

EFFET DES PRATIQUES DE CONSERVATION DU SOL SUR LA CROISSANCE ET LES COMPOSANTES DU RENDEMENT DU MAIS DANS LE BASSIN VERSANT DE LOKOGBA AU BENIN.

A. F. KOUELO¹, P. HOUNGNANDAN¹, A. AZONTONDE², M. BENMANSOUR³, J. BEKOU¹, T. AKPLO¹

¹Laboratoire de Microbiologie des Sols et d'Ecologie Microbienne, Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi (LMSEM/FSA/UAC), BP 711 Abomey-Calavi.

²Laboratoire Sciences de Sol, Eau et Environnement, Institut National de Recherches Agricoles du Bénin (LSSEE/INRAB)

³Centre National de l'Energie, des Sciences et des Techniques Nucléaires (CNESTEN), Rabat, Maroc

Auteur correspondant : felix.kouelo@gmail.com

RESUME

Les pratiques d'une agriculture de conservation visant une couverture permanente du sol suivie de la réduction du travail du sol pourrait être une innovation dans les stratégies paysannes pour une agriculture durable. La présente étude a pour objectif d'évaluer l'effet du mode de travail du sol et du mulching sur les performances agronomiques du maïs semé sur le bassin versant de Lokogba, à Aplahoué. Un essai en Bloc Complètement Randomisé à quatre répétitions et 8 traitements (Semis direct, Minimum labour, Labour à plat, Billonnage, Semis direct + Mulch en surface, Minimum labour + Mulch en surface, Labour à plat + Mulch en surface, Billonnage + Mulch surface) a été installé. Les résultats indiquent que le travail du sol a affecté significativement les performances agronomiques du maïs au seuil de 5 %. Le semis direct a enregistré les valeurs les plus faibles des paramètres (2,66 cm/j de vitesse de croissance, 65,81 cm² d'indice foliaire, 797,8 kg MS/ha de grains et 911,8 kg MS/ha de pailles de maïs) contre le billonnage qui a enregistré les meilleures performances (3,62 cm/j de vitesse de croissance, 120 cm² d'indice foliaire, 2175,4 kg MS/ha de grains et 2475,4 kg MS/ha de pailles de maïs). L'indice de récolte et le diamètre au collet des plants les plus élevés 0,4 % et 1,37 cm, respectivement, ont été obtenus avec le labour à plat. Le mulching a amélioré le diamètre au collet des plants de 1,28 à 1,37 cm, l'indice foliaire de 73,05 à 114,02 cm² ($p < 0,0001$) et la vitesse de croissance des plants de 2,91 à 3,75 cm/j ($p < 0,0001$). Le rendement en grains est passé de 1020,5 kg MS/ha sans couverture de mulch à 2138,1 kg MS/ha avec couverture de mulch et l'indice de récolte de 31,1 à 41,1 p.c. La combinaison des deux facteurs n'a toujours pas donné un effet significatif sur les performances agronomiques du maïs. Quels que soient le mode de travail du sol et la couverture ou non de mulch, le rendement en grains dépend significativement de l'indice de récolte, des spathes et des pailles du maïs ($100r^2 = 95,34$).

Mots clés : Semis direct, labour, mulching, maïs, bassin versant.

ABSTRACT

EFFECT OF SOIL CONSERVATION PRACTICES ON MAIZE PRODUCTIVITY IN LOKOGBA WATERSHED IN BENIN.

Conservation agriculture with permanent soil covering could be an innovation in farming practices dealing to sustainable agriculture. This study aims to evaluate the effect of tillage and mulching on the agronomic performance of maize, planted in the watershed of Lokogba in Aplahoué. A randomized completed bloc design with four replications was chosen. Eight treatments were concerned in the trial as followed: Direct sowing, Minimum tillage, Tillage, Conventional tillage, Direct sowing + Mulch on surface, Minimum tillage + Mulch on surface, Tillage + Mulch on surface, Conventional tillage + Mulch on surface. Results indicated that tillage significantly affected the agronomic performance of maize. Direct seeding recorded the lowest parameters (2.66 cm.day⁻¹ of growth rate and 65.81 cm² of leaf area index, 797.8 kg DM.ha⁻¹ of grain and 911.8 kg DM.ha⁻¹ of maize straw) against conventional tillage with the best performance (3.62 cm.day⁻¹ of growth rate and 120 cm² of leaf area index, 2175.4 kg DM.ha⁻¹ of grain and 2475.4 kg DM.ha⁻¹ of maize straw). The highest harvest index and collar diameter of plants (0.4% and 1.37 cm, respectively) were obtained with the tillage.

Mulching improved the collar diameter of plants from 1.28 to 1.37 cm (but no significantly), the leaf area index from 73.05 to 114.02 cm² ($p < 0.0001$) and the growth rate from 2.91 to 3.75 cm.day⁻¹ ($p < 0.0001$). The grain yield increased from 1020.5 kg DM.ha⁻¹ without mulch to 2138.1 kg DM.ha⁻¹ with mulch and harvest index from 31.1 to 41.1%. The combination of both factors have not a significant effect on the agronomic performance of maize. Whatever the type of tillage and with or without mulch, the grain yield significantly depends on the harvest index, husk and maize straw ($100r^2 = 95.34$).

Keywords: Direct seeding, tillage, mulching, maize, watershed.

INTRODUCTION

La dégradation du sol constitue une contrainte au développement agricole et contribue ainsi à la faim et à la pauvreté en Afrique subsaharienne. Celle-ci compte une population de plus de 500 millions d'habitants, dont près de la moitié vit avec moins de 1 dollar US par jour, et qui augmente d'environ 3 p.c. par an. Depuis les années 1970, la production alimentaire dans la majeure partie de l'Afrique subsaharienne n'a pas suivi l'accroissement démographique. Une extrême baisse de la productivité des terres et l'accélération de la désertification en ont été les résultats désastreux (Eberlee, 2005). Ce phénomène se trouve sans cesse amplifié par la pression démographique et la quasi-disparition de la jachère naturelle des pratiques culturales (Agbahungba et Assa, 2001). Plusieurs causes expliquent ces résultats : la pression foncière, l'intensification des cultures, la destruction du couvert végétal et l'utilisation des techniques culturales inappropriées. En conséquence, l'on assiste à une chute drastique des rendements des cultures céréalières, base de l'alimentation de la population (Buckles *et al.*, 2000). L'attachement des paysans aux pratiques traditionnelles et la pauvreté constituent des obstacles à la réussite de la diffusion des techniques de gestion conservatoire de la fertilité des sols. Cela engendre la dégradation continue des sols et la baisse de la productivité agricole, freinant ainsi le développement du pays (Razafindrakoto, 2007) et constituant une préoccupation majeure au Bénin.

