

Impacts du labour conventionnel sur le rendement cotonnier dans la commune de Kétou, Bénin

C.S.A. BOKO¹, G. C. BAGAN¹, A. B. FANDOCHAN²

(Reçu le 11/09/2020; Accepté le 09/01/2021)

Résumé

Ce travail porte sur l'effet de la fréquence de labour à la charrue à trois disques sur le sol ferrallitique et le développement des plants de cotonnier. Abordant cette problématique, un nombre de labours variant de 0 à 15 est effectué sur les différentes parcelles élémentaires de 400 m² réparties en 7 traitements (P0, P1, P2, P4, P8, P12, P15) et disposés aléatoirement dans les trois blocs expérimentaux. L'évaluation du taux de germination a été effectuée par comptage du nombre de plants présents par parcelle sur le nombre de graines mises en terre. Le rendement de coton graine est obtenu par pesée par parcelle. Les résultats montrent que les meilleurs taux de germination sont obtenus avec les passages P1 (94 %), P2 (80%), P0 (68%) et P4 (62%) et les faibles avec les P8 (48%), P12 (39%), et P15 (36%). Le nombre de capsules par parcelle à 4 mois augmente de P0 (2121) à P2 (2198) et diminue progressivement jusqu'à P15 (1243). Le rendement cotonnier de la première récolte à 6 mois a suivi la même tendance allant de 125 kg/ha (P0) à 161 kg/ha (P2) et décroît jusqu'à P15 (44 kg/ha).

Mots clés: Charrue, *Gossypium hirsutum*, levée, capsules, rendement

Impacts of conventional plowing on cotton yield in commune of Kétou, Benin

Abstract

This work examines the effect of the frequency of plowing with the three-disc plow on ferralitic soil and the development of cotton plants. Addressing this problem, a number of plowings varying from 0 to 15 were carried out on plots of 400 m² organized into 7 treatments according to number of plowings (P0, P1, P2, P4, P8, P12, P15) and arranged randomly in three replications. The germination rate was assessed by counting the number of plants present per plot over the number of seeds planted. The cotton yield was obtained by weighing harvests per plot. The results show that the best germination rates were obtained with P1 (94%), P2 (80%), P0 (68%) and P4 (62%) and the lowest ones with P8 (48%), P12 (39%) and P15 (36%). The number of capsules per plot at 4 months increased from 2121 (P0) to 2198 (P2) and gradually decreases to 1243 (P15). The cotton yield of the first harvest at 6 months followed the same trend, going from 125 kg/ha (P0) to 161 kg/ha (P2) and decreasing to P15 (44 kg/ha).

Keywords: Plow, *Gossypium hirsutum*, emergence, capsules, yield

INTRODUCTION

Les crises alimentaires observées ces dernières décennies dans les pays d'Afrique subsaharienne a conduit les autorités desdits pays à prendre des initiatives pour motoriser les opérations culturales afin d'augmenter la production agricole (augmentation des superficies, facilitation du travail). Caractérisée au départ par l'utilisation des outils rudimentaires, les techniques de travail du sol ont évolué en fonction des réalités du terrain, des résultats de recherche et des objectifs industriels (Estelle, 2009). Cependant, malgré les potentialités physiques, économiques et culturelles de plusieurs États d'Afrique, notamment le Bénin, la filière agricole est toujours mesurée à un médiocre pourcentage de mécanisation, cela est en partie caractérisé par un faible contrôle de l'humidité du sol. En effet, sur une exploitation entière de parcelles agricoles vacantes évaluées à 62,5% de la superficie du pays, seulement 20% des surfaces cultivables sont effectivement exploitées, soit 12,2% du territoire national (PANA-BENIN, 2007). L'ambition d'une agriculture compétitive n'a pas été réalisée mais est plus que jamais un défi à relever. Dans le but d'élever le record de la filière, trois défis majeurs furent initiés: l'amélioration de la sécurité alimentaire, la réduction de la pauvreté et l'emploi. Pour les relever, l'accroissement de la productivité agricole est centrale, particulièrement la productivité du travail; ce qui implique une augmentation des rendements ou de la surface cultivée par actif ou un meilleur savoir-faire de la main-d'œuvre (MAEP, 2011). C'est dans l'optique de

