est pénible et coûteuse en main d'œuvre. Par contre le non labour qui consiste à produire une culture sans remuer la terre ni herser ou disquer tout en conservant un maximum des débris végétaux à la surface du sol contribuerait à réduire le coût de ces opérations culturales. C'est ainsi que, dans le cadre de ce travail, nous avons mis à comparaison une culture de maïs sur sol labouré et non labouré dans le but d'apprécier l'impact de ces deux techniques sur la productivité du maïs, la conservation de l'humidité du sol et sur leur rentabilité économique, dans la zone d'étude.

2. Matériel et Méthodes

2.1. Site de l'étude

L'expérimentation a été réalisée en 2012 à l'Université de Sarh (UDS). Le site de Doyaba, lieu d'étude, a une latitude de 09,08189°N, une longitude de 18,42947° E et une altitude de 360 m, a un climat de type soudanien. La pluviométrie moyenne était de 1 167,0 mm.an⁻¹, les températures maximales et minimales étaient de 33,9 et 19,6 °C respectivement. La durée de l'insolation avoisinait 2908,1 h.an⁻¹. Les sols du site sont ferrugineux tropicaux formés sous climat chaud à partir des matériaux sablo gréseux ou sablo-argileux. Ils sont issus de la transformation des matériaux ferralitiques préexistants (Roose., 1981). Une expérimentation destinée à comparer la production du maïs avec ou sans labour du sol a été menée sur ce site de Doyaba. Afin de mieux mettre en évidence l'effet de la préparation du sol, nous avons choisi de travailler sur un sol, sensible à l'érosion hydrique et/ou éolienne, appauvri par perte de matière organique et présentant une structure dégradée (Bationo et al., 2004).

2.2. Matériel végétal, fertilisants et herbicide

La variété performante de maïs, Mexican Early17 a été choisie en raison de sa bonne adaptation au milieu agro écologique de notre site expérimentale. Son cycle de 105 jours est compatible avec les conditions

climatiques du site. Elle est originaire de la Mexique, de formule variétale synthétique (poly hybride), sa performance de semence de base (G 4) est de 3,5 t ha⁻¹ en moyenne en station de recherche au Tchad. Le niveau d'intensification pour cette variété est amélioré (préparation du sol, labour, 30 kg ha⁻¹ de semence, sarclages, 50 kg ha⁻¹ d'urée, protection phytosanitaire au besoin). Les graines de coton non traitées, l'urée et l'herbicide ont été aussi utilisés au cours de cette expérimentation.

2.3. Méthodes

Deux traitements ont été comparés : une culture de maïs sur un sol labouré (S1) et une seconde sur un sol non labouré (S0). Au préalable nous avons recensé les espèces des herbacées au niveau de chaque parcelle élémentaire sur le sol non labouré (S0) avant l'application de l'herbicide.

2.3.1. Conduite de l'essai

2.3.1.1. Préparation du terrain et apport de fumure de fond

Après délimitation du terrain, les parcelles de traitements S1 ont été labourées à une profondeur de 15 à 20 cm, aussi lors de la préparation du sol, chaque parcelle élémentaire a reçu une application équivalente de 5 t ha⁻¹ d'un fumier organique à base de graines de coton. Puis elles ont subi un hersage après labour afin de préparer le lit de semis.

2.3.1.2. Application de l'herbicide

Les parcelles de traitements S0, laissées sans labour, ont reçu une application de glyphosate acide (herbicide) équivalente à la dose 1,4 kg ha⁻¹ afin de limiter leur enherbement. Il s'en est suivi la formation d'un mulch qui a été laissé à la surface du sol par la mort de ces herbacées exceptés *Ampelocissus multistriata* et *Leptadenia hastata*.

2.3.1.3. Semis

Les semis ont été effectués au moins une semaine après, dès l'enregistrement d'une pluie utile (au moins 20 mm en une seule fois), avec des semences préalablement traitées avec du thioral (thiram+ heptachlore) un mélange fongicide-insecticide. L'écartement des plants a été de 80 cm entre lignes et de 50 cm entre poquets. Dans les parcelles de traitement S1, le semis a porté sur 2 à 3 graines par poquet, placées à une profondeur d'environ 4 cm. L'ouverture des trous a été faite à l'aide d'une houe traditionnelle. Dans les parcelles de traitement S0, les graines ont été semées directement, à raison de 2 à 3

graines par poquet, à travers le mulch, dans des trous d'environ 4 cm, pratiqués à l'aide d'un bâton pointu.