Face à cette situation, la connaissance des sols, leur conservation et la gestion de leur fertilité en vue d'une production agricole durable sont des avantages pour les marchés intérieurs et extérieurs d'un pays comme le Bénin qui dispose des terres agricoles de bonnes potentialités, avec 65 p.c. des superficies cultivables. Il est possible, si ces potentialités sont bien exploitées, que le pays réalise pleinement son autosuffisance alimentaire et dégage d'importantes devises par un bon

aménagement agricole (Agossou, 1983).

Plusieurs activités de recherches ont été conduites au sud du Bénin sur la conservation du sol et la gestion de leur fertilité par de nombreux chercheurs Azontondé, 1994 ; Kogblévi, 1975 ; Codjia, 1996 ; Azontondé *et al.*, 1998 ; Houngnandan, 2002, Kouelo, 2004 ; Saidou *et al.*, 2003, etc. Elles ont porté sur les techniques de rotation à base de légumineuses et de plantes fourragères (Stylosanthes, Mucuna, Centrosema, Aeschynomene histrix), l'agriculture en couloirs et les techniques agroforestières (*Acacia auriculiformis*, *Gliricidia sepium*).

Les techniques culturales recommandant le semis direct sous couverture végétale permanente sont peu étudiées ou faiblement intensifiées (IFS, 2002). La présente étude a pour objectif d'évaluer l'effet du labour et du mulching sur les paramètres de croissance et de rendements du maïs semé dans le bassin versant de Lokogba à Aplahoué.

MATERIEL ET METHODES

SITE D'ETUDE

L'essai a été réalisé dans le bassin versant de Lokogba, dans la commune d'Aplahoué située entre «1°40'25 de longitude Est et 6°56'32 de latitude Nord» (Figure 1). Le choix de cette commune repose sur quatre réalités principales : la densité très élevée de la population (PDC, 2004), une zone de très forte pression foncière (INSAE, 2003), le niveau particulièrement élevé de la dégradation de l'environnement causé par l'agriculture, plus que partout ailleurs au Bénin (Houngbo, 2008) et le très faible taux d'adoption des techniques de conservation des sols (Houngbo, 2005).

La commune d'Aplahoué est caractérisée par un climat subéquatorial comprenant deux (02) saisons sèches (de juillet à septembre et de novembre à mars) et deux (02) saisons

pluvieuses (de septembre à novembre et d'avril à juillet). Les précipitations annuelles varient de 900 à 1100 mm/an. La Commune est située sur le plateau adja ou plateau d'Aplahoué. Ce plateau est limité au Nord par le plateau de Lonkly et à l'ouest par le lac Ahémé. C'est un plateau sédimentaire du continental terminal qui fait suite au plateau gréseux du crétacé. Il est d'altitude moyenne de 80 m et légèrement incliné

vers le sud où il se raccorde de manière sensible à la dépression médiane des «Tchi». Les sols dominants sont les Acrisols rhodihapliques qui se rencontrent en grande partie dans tous les arrondissements, les Luvisol squeletti-chromique et les Gleysol verti-eutrique qui sont rencontrés au niveau des zones de dépression. La principale culture vivrière est le maïs, qui couvre 55 à 60 p.c. des terres arables dans cette région (INSAE, 2004).

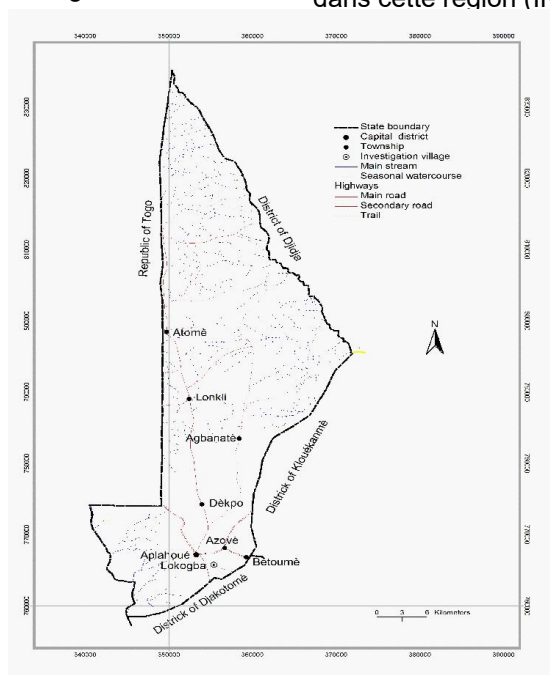


Figure 1 : Carte de la commune d'Aplahoué montrant la zone d'étude.
The map of the Aplahoué district showing the study area.

MATERIEL VEGETAL

Les grains secs de maïs de la variété AK 94 DMR ESR Y utilisés au cours de cette étude est la culture test. C'est une variété améliorée avec les grains de couleur jaune et de type précoce (90 jours de durée du cycle de culture). Son rendement grain en milieux paysans varie de 2,1 à 2,75 t/ha. Les semences ont été achetées au Secteur Communal du Développement Agricole (SeCDA) d'Aplahoué.

DISPOSITIF EXPERIMENTAL

Le dispositif expérimental mis en place pour la collecte des données est un Bloc Aléatoire Complet de Fischer à deux facteurs (Figure 2). Le premier facteur est le travail du sol à quatre niveaux (semis direct, labour à plat, minimum labour et billonnage perpendiculaire à la pente) combiné avec un second facteur qui est le mulch à deux modalités (sans mulch, mulch à 60 p.c. de taux de couverture du sol soit 3 t MS/ha de

paillis). L'essai comporte quatre répétitions et huit traitements, soit trente et deux parcelles élémentaires. Chaque parcelle élémentaire a une superficie de 10 m² (5 m x 2 m). Le maïs est semé à la densité de 125 000 plants/ha (80 cm x 20 cm) à 2 plants par poquet.

COLLECTE DES DONNEES

Pour évaluer l'effet du labour et du mulching sur la productivité du maïs, les données suivantes ont été collectées :

La croissance des plants du maïs

La hauteur des plants du maïs a été mesurée les 15, 30, 45 et 60^{ème} jours après le semis (JAS) sur 6 plants choisis au hasard par parcelle unitaire. Cette hauteur a été mesurée du collet à la ligule de la feuille dernièrement bien déployée par le plant de maïs (Danwanon, 2011). La vitesse de croissance des plants en cm/jour a été déterminée à partir de la courbe

d'évolution des hauteurs des plants. Le coefficient directeur de cette courbe est la vitesse de croissance des plants (Tossou, 2013).

La longueur et la largeur de la feuille florale ont été mesurées à la fin de la floraison mâle sur 6 plants choisis au hasard par parcelle unitaire. La méthode développée par Bonhomme *et al.* (1982) qui consiste à multiplier l'aire de la feuille florale par un coefficient de stabilité de forme, qui est de 0,725, a permis de calculer la surface foliaire des plants de maïs (Ruget *et al.*, 1996).

Le diamètre au collet des plants de maïs a été mesuré sur 6 plants choisis au hasard par parcelle unitaire (Bolakonga *et al.*, 2007).