moderniser son agriculture que le Bénin a mis en œuvre des politiques et programmes agricoles en vue de l'intensification. Suite à ces derniers, des efforts de mécanisation ont été amorcés avec l'octroi des équipements agricoles. Ce plan envisageait dans ses axes stratégiques d'actions, l'avancement mécanique de l'agriculture par un emploi raisonnable des outils agricoles.

Cette promotion s'opérera par la mise au point d'actions devant porter le taux de mécanisation des opérations. L'introduction de cette mécanisation se fera sur le fondement de technologies adaptées aux besoins des diverges branches agricoles par des partenariats publics-privés. Cette option gouvernementale semble être un bon moyen pour augmenter les surfaces cultivables et de diminuer les temps de travail pour des paysans visiblement limités par les moyens rudimentaires (houes, dabas...). Toutefois, elle est aussi risquée à cause des échecs qu'on pourrait enregistrer par la non maîtrise de ces outils. En matière de travail du sol, le rôle du chercheur ou de l'agent du développement ne peut être que d'aider à une décision raisonnée pour l'agriculteur. Face aux différentes identités que présentent les sols et aux besoins divergents des cultures, des études du comportement des cultures, c'est-à-dire des changements d'état sous l'action des outils, deviennent indispensables. Ceci suppose de savoir appréhender et mettre en relation plusieurs groupes de variables: l'outil, le sol et la plante (Hubert, 2010). Le premier caractérise le déplacement de l'outil qui met en jeu l'interface Sol-Outil. Le second

¹ École de Génie Rural, Université Nationale d'Agriculture de Kétou, Bénin

² Unité de Recherche en Foresterie et Conservation des Bio-Ressources, Université Nationale d'Agriculture, Bénin

consiste à porter un jugement de valeur sur l'état du sol, dans ses relations avec le peuplement végétal et enfin, d'utiliser ce jugement pour évaluer à leur tour les itinéraires techniques et les systèmes de culture.

Dans le but de décrire comment la gestion du labour affecte la plante cotonnière, ce travail se propose d'évaluer les comportements des paramètres agronomiques d'une culture de coton.

L'objectif de travail est d'évaluer les effets des labours répétés à la charrue à trois disques sur le développement des plants (taux de germination, nombre de capsules, rendement cotonnier) en utilisant le travail manuel comme témoin.

MATÉRIELS ET MÉTHODES

Site d'étude

L'expérimentation a été conduite au centre de production permanente de Kétou, situé à environ 3 km du sud de Kétou-centre et dans l'arrondissement de Kpankou précisément dans le village d'Akpangbahou caractérisé par les sols ferrallitiques et une pente négligeable. C'est en effet une ferme semencière où se produisent des semences de base du maïs et du coton. La ferme sous tutelle de la Direction de l'Agriculture (DAGRI) couvre environ 500 ha. Située sur un plateau de faible altitude (entre 100 et 200 m) morcelé en certains endroits par des dépressions plus ou moins prononcées, la Commune de Kétou est située à l'extrémité nord du département du Plateau entre les latitudes 7°10' et 7°41' 17" Nord d'une part et les longitudes 2°24'24" et 2°47'40" Est d'autre part. Le climat est de type tropical à régime pluviométrique bimodal à deux nuances (du Zou moyen et des plateaux du Sud - Est): une grande saison des pluies: Mars à Juillet, une petite saison sèche: Août,

une petite saison des pluies: Septembre à Octobre et une grande saison sèche: Novembre à Février. La moyenne pluviométrique annuelle est de l'ordre de 1073 mm en 65 jours (ASEGNA, 2019). Les deux maxima de ce régime sont centrés sur Juin et Septembre. La figure 1 montre la situation de la Commune de Kétou qui abrite le site d'étude.