2.3.1.4. Démariage et entretiens des plants

Dans les parcelles de traitement S1, un premier sarclage a été effectué 12 jours après levée et un second, 14 jours après le premier. Dans les parcelles de traitements S0, il a été nécessaire d'extirper les pieds d'*Ampelocissus multistriata*. et de *Leptadenia hastata* dix (10) jours après la levée, car l'herbicide n'a pas eu d'effet ou bien aurait une action lente sur *Ampelocissus multistriata* et *Leptadenia hastata*. Tous les plants ont été démariés à deux plants 15 jours après leur levée.

2.3.1.5. Application de fumure d'entretien

Après la levée, quel que soit le traitement considéré, une application équivalente de 50 kg ha⁻¹ d'urée a été répartie en deux fractions, l'une au stade de 6 feuilles et l'autre au stade de la floraison mâle.

2.3.1.6. Prélèvements des échantillons du sol

Les échantillons de sol ont été prélevés dans les douze (12) parcelles élémentaires à l'aide d'une tarière au 30^{ème} JAS, 45^{ème} JAS et 60^{ème} JAS dans les profondeurs :

0-10 cm ; 10-20 cm ; 20-30 cm ; 30-40 cm et ont été conservées dans les boîtes hermétiquement fermées. Les échantillons ont été pesés individuellement et placés ensuite dans une étuve réglée à 105° C pendant 16 à 24 heures. Après refroidissement ils ont été repesés selon la méthode gravimétrique.

2.3.1.7. Paramètres végétatifs et de rendement

Les observations ont été effectuées régulièrement par stade de développement afin de recueillir les données des paramètres végétatifs. En effet dix (10) mesures par parcelle élémentaire ont été prises régulièrement afin d'avoir les données brutes des paramètres végétatifs. Aussi dix (10) mesures par parcelle élémentaire ont été réalisées sur des paramètres de rendements une seule fois après la récolte. Ainsi nous avons enregistré les différents stades phénologiques à 50 % du cycle végétatif (levée, nombre des feuilles, période de floraison ... en jours), dénombrer les feuilles à maturité, la hauteur de la plante. A la récolte le rendement en grains, la biomasse aérienne (tiges, feuilles, épis+ grains) et l'indice de récoltes ont été calculés. Et enfin, une évaluation du coût de production du maïs avec ou sans labour du sol a été faite. Il s'agissait des coûts des opérations culturales,

telles que décrites dans la partie Méthodes. Des achats de fumures organique et minérale, de l'herbicide, des sacs d'emballage et les opérations post-récolte comme le séchage, l'égrenage, le conditionnement font aussi parties de ces coûts de production.

2.4. Dispositif expérimental

L'essai a été conduit selon un dispositif expérimental en couple, ou appariement à raison du nombre de traitements qui était de deux et de l'hétérogénéité du sol unidirectionnelle. Six répétitions sur douze (12) parcelles au total ont été mises en place. Chaque parcelle élémentaire mesurait 10 m x 8 m soit, 80 m². La surface totale était ainsi de 80 m² x 12 soit, 960 m². Une bordure de 60 cm a été laissée entre les parcelles élémentaires et de 1,50 m entre les blocs.

2.5. Analyses statistiques

Les données collectées ont été soumises à une analyse de variance (ANOVA, complètement aléatoire) et pour tout effet significatif, une séparation des moyennes a été conduite suivant le test de « la plus petite différence significative » (ppds) au seuil de significativité de 5% (Kwanchai et al, 1984).

3. Résultats

3.1. Stades phénologiques de maïs

La croissance et le développement des plants de maïs ont été pareils aussi bien sur le sol labouré (S1) que sur le sol non labouré (S0). En effet les différents stades phénologiques de la culture de maïs ont été notées lorsque 50 % des plantes l'ont atteint (Doorenbos et al, 1980 ; Karam et al, 2002), aboutissant ainsi au schéma phénologique suivant : semis (jour t), levée (t + 5) dans toutes les parcelles élémentaires, début période végétative dans toutes les parcelles élémentaires (t + 12), stade 6 feuilles des deux traitements (t + 21), stade 8 feuilles des deux traitements (t + 28), plein développement végétatif (t + 47), floraison mâle des deux traitements (t + 62), la floraison femelle dans toutes les parcelles élémentaires de culture (t + 74), début formation des grains dans toutes les parcelles élémentaires (t + 83), les grains des deux traitements au stade laiteux (t + 89), les grains au stade pâteux dur pour toutes les parcelles (t+96), les grains au stade vitreux pour les deux traitements (t + 102) et la récolte de toutes les parcelles (t+104). Ainsi au 104^{ème} JAS les grains de tous les traitements sont arrivés à maturité physiologique.