Le rendement du maïs

Le rendement du maïs comporte quatre composantes : les pailles, les spathes, la rafle et les grains. Tous les plants de maïs à l'intérieur d'une surface utile de 6 m² ont été coupés à ras le sol à la récolte. Les épis ont été enlevés et la paille a été pesée et échantillonnée. Les épis

ont été despathés et les spathes ont été pesés et échantillonnés. Les épis despathés ont été égrenés après séchage. Les grains et les rafles ont été pesés et échantillonnés. Tous les échantillons ont été étuvés pendant 72 heures à 65 °C et pesés. Les rendements en pailles, spathes, grains et rafles ont été calculés à travers la formule suivante (Saïdou, 1992) :

avec TMS_i : taux de matière sèche de la composante *i* (Poids sec échantillon / Poids frais échantillon) ; PT_i : poids total de la composante *i* récoltée sur surface utile et ASU : aire de la surface utile exprimée en hectare.

L'indice de récolte, qui renseigne sur la répartition des assimilats entre le grain et la paille, a été calculé à partir de la formule suivante : IR = (Rendement grain/Rendement total) x 100 (Bouzerzour, 1998).

Analyse statistique des données

L'analyse de variance et la régression multiple des résultats ont été effectuées avec le logiciel SAS version 9.2.

Dispositif expérimental du site de Lokogba (Aplahoué)

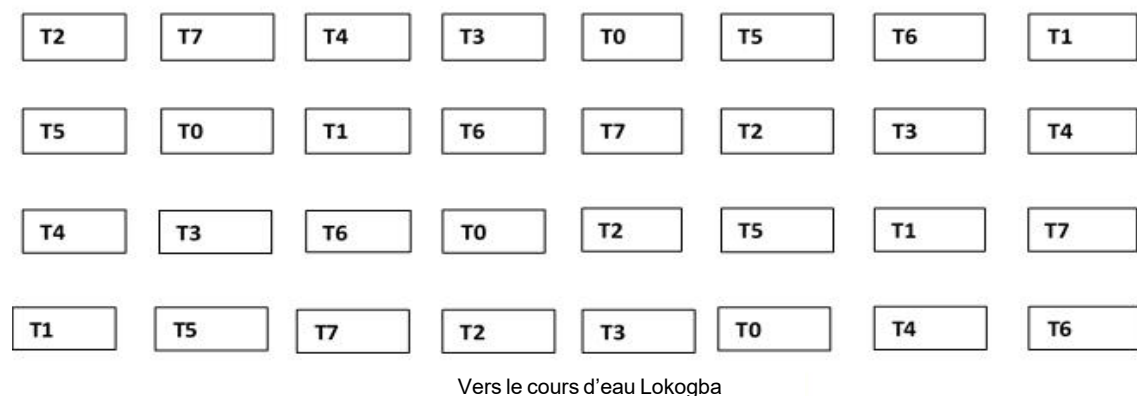


Figure 2 : Dispositif expérimental de l'essai
Experimental design of the test

RESULTATS

EFFET DES FACTEURS ETUDIÉS

L'étude des facteurs simples et de leurs interactions avec la vitesse de croissance et l'indice foliaire du maïs indique une différence significative entre les différents facteurs et leurs combinaisons au seuil de 5 p.c. (Tableau 1).

Le diamètre au collet et le nombre de feuilles par plant n'indiquent aucune différence significative entre les facteurs étudiés et leurs interactions. Les rendements grains, rafles et spathes indiquent une différence significative entre les facteurs étudiés pris isolément au seuil de 5 p.c. Le travail du sol a un effet significatif ($p = 0,0232$) sur le rendement en paille du maïs, mais n'a aucun effet significatif ($p = 0,1229$) sur l'indice de récolte. Le mulching a un effet

significatif ($p = 0,0029$) sur l'indice de récolte, mais n'a aucun effet significatif ($p = 0,2556$) sur le rendement en paille du maïs. La combinaison des deux facteurs n'a aucun effet significatif ($p > 0,05$) sur les composantes du rendement du maïs.

CROISSANCE DU MAÏS

Le travail du sol et le mulching n'ont pas d'effet significatif sur le diamètre au collet ($p = 0,8493$ et $p = 0,2366$ respectivement) et le nombre de feuilles des plants du maïs ($p = 0,5404$ et $p = 0,5813$ respectivement). Toutefois, on note une différence arithmétique entre les traitements. Le billonnage a généré le diamètre au collet des plants le plus faible (1,28 cm) alors que le labour à plat donne le diamètre le plus élevé (1,37 cm). Le diamètre au collet des plants du maïs est également de 1,37 cm sur les parcelles couvertes de mulch contre 1,28 cm sur les parcelles sans mulch. Quel que soit le type de travail du sol et de dose de mulch, un plant de maïs porte environ 12 feuilles, 30 jours après semis. La combinaison du travail de sol et du mulching a donné des résultats similaires sur le diamètre au collet des plants et le nombre de feuilles par plant de maïs (Figures 3 et 4). Le travail du sol et le mulching ont un effet significatif sur l'indice foliaire ($p < 0,0001$) et la vitesse de croissance ($p < 0,0001$) des plants de maïs. Le semis direct a généré la vitesse de croissance et l'indice foliaire les plus faibles (2,66 cm/j et 65,81 cm² respectivement). La vitesse de croissance et l'indice foliaire les plus élevés (3,62 cm/j et 120 cm² respectivement) ont été obtenus avec le billonnage suivi du labour à plat (Tableau 2). Le mulching a amélioré de façon significative la vitesse de croissance des plants de maïs de 2,91 cm/j à 3,75 cm/j et l'indice foliaire de 73,05 cm² à 114,02 cm². L'interaction entre le travail du sol et le mulching a un effet significatif sur la vitesse de croissance ($p = 0,025$) et l'indice foliaire ($p = 0,0291$) des plants de maïs. Le semis direct sans couverture végétale a la vitesse de croissance et l'indice foliaire les plus faibles (2,04 cm/j et 42,11 cm² respectivement). Les paramètres de croissance les plus élevés ont été obtenus au niveau du billonnage avec couverture végétale (3,86 cm/j et 134,15 cm² respectivement (Tableau 3).

PRODUCTIVITE DU MAÏS

Le travail du sol a amélioré de façon significative le rendement en grains du maïs de 798 kg MS/ha à 2175 kg MS/ha, en rafles de 209 à 449 kg MS/ha, en spathes de 261 à 538 kg MS/ha et en pailles de maïs de 912 à 2475 kg MS/ha. Les performances les plus faibles ont été obtenues avec le semis direct alors que le billonnage a enregistré les rendements les plus élevés. Le mulching a aussi amélioré significativement la productivité du maïs (Tableau 4). Le rendement en grains du maïs a augmenté de 1020 à 2138 kg MS/ha. Le rendement en pailles du maïs est amélioré de 1677 à 2065 kg MS/ha, mais cette augmentation n'est pas significative. L'indice de récolte s'est amélioré significativement sous l'effet du travail du sol, de 31 p.c. pour le minimum labour à 40 p.c. pour le labour à plat. Le semis direct a généré un indice de récolte de 35 p.c. Le mulching a un effet significatif sur l'indice de récolte en l'améliorant de 31 à 41 p.c. La combinaison du mulching et du travail du sol n'a eu aucun effet significatif sur la productivité du maïs (Figures 5, 6, 7, 8 et 9). Le rendement en grains le plus élevé (2825 kg MS/ha) a été obtenu au niveau du billonnage avec couverture du mulch contre 326 kg MS/ha au niveau du semis direct sans couverture de mulch.