Protocole expérimental

Les essais sont effectués sur un champ de 2124 m² de superficie, délimité et divisé en 3 blocs. Chaque bloc représente tous les 7 traitements (0 labour motorisé pour la parcelle témoin désignée par P0, 1 labour pour P1, 2 labours pour P2, 4 labours pour P4, 8 labours pour P8, 12 labours pour P12 et 15 labours pour P15). Chaque bloc constitue une répétition et est randomisé à travers ces traitements disposés en des parcelles élémentaires de 400 m² de superficie chacun écarté l'une de l'autre de 3 m pour permettre le passage du tracteur. Le labour est réalisé à l'aide d'une charrue à 3 disques d'une largeur de travail de 1,20 m attelée à un tracteur de puissance de 60 CV avec une vitesse d'avancement de 4 km/h. Le labour est réalisé à 25 cm de profondeur et exécuté par traitement. Au total, 21 parcelles élémentaires de 400 m² réparties dans 3 blocs contenant chacun 7 traitements comme l'illustre la figure 2 ci-dessous.

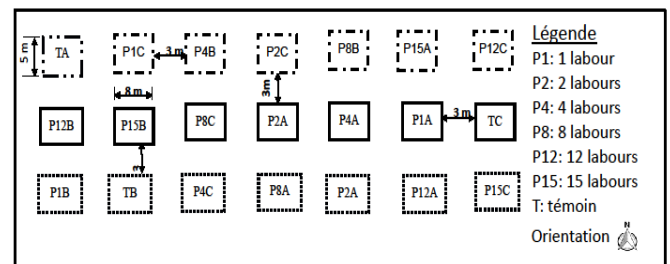


Figure 2: Dispositif expérimental en bloc aléatoire complet

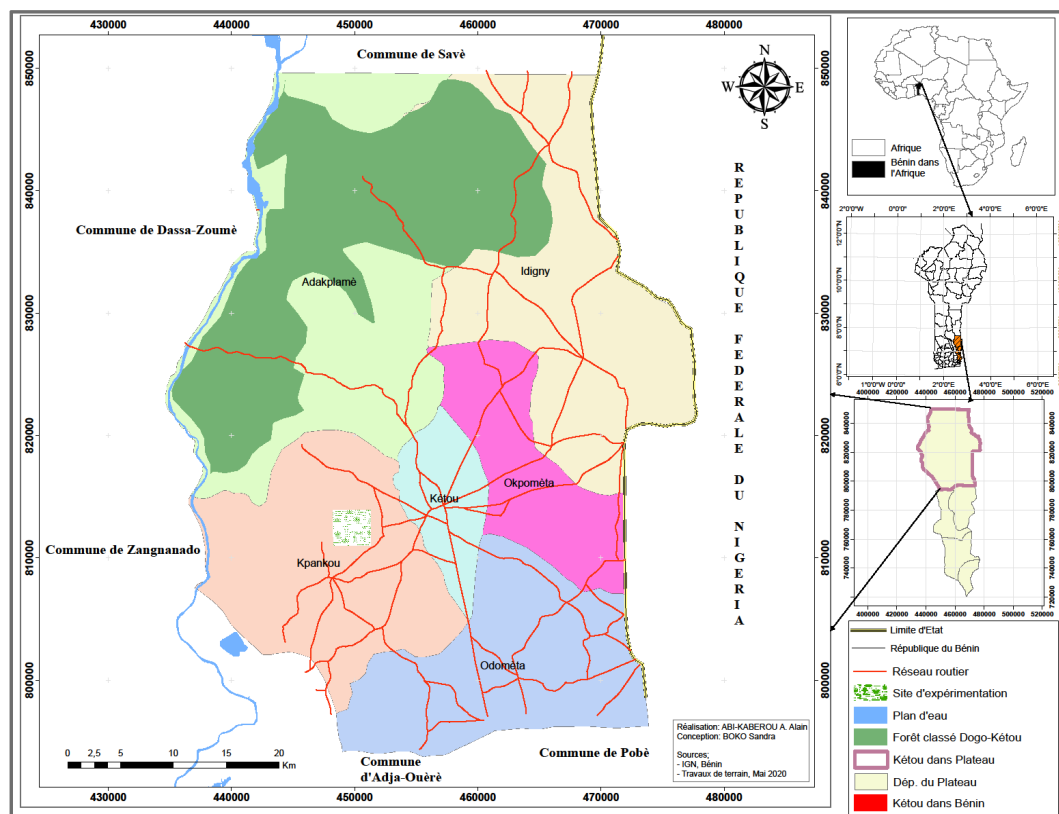


Figure 1: Carte de situation de la Commune de Kétou

Conduite de la culture

Sur les parcelles, le coton de variété KET 782 a été cultivé. Le sol avant le semis a été traité chimiquement à l'herbicide Cotonex à raison de 3 l/ha. Le semis a été effectué manuellement le 15 juillet 2019 de la manière suivante: 5 graines par poquet à 5 cm de profondeur avec des écartements de 0,4 m sur les lignes et 0,80 m en interlignes. Après germination, s'en est suivi un démariage à 2 plants par poquet si toutes les graines germent. Deux sarclages (15^{ème} et 35^{ème} jour), un buttage et un désherbage ont été exécutés manuellement pour l'entretien des champs. 