2. Rendement en grains, hauteurs des tiges, biomasses aériennes, nombre des feuilles, indices de récolte de maïs

Le tableau 1 montre les rendements en grains, des hauteurs de tiges, des biomasses aériennes, des nombres de feuilles et des indices de récolte de culture du maïs obtenus sur un sol labouré (S1) et sol non labouré (S0). Par rapport aux rendements en grains, les meilleurs sont obtenus sur le sol labouré S1 (2,88 t ha⁻¹ ± 0,420), les faibles rendements en grains sont enregistrés sur le sol non labouré S0 (2,67 t ha⁻¹ ± 0,310). L'analyse de la variance a montré qu'il n'existe pas de différence significative entre les traitements en ce qui concerne les rendements en grains au seuil de 5% (F= 0,66 ; P= 6,61). Quant aux hauteurs des tiges, nous avons obtenu sur le sol non labouré des tiges de grande taille S0 (3,008 m ± 0,283), suivies de celles du traitement S1 (2,841 m ± 0,142). L'analyse de la variance a révélé qu'il n'existe pas de différence significative entre les différents traitements du point de vue hauteur des tiges au seuil de 5% (F= 3,10 ; P= 6,61). Quant aux

biomasses aériennes, les meilleures sont obtenues sur le sol labouré S1 (6,73 kg ± 0,711), suivies de celles observées sur le sol non labouré S0 (6,43 kg ± 0,583). L'analyse de la variance a montré qu'il n'existe pas de différence significative entre les traitements en ce qui concerne les biomasses aériennes au seuil de 5% (F= 1,019 ; P= 6,61). Le nombre des feuilles le plus élevé a été observé sur le sol non labouré S0 (15,5 ± 0,547) par contre sur le sol labouré les feuilles sont moins nombreuses S1 (14,33 ± 1,861). L'analyse de la variance a montré aussi qu'il n'existe pas de différence significative entre les différents traitements du point de vue nombre des feuilles au seuil de 5% (F= 1,78 ; P= 6,61). Le traitement S1 a enregistré un indice de récolte S1 (0,421 ± 0,033), un indice de récolte quasiment le même a été obtenu sur le traitement S0 (0,411 ± 0,043). Le résultat de l'analyse statistique a révélé qu'il n'existe pas de différence significative entre les deux traitements en ce qui concerne les indices de récolte au seuil de 5% (F= 0,14 ; P= 6,61).

Tableau 1 : Rendements, hauteurs des tiges, biomasses aériennes, nombre des feuilles et indices de récolte de maïs en fonction du labour et de non labour du sol.

	Rdt en grains	hauteurs de tiges	biomasses	nbres des feuilles	indices de récolte
S0	2,67 tha ⁻¹ ± 0,31 ^a	3,008 m ± 0,283 ^a	6,43 kg ± 0,583 ^a	15,5 ± 0,547 ^a	0,411 ± 0,043 ^a
S1	2,88 tha ⁻¹ ± 0,420 ^a	2,841 m ± 0,142 ^a	6,73 kg ± 0,711 ^a	14,33 ± 1,861 ^a	0,421 ± 0,033 ^a

Les valeurs d'une même colonne suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%

3.3 Taux d'humidité du sol

Tableau 2 : Taux d'humidité (H, %) du traitement (S0) 30^{ème} JAS

Profondeur/ Parcelles S0	0-10 cm	10-20 cm	20-30 cm	30-40 cm
1	12,8	11,7	13,9	14,15
2	11,9	12,6	11,9	13,1
3	12,4	10,9	13,8	13,25
4	13,2	10,8	12,7	13,6
5	13,2	10,9	12,8	14,2
6	12,2	11,2	13,15	13,5
moyenne	12,61	11,35	13,04	13,63