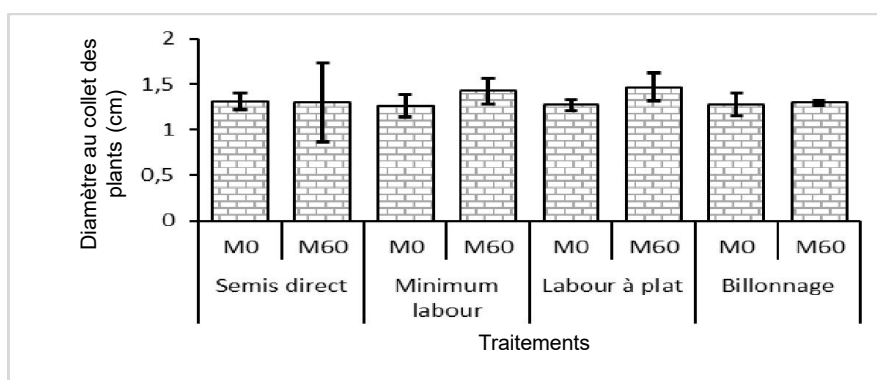
RELATION ENTRE LES PARAMETRES MESURES

L'analyse des résultats par la technique des corrélations de Pearson a montré que le rendement en grains du maïs est fortement et positivement corrélé avec celui des spathes ($r = 0,9135$), celui des rafles ($r = 0,8255$) et avec l'indice foliaire ($r = 0,8352$). La vitesse de croissance des plants de maïs est corrélée avec l'indice foliaire ($r = 0,8509$). Les spathes sont corrélés avec les rafles ($r = 0,8011$). Toutes ces relations entre les paramètres sont significatives au seuil de 0,1 p.c. La discrimination des variables par l'analyse de la régression multiple a toutefois révélé que le rendement en grains du maïs est plus significativement dépendant de l'indice de récolte, des rendements en spathes et en pailles ($100r^2 = 95,34$) que de tout autre paramètre, selon la relation Grains = 44,47 IR + 1,77 Spathes + 0,46 Pailles – 1658,40.

Tableau 1 : Effet des facteurs simples et de leurs interactions avec les performances agronomiques du maïs
Effect of simple factors and their interactions on the agronomic performance of maize.

Paramètres	Unité	Travail du sol	Mulching	Travail du sol x Mulching
Diamètre au collet	cm	0,8493	0,2366	0,7159
Nombre de Feuilles /plant	-	0,5404	0,5813	0,9771
Indice Foliaire	cm ²	< 0,0001	< 0,0001	0,025
Vitesse de croissance	cm/j	< 0,0001	< 0,0001	0,0291
Rendement Grains	kg MS/ha	< 0,0001	< 0,0001	0,8752
Rendement Rafles	kg MS/ha	0,0224	0,0031	0,7544
Rendement Spathes	kg MS/ha	0,0003	< 0,0001	0,7817
Rendement Paille	kg MS/ha	0,0232	0,2556	0,7940
Indice de Récolte	p.c.	0,1229	0,0029	0,5936

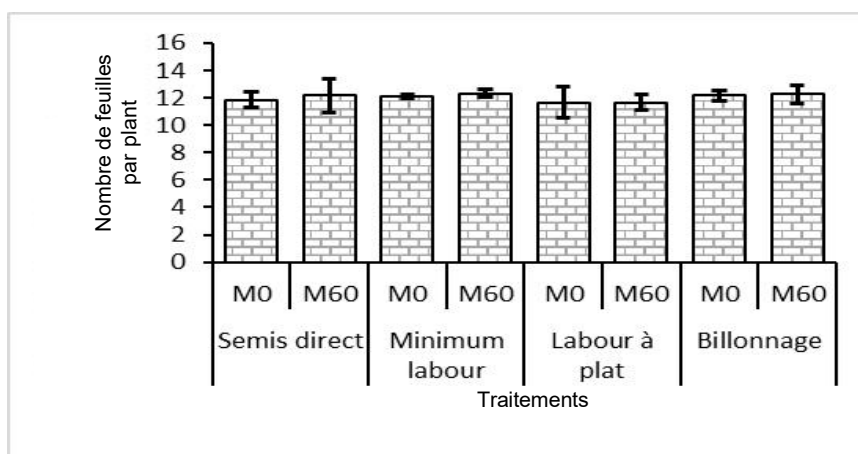
MS : Matière Sèche ; Probabilité au seuil de 5 p.c. (Pr<0,05)



M0 = Sans mulch ; M60 = Apport de mulch à 60 % de couverture du sol

Figure 3 : Effet combiné du travail de sol et du mulching sur le diamètre au collet des plants du maïs.

Combined effect of the tillage and mulching on the collar diameter of maize plants.



M0 = Sans mulch ; M60 = Apport de mulch à 60 % de couverture du sol

Figure 4 : Effet combiné du travail de sol et du mulching sur le nombre de feuilles par plants de maïs.

Combined effect of tillage and mulching on the leaves number per maize plant.

Tableau 2 : Effet du travail du sol et du mulching sur la croissance des plants de maïs.*Effect of tillage and mulching on the growth rate of maize plants.*

Facteur d'étude	Modalités	Diamètre au collet	Nombre de Feuilles	Indice Foliaire	Vitesse de Croissance
Travail du sol	Billonnage	1,28 ± 0,03	12,21 ± 0,20	120,00 ± 6,49 ^a	3,62 ± 0,11 ^a
	Labour à plat	1,37 ± 0,06	11,67 ± 0,33	97,57 ± 12,51 ^b	3,51 ± 0,26 ^a
	Minimum labour	1,35 ± 0,06	12,21 ± 0,06	90,75 ± 8,30 ^b	3,52 ± 0,16 ^a
	Semis direct	1,30 ± 0,11	12,00 ± 0,36	65,81 ± 11,03 ^c	2,66 ± 0,29 ^b
	ppds	ns	ns	9,2393	0,2891
Mulching	Sans Mulch	1,28 ± 0,02	11,94 ± 0,18	73,05 ± 7,25 ^b	2,91 ± 0,17 ^b
	Mulch	1,3 ± 0,06	12,10 ± 0,20	114,02 ± 5,24 ^a	3,75 ± 0,09 ^a
	ppds	ns	ns	6,5332	0,2044

ns : non significatif ; *ppds* : plus petite différence significative ; Dans la même colonne et pour un même facteur, les valeurs qui sont suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 p.c.