35 kg de NPK et 7 kg d'urée ont été utilisés pour la fertilisation du sol. 6 traitements des plants contre les insectes ravageurs ont été effectués: le 1^{er}, 2^{ème}, 4^{ème} et 5^{ème} (Tihan rouge 0,2 l/ha), 3^{ème} (Binaire acaride 1/ha) et 6^{ème} (Binaire aphicide ou défoliant 0,5 l/ha). Ce site ayant abrité la saison précédente la culture coton; une attention particulière a été portée à la protection phytosanitaire afin d'éviter au maximum la prolifération des ravageurs.

Mesures et observations

Au niveau du sol

Un profil cultural de 1,5 m x 1 m réalisé suivant les différentes étapes de Delaunoy (2008) et examiné pour déterminer la profondeur de la couche arable. Il est revenu après mesure, que la couche arable fait 30 cm. Ainsi la profondeur de labour retenue est de 25 cm. La masse volumique sèche du sol (g/cm³) est mesurée sur un tuyau cylindrique de diamètre 100 mm et de hauteur de 10 cm par carottage manuel. Les 2 bouts sont fermés pour maintenir l'humidité et la densité en place pour les essais au laboratoire (teneur en eau pondérale et matières organiques).

Teneur en eau pondérale des matériaux

Obtenu suivant la norme NF P 94-050.1995, elle désigne le rapport de l'eau évaporée par étuvage sur la masse des grains solides:

$$W = Mw / Md$$

Où, W désigne la teneur en eau pondérale, Mw la masse de l'eau et Md la masse des grains solides.

Teneur en Matière Organique (MO)

L'essai donne la quantité ou la proportion de matières organiques contenues dans un sol. Il s'effectue sur les particules de diamètre inférieur à 0,400 mm. Cet essai est réalisé sur un matériau à l'aide d'un appareillage constitué d'une éprouvette millimétrée, d'une tare, d'une solution Biomax, d'un agitateur, d'une étuve et de la balance électronique suivant la norme NF XP P 94-047.1998. Elle est calculée suivant la formule suivante:

$$MO = (Mi - Mf) * 100 / Mi$$

Où, MO désigne les matières organiques, Mi la masse initiale avant étuvage et Mf la masse finale après étuvage.