Tableau 3 : Taux d'humidité (H, %) du traitement S1 30^{ème} JAS

Profondeur/ Parcelles S1	0-10 cm	10-20 cm	20-30 cm	30-40 cm
1	11,4	10,8	12,2	13,7
2	11,6	11,6	11,4	12,4
3	10,9	10,8	12,4	13,1
4	12,5	9,8	12,3	13,2
5	13,1	10,6	11,9	13,4
6	12,8	11,1	12,6	12,8
moyenne	12,05	10,78	12,13	13,1

Tableau 4 : Taux d'humidité (H, %) du traitement (S0) 45^{ème} JAS

Profondeur/ Parcelles S0	0- 10 cm	10-20 cm	20-30 cm	30- 40 cm
1	13,32	13,8	14,5	16,2
2	14,9	13,3	14,5	14,6
3	14,4	14,38	15,2	16,4
4	12,4	14,1	13,8	15,2
5	11,9	13,2	14,25	15,3
6	12,6	13,3	15,15	15,8
moyenne	13,25	13,68	14,56	15,58

Tableau 5 : Taux d'humidité (H,%) du traitement (S1) 45^{ème} JAS

Profondeur/ parcelles	0-10 cm	10-20 cm	20-30 cm	30-40 cm
1	12,6	13,2	14,7	15,9
2	13,4	13,4	13,6	13,7
3	13,2	12,8	13,9	14,8
4	12,1	13,7	12,4	15,3
5	10,3	12,6	13,6	14,2
6	11,2	13,4	14,3	13,9
moyenne	12,13	13,18	13,75	14,63

Tableau 6 : Taux d'humidité (H, %) du traitement (S0) 60^{ème} JAS

Profondeur/ Parcelles	0-10 cm	10-20 cm	20-30 cm	30-40 cm
1	14,4	13,2	15,1	15,8
2	13,8	14,1	13,6	13,8
3	13,5	13	13,9	15,4
4	12,9	13,2	13,1	14,2
5	13,3	13,1	13,9	14,6
6	13,6	14,2	14,4	15,2
moyenne	13,53	13,46	14	14,83

Tableau 7 : Taux d'humidité (H, %) du traitement (S1) 60^{ème} JAS

Profondeur/ Parcelles	0-10 cm	10-20 cm	20-30 cm	30-40 cm
1	12,2	11,2	14,7	14,3
2	13,6	13,2	13,2	13,6
3	11,4	13,1	13,4	14,6
4	12,6	12,4	12,9	13,9
5	11,25	12,6	13,5	14,1
6	12,4	13,1	13,6	13,9
moyenne	12,24	12,6	13,55	14,06

Les tableaux 2, 3, 4, 5, 6, et 7 montrent l'évolution des taux d'humidité pondérale dans différentes profondeurs sur le sol non labouré S0 et sur le sol labouré S1 au 30^{ème}, 45^{ème} et au 60^{ème} JAS. Les valeurs de 12,61%, 11,35%, 13,04%, 13,63% sont obtenues respectivement dans les profondeurs 0-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm, 30-40 cm de S0. Par contre les valeurs de 12,05%, 10,78%, 12,13%, 13,1% sont enregistrées respectivement dans les profondeurs 0-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm, 30-40 cm de S1 au 30^{ème} JAS (tableaux 2, 3). Les valeurs de 13,25%, 13,68%, 14,56%, 15,58% sont observées respectivement dans les profondeurs 0-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm, 30-40 cm de S0. Alors que les valeurs de 12,13%, 13,18%, 13,75%, 14,63% sont enregistrées respectivement dans les profondeurs 0-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm, 30-40 cm de S1 au 45^{ème} JAS (tableaux 4, 5). Les valeurs de 13,53%, 13,46%, 14,00%, 14,83% sont obtenues respectivement dans les profondeurs 0-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm, 30-40 cm de S0. Par contre les valeurs de 12,24%, 12,60%, 13,55%, 14,06% sont enregistrées respectivement dans les profondeurs 0-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm, 30-40 cm de S1 au 60^{ème} JAS (tableaux 6, 7). Les taux d'humidité des parcelles du sol non labouré S0 sont à toutes les profondeurs plus élevés que ceux des parcelles du sol labouré S1.

3.4. Coûts de production de maïs

Le tableau 8 indique les coûts de production de maïs extrapolés à l'hectare, évalués en fonction des traitements à comparer. En effet les coûts globaux de la réalisation des travaux champêtres sur le sol non labouré S0 et sur le sol labouré S1 s'élèvent

respectivement à 126 850 FCFA soit 40,43 % par rapport à S1 et à 186 850 FCFA.