Tableau 3 : Effet combiné du travail de sol et de mulching sur l'indice foliaire et la vitesse de croissance des plants du maïs.*Combined effect of tillage and mulching on the leaf area index and the growth rate of maize plants.*

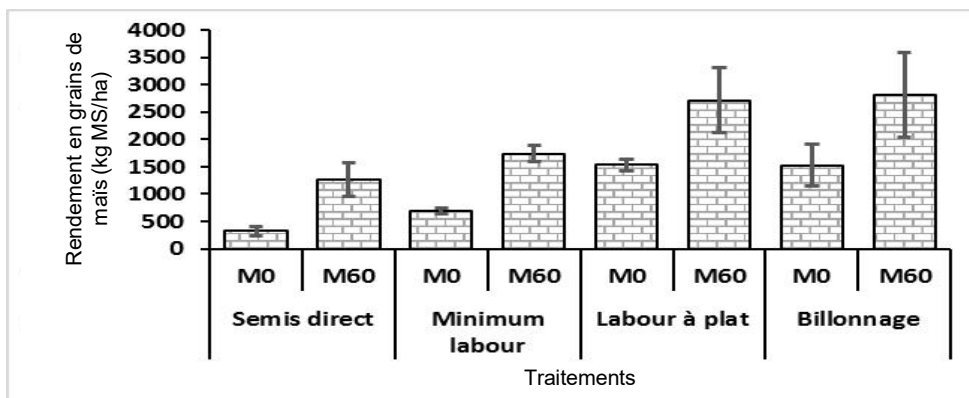
Travail du sol	Mulching	Indice Foliaire	Vitesse de Croissance
Semis Direct	Sans Mulch	42,11 ± 6,66 ^e	2,04 ± 0,18 ^d
	Mulch	89,52 ± 1,60 ^c	3,24 ± 0,06 ^{bc}
Minimum Labour	Sans Mulch	74,21 ± 7,67 ^d	3,24 ± 0,20 ^{bc}
	Mulch	107,29 ± 3,47 ^b	3,80 ± 0,09 ^a
Labour à Plat	Sans Mulch	70,02 ± 4,75 ^d	2,97 ± 0,18 ^c
	Mulch	125,11 ± 1,17 ^a	4,05 ± 0,15 ^a
Billonnage	Sans Mulch	105,85 ± 3,08 ^b	3,39 ± 0,04 ^b
	Mulch	134,15 ± 0,89 ^a	3,86 ± 0,08 ^a
	Ppds	13,066	0,4088

ppds : plus petite différence significative ; Dans la même colonne, les valeurs qui sont suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 p.c.

Tableau 4 : Effet du travail de sol et du mulching sur les paramètres de rendement de maïs.
Effect of tillage and mulching on maize yield parameters.

Modalités	Rendement Grains	Rendement Rafles	Rendement Spathes	Rendement Paille	Indice de Récolte
Billonnage	2175,4 ± 366,1a	448,8 ± 97,9ab	538,1 ± 52,3a	2475,4 ± 454,2a	38,4 ± 2,1ab
Labour plat	2126,8 ± 305,7a	471,3 ± 97,9a	600,5 ± 81,9a	2105,8 ± 370,4a	40,4 ± 3,4a
Mini Labour	1217,4 ± 239,2b	269,9 ± 46,2bc	347,4 ± 83,3b	1990,1 ± 171,7a	30,8 ± 3,2b
Semis direct	797,8 ± 226,1b	208,81 ± 47,2c	261,5 ± 59,8b	911,8 ± 160,6b	34,8 ± 4,7ab
ppds	481,39	190,12	140,86	986,33	8,4878
Sans Mulch	1020,5 ± 167,0b	239,6 ± 36,6b	312,2 ± 50,0b	1676,8 ± 257,6	31,1 ± 2,8b
Mulch	2138,1 ± 234,8a	459,8 ± 64,1a	561,5 ± 51,5a	2064,7 ± 281,1	41,1 ± 1,0a
ppds	340,39	134,44	99,606	ns	6,0018

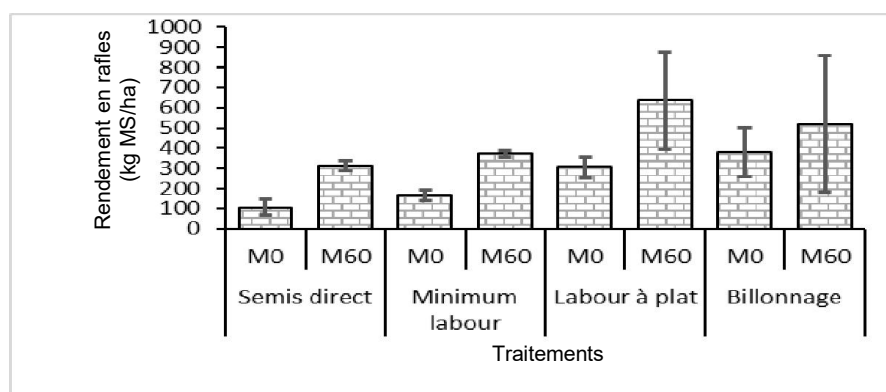
ppds : plus petite différence significative ; Dans la même colonne et pour un même facteur, les valeurs qui sont suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 p. c.



M0 = Sans mulch ; M60 = Apport de mulch à 60 % de couverture du sol ; MS = Matière sèche

Figure 5 : Effet combiné du travail de sol et du mulching sur le rendement en grains du maïs.

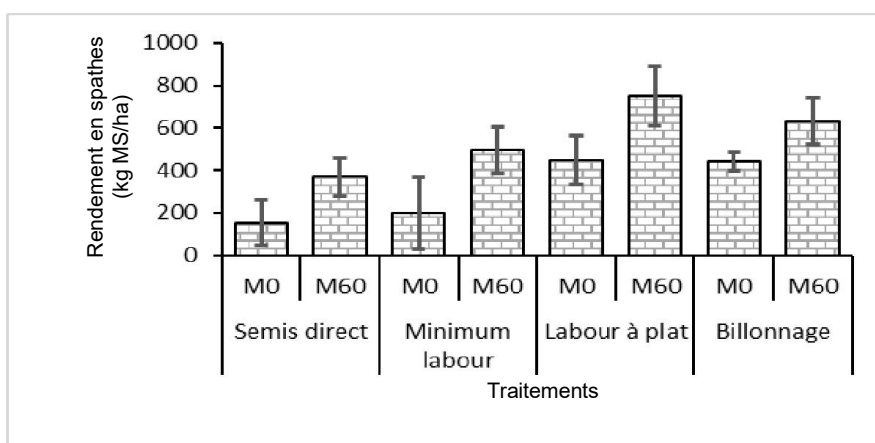
Combined effect of tillage and mulching on the maize grain yield.