Au niveau du végétal (*Gossypium hirsutum*)

Le comportement de la culture a été étudié par l'évaluation du taux de germination deux semaines après semis par comptage du nombre de plants présents par parcelle sur le nombre de grains mis en terre. A quatre mois, nous avons compté le nombre de capsule pour évaluer le rendement capsulaire par parcelle de 400 m². A 6 mois, nous avons

effectué la première récolte et pesé la production de coton graine obtenue par parcelle. Pour chaque paramètre, la moyenne des trois répétitions est retenue pour les analyses.

Analyse statistique de données

Le logiciel R a été utilisé pour l'analyse des données. L'analyse statistique de l'ensemble des mesures réalisées pour les différentes variables, a été basée sur la méthode de l'analyse de variance suivie du test t de structuration des moyennes. Un modèle à effet mixte a été exécuté (bloc qui est aléatoire et nombre de labours qui est fixe). Une analyse en composante principale et une classification numérique ont été réalisées en vue d'étudier la corrélation et de mettre en évidence la structuration des variables étudiées suivant les traitements.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Influence du nombre de labours sur la matière organique et la teneur en eau du sol

Les courbes de tendances polynomiales (Figure 3) illustrent la relation entre le taux de matière organique relatif et la teneur en eau relative en fonction des différents labours.

Nous remarquons que le modèle utilisé explique parfaitement l'influence des labours sur les variations des différents paramètres avec un coefficient de corrélation positif et statistiquement significatif 0,872 ($p=0,010$). Ce coefficient étant donc non nul, nous déduisons ainsi de fortes corrélations positives significatives entre les deux paramètres étudiés en fonction des labours (P1 à P15). Nous remarquons qu'au non labour, la teneur en matière organique est mieux conservée avec la teneur en eau que lorsqu'il y a un labour; et lorsque le nombre de labour accroît, on assiste à une chute du taux de matière organique avec la teneur en eau. Enfin, nous déduisons que le labour répété affecte négativement la structure du sol étudiée.

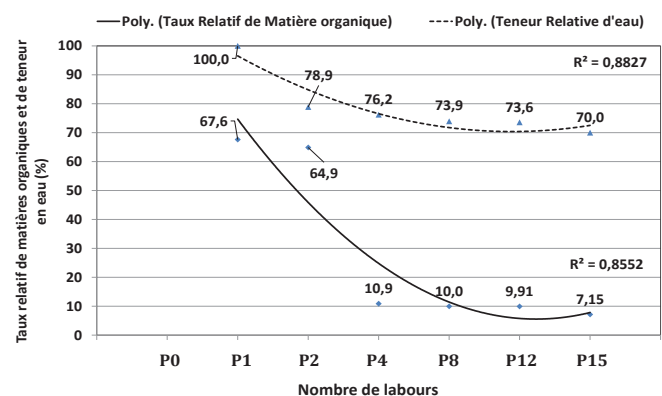


Figure 3: Courbes de tendance du taux de matière organique relatif et de la teneur en eau relative en fonction des différents labours

Influence des labours sur le taux de germination des plants de cotonnier

Les résultats statistiques d'analyses de variances du taux de germination en fonction du nombre de labour se présentent dans le tableau 1.

D'après le tableau, le bloc n'a pas un effet significatif sur le modèle utilisé. De plus, la mesure d'ajustement du modèle est grand AIC=97,1%; alors le bloc a un faible ajustement sur le modèle. En effet, le taux de germination est significa-

Tableau 1: Analyse de variance du taux de germination en fonction du nombre de labours

	Degré de liberté	Probabilités et significativité
Sources de variation	ddl	P
Blocs	2	1 ^{ns}
Traitements	6	0,001***
Erreur	12	-

***Différences significatives au seuil $\alpha = 5\%$; ns = Pas de différences significatives.

tif sur le modèle et varie en fonction du nombre de labour avec des différences bien marquées.