4. Discussion

Nous avons constaté par rapport à l'observation phénologique que dès la levée, les différents stades de développement végétatif de maïs de deux traitements ont été quasiment les mêmes. Nous avons observé que les plants de maïs sur sol labouré S1 et sol non labouré S0 ont fleuri (floraison mâle) au même moment. De même la floraison femelle a été observée au même moment dans toutes les parcelles élémentaires S0 et S1. Ces résultats ne rejoignent pas ceux obtenus par Bitijula et al., 1984. Ces derniers ont rapporté que les plants de maïs en conditions de non labour ont, en général fleuri tardivement par rapport aux plants sur parcelles labourées. Par ailleurs les deux techniques de labour et de non labour ont donné des rendements en grains élevés et inversement des biomasses faibles. En effet la production du maïs sur le sol labouré S1 a été statistiquement la même que celle sur le sol non labouré S0 en ce qui concerne le rendement en grains. Ces résultats ne concordent pas avec ceux obtenus par Bitijula et al., 1984, par Kang et Yamusa., 1977 et par Kang et al., 1980. En effet ces auteurs ont montré que le système de non labour s'est révélé supérieur en rendement en grains par rapport au système de labour. Par ailleurs les valeurs de deux indices de récolte sont similaires à celles qui sont généralement observées sur les variétés tropicales améliorées, cultivées dans les conditions favorables (Fischer et al., 1984). Un autre facteur important observé lors de l'expérimentation, c'est la conservation de l'humidité du sol.

Tableau 8 : Coûts (FCFA) de production de maïs extrapolés à ha, en fonction des traitements.

Traitements	Opérations culturales	Intrants	Opérations post-récolte	Total
	(FCFA)	(FCFA)	(FCFA)	(FCFA)
Sol non labouré S0	10 000	83 600	33 250	126 850
Sol labouré S1	75 000	77 600	34 250	186 850

Les valeurs de l'humidité des parcelles des deux traitements S0 et S1 sont faibles dans les premières couches et augmentent avec la profondeur des sols. Cela est peut être dû à la texture du sol qui est sablo-argileuse en surface et argileuse en profondeur. Cependant les taux d'humidité des parcelles du sol non labouré S0 sont à tous les niveaux plus élevés que celles des parcelles du sol labouré S1. En effet le semis direct après les herbes détruites par l'herbicide donnant une couverture végétale (Morel et Quantin, 1972 ; Oliver et al., 2000, Badiane *et al.*, 2001) et formant le mulch au sol seraient à l'origine de la conservation de l'humidité. La conservation de l'humidité du sol a un effet bénéfique sur le développement du maïs. En effet elle éviterait le stress hydrique aux plants de maïs. Par ailleurs les deux techniques culturales ont conduit à une bonne productivité de maïs (Siemens et Dickey, 1987 ; Manlay et al., 2007). Le coût global de production de maïs sur le sol non labouré S0 a été relativement moins élevé (40,43 %). Aussi le coût des opérations culturales sur sol non labouré est moins élevé (11,76 %) par rapport au sol labouré (88,24 %). De même les travaux réalisés sur les parcelles du sol non labouré (S0) ont été moins pénibles. Ces résultats ont montré que le non labour permettait des économies importantes de temps et d'argent (Skora, 1993). Ainsi le paysan mettrait à profit le temps entre le semis et la récolte pour réaliser d'autres activités pendant la campagne agricole.

5. Conclusion

La comparaison de la culture de maïs sur un sol labouré et non labouré a montré que la productivité du maïs en zone soudanienne au Tchad a été statistiquement la même quel que soit la technique utilisée. Cependant les résultats ont révélé que le non labour apparaît le mieux indiqué pour être vulgarisé en milieu paysan. En effet il présente quelques avantages ; des opérations

culturales moins pénibles et à coût réduit pour le paysan. Cependant pour éviter les conséquences néfastes sur l'environnement notamment la contamination des nappes phréatiques et des cours d'eau et des abeilles (en cas de ruissellement des eaux des pluies contenant l'herbicide), il serait souhaitable de tester l'utilisation de mulch afin de contrôler les herbes.

Remerciements

Nous tenons à remercier les responsables de l'Université de Sarh pour avoir financé nos travaux de recherche et aussi d'avoir mis à notre disposition les matériels pour les travaux de terrain. Nous remercions également tous ceux qui de loin ou de près ont contribué à la réalisation et l'amélioration de ce travail.