M0 = Sans mulch ; M60 = Apport de mulch à 60 % de couverture du sol ; MS = Matière sèche

Figure 6 : Effet combiné du travail de sol et du mulching sur le rendement en rafles du maïs.

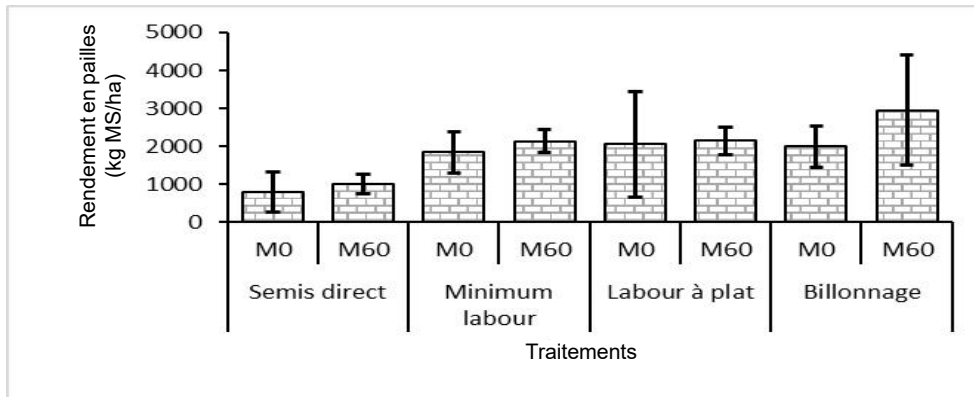
Combined effect of the tillage and mulching on maize roundups yield.



M0 = Sans mulch ; M60 = Apport de mulch à 60 % de couverture du sol ; MS = Matière sèche

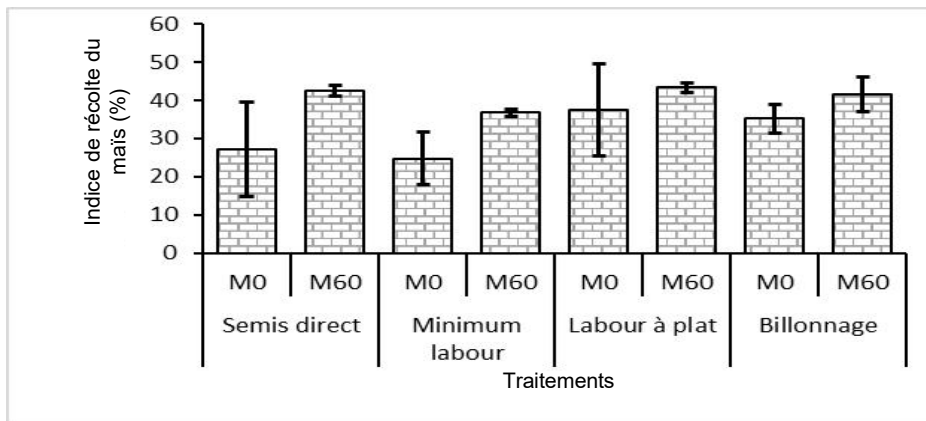
Figure 7 : Effet combiné du travail de sol et du mulching sur le rendement en spathes du maïs.

Combined effect of tillage and mulching on the maize husks yield.



M0 = Sans mulch ; M60 = Apport de mulch à 60 % de couverture du sol ; MS = Matière sèche

Figure 8 : Effet combiné du travail de sol et du mulching sur le rendement en pailles du maïs
Combined effect of tillage and mulching on the maize straw yield.



M0 = Sans mulch ; M60 = Apport de mulch à 60 % de couverture du sol

Figure 9 : Effet combiné du travail de sol et du mulching sur l'indice de récolte du maïs.
Combined effect of tillage and mulching on maize harvest index.

DISCUSSION

CROISSANCE DES PLANTS DE MAÏS

Les résultats ont montré que les plants de maïs se développent lentement sur les parcelles du semis direct. Cela peut s'expliquer par le fait que, sur la parcelle sans labour, le sol est compact et ne permet pas une bonne infiltration de l'eau et le bon développement des racines. De nombreux auteurs ont trouvé des résultats similaires de croissance des plants sur différents systèmes de travail du sol. Ceux de Mrabet (2001) ont montré une similarité des hauteurs à maturité entre système conventionnel et semis direct. Il a constaté que le traitement sans labour sur des sols argilo-sableux ne permet pas un bon accroissement des plants de maïs. De même, Abdellaoui et al. (2006) ont révélé des

réductions de hauteur avec le non labour comparativement au labour conventionnel. Les plants des traitements avec mulch ont connu un développement végétatif important comparativement au traitement sans mulch. Nos résultats confirment ceux obtenus par Findeling et al. (2003) et Diallo et al. (2006) qui ont conclu que le labour en milieu forestier augmentait l'établissement et la croissance du ginseng américain à la première saison de croissance et ce, grâce à un meilleur développement racinaire favorisant l'absorption d'eau et d'éléments minéraux dans le milieu.

PRODUCTIVITE DU MAÏS

La présente étude a montré que le travail du sol influence significativement les rendements en grains et en biomasse du maïs. Le labour améliore la productivité du maïs compara-

tivement au semis direct. Ces résultats sont conformes à ceux obtenus par Lopez-Bellido *et al.* (2000), Payne *et al.* (2000) et Abdellaoui *et al.* (2006) qui ont montré que la productivité du maïs connaît des réductions sur les parcelles du semis direct comparativement à celles du labour conventionnel. Plusieurs auteurs ont obtenu les mêmes résultats selon lesquels le semis direct génère de faible rendement. C'est le cas de Kihara *et al.* (2011) qui ont montré que le semis direct combiné ou non au mulching génère le rendement en grains du maïs le plus faible durant les deux premières années de culture. Les résultats obtenus sont aussi conformes à ceux de Blaise et Ravindran, (2003) et Diaz-Zorita, (2000). Le faible rendement du semis direct par rapport au labour conventionnel a été signalé ailleurs en Afrique (Hoogmoed, 1999) et est attribué à la formation de croûtes, surface d'étanchéité des pores pour la percolation de l'eau et le ruissellement (Osunbitan *et al.*, 2005 ; Rosolem *et al.*, 2002). Par contre, Mekhlouf *et al.* (2011) ont constaté qu'il n'y a aucune différence significative entre les différentes techniques de travail du sol sur les rendements en grains et en paille de la culture de blé. Ce résultat rejoint ceux obtenus par Mrabet (2001) qui a indiqué une similarité des rendements entre système conventionnel et semis direct.