Le coefficient de détermination R^2 du modèle réalisé a donné 97,5% et en plus statistiquement, les résultats sont significatifs à 95%. Donc, il est sûr alors à 95%, que 97,5% des variations de taux de germination sont expliquées par le labour.

Il est remarqué que les résultats des taux de germination des traitements P0 (de non labour) et P4 ne se diffèrent pas statistiquement (Figure 4). Le labour répété 4 fois sur le même sol revient à une structure de sol initiale non travaillée. Les labours P8 et P12 sont proches avec des similitudes; P12 et P15 aussi sont similaires. Néanmoins, les labours P1 et P2 sont distincts les uns des autres. On déduit ainsi que le nombre de labour a une influence nette sur le taux de germination avec une certaine diversité.

A la fin de la levée, le taux de germination reste néanmoins dépendant des labours. Les meilleurs taux sont obtenus avec le témoin P0 (68%) plus les labours P1 (94%) et P2(80%), P4 (62), et les faibles taux avec les P8 (48), P12 (38,7%), P15 (35,7%). Les meilleurs taux s'expliquent par les conditions favorables de la levée des graines de coton qui sont en bon contact avec une bonne humidité et stabilité de la couche du sol travaillée. Par contre, les autres labours ont induit un changement d'état structural du sol entraînant une évaporation d'eau due à la fragmentation du sol qui exerce la non sortie des graines du cotonnier. Ses failles entraînent un faible taux de levée, une diminution de la hauteur des plants et des feuilles aux dessous des passages P4. Suite au schéma conceptuel conçu par Adli et Feddal (2008), les contraintes mécaniques du sol ont des effets sur le fonctionnement des racines qui réduisent la capture des ressources souterraines disponibles pour la plante et limite le développement de la plante, son utilisation des ressources aériennes.

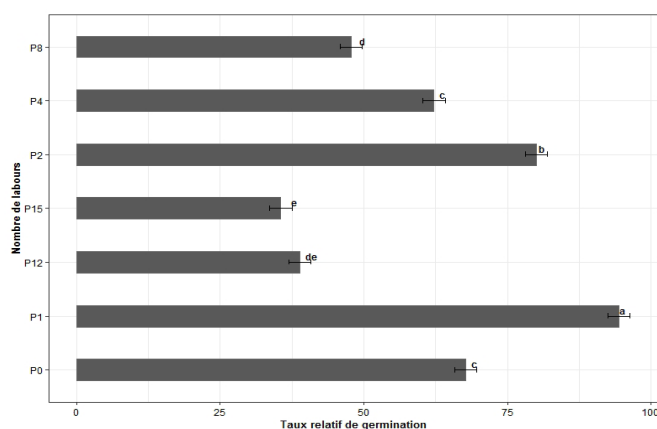


Figure 4: Taux relatif de germination des plants de cotonniers en fonction du nombre de labours

Toutefois, la densité du sol est communément utilisée dans le compactage du sol (Hubert, 2010; Hammani, 2013). De plus, il exige un lien positif entre les labours répétés et le degré de tassement (Boizard, 2014). L'impact du tassement est un processus complexe. On observe que le labour répété au sol entraîne une diminution de l'élongation suite au tassement en raison de la réduction du nombre de cellule que reflète l'étude de Lipiec et Hatano (2003). La diminution des ressources en eau, en nutriments a un effet négatif sur la croissance du système racinaire, ce qui agit inévitablement sur le développement des plants (Hammani, 2013) jusqu'à l'étape fleurissante (Beemster et al., 1996). On remarqua un changement physiologique et morphologique fort, tel que la réduction de la hauteur des plants (jusqu'à 40% pour la culture cotonnière suivant la moyenne) et du nombre de capsules par traitement. En effet, les fortes corrélations régressives des paramètres étudiés (le taux de matière organique relatif, la teneur en eau relative, le taux de germination) en fonction des différents labours (P1 à P15) par rapport au non labour P0 illustrent une relation étroite entre le comportement de l'état structural du sol suite au labour répété et la vie des cotonniers.