Bibliographie

- Badiane, A., Faye A., Yamoah, C.F., Dick, R.P., 2001.** Use of compost and mineral fertilizers for millet production by farmers in the semiarid region of Senegal. *Biological Agriculture and Horticulture*, 19 (3), 219-230.
- Bationo, A., Kimetu, J., Ikerra, S., Kimani, S., Mugendi, D., Odendo, M., Silver, M., Swift, M.J., Sanginga, N., 2004.** The African network for Soil Biology and Fertility: New challenges and opportunities. Managing Nutrient Cycles to Sustain Soil fertility in Sub-Sahara Africa. *Academy Science Publisher, Nairobi*, pp.1-23.
- Bitijula, M., Lumpungu, K. and Mukole, M., 1984.** Effets de labour et de non-labour en combinaison avec l'alimentation azotée sur le rendement du maïs (CV.SHABA) *Tropicultura*, 2 (1) : 16-18.
- Doorenbos J., Kassam AH.** *Réponse des rendements à l'eau*. Rome : Organisation des Nations-unies pour l'Alimentation et l'Agriculture, Série irrigation et drainage, n° 33, 1980 ; 235 p.

- Faulkner, E.H. 1943.** Plowman's folly. Stillwater, OK, USA, University of Oklahoma Press.
- Fischer, K. S. and Palmer, A. F.E. 1984.** Tropical maize. In P.R. Goldsworthy & N. M. Fischer, eds. The physiology of tropical field crops, p. 213-248. New York, NY, USA, J. Wiley & Sons.
- Kang, B.T. and Yamusa, M., 1977.** Effect of tillage methods and phosphorus fertilization on maize in the humids tropics. *Agron. J.* 69 : 291-294.
- Kang, B.T., Moody, K. and Adesina, J.O., 1980.** Effects of fertilization and weedind in non-tillage and tillage maize. *Fertilizer Resarch* 1: 87-93.
- Karam, F., Breidy, J., Roupael, J., Lahoud, R., 2002.** Stress hydrique, comportement physiologique et rendement du maïs hybride (cv. Manuel) au Liban. *Cahiers Agricultures*, Volume 11, Numéro 4, 285-91 juillet-Août 2002. Note de recherche
- Kwanchai AG, Arturo AG., 1984.** Statistical procedures for agricultural research, New York: John Wailey et Sons.
- Manlay, R.J., Feller, C., Swift, M.J., 2007.** Historical evolution of soil organic matter concepts and their relationships with the fertility and sustainability of cropping systems. *Agriculture Ecosystems and Environment*, 119, 217-233.
- Morel, R., Quantin, P., 1972.** Les jachères et la régénération du sol en climat soudano guinéen d'Afrique Centrale. *Agronomie Tropicale*, 27 (6-7), 105-133.
- Oliver, R., Njiti, C.F., Harmand, J.M., 2000.** Analyse de la durabilité de la fertilité acquise suite à des jachères arborées au Nord-Cameroun. *Etude et Gestion des Sols*, 7, 287- 309.
- Roose E., 1981.** Dynamique actuelle des sols ferrallitiques, et ferrugineux tropicaux d'Afrique Occidentale. Etude expérimentale des transferts hydrologiques et biologiques
- Saradoum G., Guisse A., Diallo A., & Faye M. N. 2012.** Charaterization of the herbaceans vegetation of the National Parc of Manda in Chad. *International Journal of Science and advanced Technology*. Vol 2, 1-10.
- Siemens, J.C. and Dickey, E.C. 1987.** Definition of tillage systems for corn. In *National corn handbook*. W. Lafayette, IN, USA, Purdue University Cooperative Extension Service.
- Skora Neto, F.1993.** Controle de plantas danhinas em plantio direto nas Pequenas Propriedades. In *I Encontro Latino Americano Sobre Plantio Direto na Pequena Propriedade*, 22-26 Nov.1993. Ponta Grossa, PR. Brasil. Instituto Agronomico do Parana.
- Soza, R.F., Adu-Tutu, K.O., Boa-Amponsem, K., **Lampoh, F.K. and Haag, W. 1995.** Soil conservation through no-tillage in Ghana. Kumasi, CIMMYT, GGDP/CRI, Sasakawa Global 2000.