Nos résultats ont montré également que le mulching a amélioré la productivité du maïs en augmentant le rendement en grains de 109,61 p.c. et le rendement en pailles de 23,14 p.c. La couverture du sol par le mulch a eu un effet améliorateur en augmentant le rendement des cultures. Une telle observation a été faite par Yelemou *et al.* (2014) à Saria au Burkina Faso où les rendements en grains de sorgho ont augmenté de 56 et 80 % pour les traitements 1,25 t et 2,5 t/ha de mulch par rapport au traitement sans apport de mulch. De pareilles augmentations de rendements en grains de sorgho ont aussi été obtenues par Mesfine *et al.* (2005) à Melkassa en Ethiopie. Cette augmentation selon les différents auteurs serait due à l'augmentation de l'humidité dans les zones paillées, l'augmentation des teneurs en azote, carbone et phosphore.

RELATIONS ENTRE LES PARAMETRES

Le modèle de régression linéaire multiple a permis d'étudier les relations qui existent entre les composantes du rendement. Les résultats

ont montré que les rafles, les spathes, l'indice foliaire et l'indice de récolte participent directement à la formation du rendement en grains du maïs. L'indice foliaire est directement affecté par la vitesse de croissance de la plante. L'indice de récolte, le rendement en spathes et celui en pailles expliquent à 95,34 p.c. le rendement en grains du maïs. Les résultats de cette étude sont conformes à ceux obtenus par Bouzerzour (1998) et par Kouelo *et al.* (2013) selon lesquels l'indice de récolte et la biomasse de la plante déterminent le rendement en grains du maïs. Le rendement en grains est un caractère complexe qui résulte de l'interaction de plusieurs variables indépendantes dont certaines sont connues et d'autres inconnues (Noor *et al.*, 2003). L'indice de récolte se révèle comme étant le critère le plus intéressant de l'élaboration du rendement en grains du maïs.

CONCLUSION

Le travail du sol et le mulching, pris isolément, affectent significativement la productivité du maïs. Lorsqu'ils sont combinés, le rendement du maïs est également amélioré, mais la différence n'est pas significative. Le semis direct a généré les performances les plus faibles, même quand il est combiné au mulching, alors que le billonnage avec couverture de mulch a produit les meilleures performances du maïs. Le billonnage et le mulch ont amélioré le diamètre au collet des plants de 7 p.c. La vitesse de croissance des plants a été améliorée de 36 p.c. par le billonnage et de 29 p.c. par le mulch. Le rendement en grains de maïs a été amélioré de 172 p.c. par le billonnage et de 109 p.c. par le mulch. Quel que soit le type de travail du sol, le mulching a amélioré les performances du maïs. Un essai à long terme nous permettra de voir l'évolution dans le temps de la contribution de chaque facteur étudié à la productivité du maïs.

REMERCIEMENTS

Nous remercions très sincèrement l'Agence Internationale de l'Energie Atomique (AIEA) qui, à travers le Projet CRP D1 5012 «Soil Quality and Nutrient Management for Sustainable Food Production in Mulch-based Cropping Systems in Sub-Saharan Africa», nous a appuyés techniquement et matériellement à la réalisation de cette étude.

REFERENCES

- Abdellaoui Z., H. Tissekrat, A. Belhadj, et O. Zeghouane 2006. Etude comparative de l'effet du travail conventionnel, semis direct et travail minimum sur le comportement d'une culture de blé dur dans la zone sub-humide. Les actes des 4^e Rencontres Méditerranéennes du Semis Direct. Sétif Algérie 3, 4, 5 mai 2010. N° spécial revue Recherche agronomique. Pp : 68-82.
- Agbahungba A. et Assa A. 2001. Etude de l'évaluation des sols sous culture d'*Acacia auriculiformis* (CUNA.A) et caractérisation de la matière organique de l'espèce dans trois stations forestières dans le Sud du Bénin. Actes de l'atelier scientifique 1, INRAB/MAEP/Bénin .494. p
- Agossou V. 1983. Les sols béninois et leurs potentialités agricoles. Projet agro-pédologique, Etude n°260, 10 p.
- Azontonde H. A. 1994. Dégradation et Restauration des terres de Barre au sud Bénin. Centre National d'AgroPédologie (CENAP), Cotonou-Bénin. Bull. Réseau Erosion 14 : 38-60
- Azontondé A., Feller C., Ganry F. et Remy J. C. 1998. « Le Mucuna et la restauration des propriétés d'un sol ferrallitique au Su du Bénin », Agriculture et développement, n°18 : pp.55-61.
- Blaise D., Ravindran C.D. 2003. Influence of tillage and residue management on growth and yield of cotton grown on a vertisol over 5 years in a semi-arid region of India. Soil Tillage Res 70 : 163-173
- Bolakonga I., Mambani B. et Kakuni M. 2007. Tentative d'une substitution de l'engrais classique KCl par le mulch et les cendres de la jacinthe d'eau (*Eichhornia crassipes*) dans la culture du soja sur un sol ferrallitique à l'état d'altération très avancé. *Publications scientifiques de l'IFA-Yangambi. Vol.1* : 67-72
- Bonhomme R., Ruget F., Derieux M., Vincourt, P. 1982. Relations entre production de matière sèche et énergie interceptée chez différents génotypes de maïs. C R Acad Sc Paris, sér III 294, pp 393-398.
- Bouzerzour H. 1998. La sélection pour le rendement en grain, la précocité la biomasse aérienne et l'indice de récolte chez l'orge (*Hordeum vulgare*.L) en zone semis- aride *Thèse d'état université Mentouri Constantine* :165p.
- Buckles D., Etèka A., Osiname O., Galiba M. et Galiano G. 2000. Plantes de couverture en Afrique de l'Ouest. *Une contribution à l'agriculture durable*.
- Codjia C. 1996. Etude de l'action fertilisante sur terre de barre du Mucuna noir (*Mucuna pruriens*) et du Mucuna blanc (*Mucuna Cochichennensis* et de leur interaction avec des engrais minéraux, thèse d'ingénieur Agronome. P. 61.
- Danwanon K. H. F. 2011. Date de semis et formule d'engrais pour une meilleure productivité du maïs (*Zea mays*) sur sol ferrallitique de la commune d'Allada au Sud du Bénin. *Mémoire d'Ingénieur Agronome*. Faculté des Sciences Agronomiques de l'Université d'Abomey-Calavi, 96p.
- Diallo D., Boli Z., Roose E. 2006. Labour ou semis direct dans les écosystèmes soudano-sahéliens (cas du Cameroun et Mali). Actes des journées scientifiques du réseau de chercheurs Erosion et GCES de l'AUEF. Dir. Ratsivalaka S., Serpantié G., De Noni G., Roose E. Actualité scientifique AUEF, Paris : pp 181-188, INRA (*Les Colloques N° 65*) ed, Paris, 16 mai 1991.
- Diaz-Zorita M. 2000. Effect of deep-tillage and nitrogen fertilization interactions on dryland corn (*Zea mays* L.) productivity. Soil Tillage Res 54 : 11-19
- Eberlee J. 2005. Les plantes de couverture pour améliorer la fertilité des sols en Afrique. www.idrc.ca/fr/ev-5554-201-1-DO_TOPIC.html
- Findeling A., Ruy S., et Scopel E. 2003. Modeling the effects of a partial residue mulch on runoff using a physically based approach. Journal of Hydrology 275, pp. 49-66. Geoscience Révision 10, n°4, 347-354.
- Hoogmoed W. B. 1999. Tillage for soil and water conservation in the semi-arid tropics. Doctoral thesis, Wageningen University, Wageningen, the Netherlands
- Houngbo N. E. 2005. Pauvreté et adoption des technologies de conservation des espaces cultivés: Cas du Mucuna et de l'Acacia dans le village Godohou (Plateau Adja). Mémoire de DEA en Gestion de l'environnement, Abomey-Calavi : EDP/FLASH/UAC, 78 p.
- Houngbo N. E. 2008. Dynamique de pauvreté et pratiques agricoles de conservation de l'environnement en milieu rural africain le cas du plateau adja au sud-bénin. Thèse de doctorat soutenu à l'Ecole Doctoral pluridisciplinaire de UAC/ FLASH. 326 p.

- Houngnandan P. 2002. Efficiency of the use of organic and inorganic nutrients in maize-based cropping systems in Benin. PhD thesis in Applied Biological Sciences, Gent University, 196p.
- IFS 2002. Plan d'action opérationnel pour la gestion durable de la fertilité des sols. Initiative pour la Fertilité des Sols, version provisoire revue après l'atelier de restitution du 26 et 27 février 2002, 45p.
- INSAE 2003. 3^e Recensement General de la Population et de l'Habitation (RGPH3) : Synthèse des analyses, Cotonou : Direction des Etudes Démographiques, 42 p.
- INSAE 2004. Cahier des villages et quartiers de ville. Département du Couffo. Cotonou : INSAE, 26 p.
- Kihara I., Bationo A., Mugendi D. N., Martius C. et Vlek P. L. G. 2011. Conservation tillage, local organic resources and nitrogen fertilizer combinations affect maize productivity, soil structure and nutrient balances in semi-arid Kenya. Nutrient cycling in Agro ecosystems volume 88 issue 1. In: innovations as key to the Green Revolution Africa vol 1 : Exploring the scientific facts. 155-167.
- Kogblévi A. 1975. Le rôle antiérosif du paillage (mulching) et de la microflore du sol dans l'amélioration de la structure. Rapport de mission, 5p
- Kouelo A. F. 2004. Etude comparée de la contribution de sept légumineuses herbacées à l'amélioration de la production du maïs et des caractéristiques chimiques du sol à Avokanzoun. Thèse d'ingénieur Agronome, Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi, 151p.
- Kouelo A. F., Houngnandan P. and Gerd D. 2013. Contribution of seven legumes residues incorporated into soil and NP fertilizer to maize yield, nitrogen use efficiency and harvest index in degraded soil in the center of Benin. Int. J. Biol. Chem. Sci. 7 (6) : 2468-2489.
- Lopez-Bellido L., Lopez-Bellido R.J., Gasstillo J.E., & Lopez-Bellido F.J. 2000. Effects of tillage, crop rotation and nitrogen fertilization on wheat under rainfed mediterranean conditions. *Agron. J.* : 92 : 1054-1063
- Mekhlouf A., Makhlouf M., Achiri A., Aitouali A. et Kourougli S. 2011. Etude comparative de l'effet des systèmes de travail du sol et des précédents culturaux sur le sol et le comportement du blé tendre (*triticum aestivum* L.) en conditions semi-arides ; 14 p.
- Mesfine T., Abebe G., Al-Tawaha A-R. M. 2005. Effect of reduced tillage and crop residue ground cover on yield and water use efficiency of Sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) under semi-arid conditions of Ethiopia. *World Journal of Agricultural Sciences* 1 (2): 152-160.
- Michozounnou M. 2011. Evaluation des terres pour la culture du coton dans la Commune de Djidja au Bénin. Mémoire pour l'obtention du grade de Master II en géographie, Université d'Abomey-Calavi, 80p.
- Mrabet R. 2001. Le semis direct : une technologie avancée pour une agriculture durable au Maroc. MADREF – DERD. N° 76, 4 p. <http://agriculture.ovh.org>
- Noor F., M. Ashraf et A. Ghafoor 2003. Path analysis and relationship among quantitative traits in chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Pakistan Journal of Biological Science* 6 (6) : 551-555.
- Osunbitan J. A., Oyedele D. J., Adelaku K. O. 2005. Tillage effects on bulk density, hydraulic conductivity and strength of a loamy sand soil in southwestern Nigeria. *Soil Tillage Res* 82 : 57-64.
- Payne W.A., Rasmussen P.E., Ramig R.E., 2000. Tillage and rainfall effects upon a winter wheat-dry pea rotation. *Agron. J.*, 92: 933-937.
- PDC 2004. Plan de Développement Communal. Guide d'actions pour le quinquennat 2005-2009 de la commune d'Aplahoué, Département du Couffo, République du Bénin, 172p.
- Razafindakoto M. A. 2007. Stratégie paysanne améliorée pour l'accroissement de la fertilité du sol et de sa résistance à l'érosion (Région Centre des Hauts-plateaux de Madagascar). Actes des JSIRAUF, Hanoï, 6-9 Novembre 2007, 6p.
- Rosolem C. A., Foloni J. S. S., Tiritan C. S. 2002. Root growth and nutrient accumulation in cover crops as affected by soil compaction. *Soil Tillage Res* 65 : 109-115
- Ruget F., Bonhomme R., Chartier M. 1996. Estimation simple de la surface foliaire des plantes de maïs en croissance. *Agronomie: Agriculture and environment*. 10p.
- Saïdou A. 1992. Effets de l'apport de différents matériaux végétaux sur la fertilité d'un sol ferrallitique (terre de barre) du Sud bénin. Thèse d'Ingénieur Agronome FSA/UNB, Abomey-Calavi, Bénin, 71p

- Saïdou A., Janssen B. H., Temminghoff M. J. 2003. Effects of soil properties, mulch and NPK fertilizer on maize yields and nutrients budgets on ferralitic soils in southern Benin. *Agriculture ecosystems & Environnement*. 265 – 273.
- Yelemou B., Yameogo G., Koala J., Bationo B. A., Hien V. 2014. Influence of the leaf biomass of *Piliostigma reticulatum* on Sorghum production in North Sudanian Region of Burkina Faso. *Journal of Plant Studies*; Vol. 3, No. 1 ; 80-89pp. [En ligne] URL: <http://dx.doi.org/10.5539/jps.v3n1p80> consulté le 18/05/2017.
- Tossou H. 2013. Etude de différentes combinaisons du phosphore et d'inoculation avec *Bradyrhizobium japonicum* sur les performances agronomiques du soja [Glycine max (L.) Merrill] au Sud du Bénin. Mémoire pour l'obtention du Diplôme d'Ingénieur Agronome Faculté des Sciences Agronomiques de l'Université d'Abomey-Calavi. 82p.