Influence des labours sur le nombre de capsules des plants de cotonnier

A la fin du cycle de développement des plants de cotonnier, il résulte du test de significativité du nombre de capsules par traitements que ce dernier varie significativement en fonction du nombre de labours au seuil de 5% ($dl=6$, $P=0,007^{**}$). De plus, le seuil de la corrélation intra-classe due à l'effet aléatoire du bloc est de 27,6% ce qui traduit que le bloc a un effet faible sur la variation du nombre de capsules par traitements. Nous concluons que la grande différence entre les traitements n'est pas liée au bloc ($dl=2$ et $P=0,896^{ns}$). De plus, le coefficient de détermination R^2 du modèle réalisé a donné 61% et en plus statistiquement, les résultats sont significatifs à 95%. La figure 5 présente le rendement du nombre de capsules par traitement en fonction du nombre de labours.

Il est remarqué que les résultats du nombre de capsules P0 (de non labour), P1 et P2 ne diffèrent pas statistiquement. Les labours P4, P8 et P12 sont proches avec des similitudes et on remarque que ces labours sont au dessus de ceux précités. Par contre P15 est totalement différent des uns des autres. On déduit ainsi que le nombre de labour a une influence nette sur le nombre de capsules.

La figure 5 montre que le nombre de capsule est inversement proportionnelle au nombre de labour. Aussi, le nombre de capsule aux labours P1 et P2 est au dessus de P0 (non labour) et les autres labours en dessous de P0. Ces résultats traduisent que le nombre de capsules par plant germé est relativement lié au nombre de plants obtenu sur chaque parcelle. Les labours P1 et P2 ont un effet positif sur le nombre de capsules par rapport aux autres. Pour une même technique de travail du sol (labour à la charrue à disque) à différents labours, les effets sont très variables et dépendent notamment de la structure du sol et de la qualité de travail.

En outre, la relation machine-sol-plante est liée aux travaux du sol qui sont majoritairement portés sur le labour. De manière générale, les travaux de labour sont les principales

techniques culturales responsables du bon développement des cultures et garantissent en grande partie un haut rendement (Feddal, 2011). Le labour vise une bonne disposition de la plante pour se développer et permet de mieux lutter contre la flore adventice que le non labour (Abdellaoui,

du rendement par parcelle. Nous concluons que la grande différence entre les traitements n'est pas liée au bloc et que le coefficient de détermination R² du modèle réalisé a donné 74,3% et en plus statistiquement, les résultats sont significatifs à 95%.

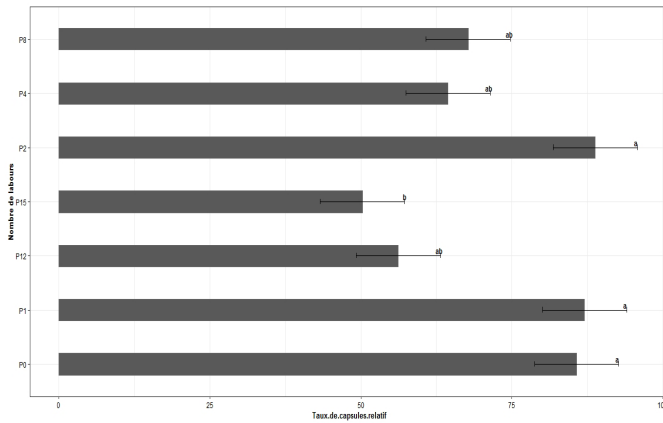


Figure 5: Nombre de capsules en fonction des labours

2011; Guesdon Vannerie, 2017). Ce qui justifie nos travaux qui montrent que les labours P1 et P2 ont donné les nombres élevés de capsules. Néanmoins, le travail du sol répété successivement affecte les facteurs abiotiques du sol, directement en modifiant les propriétés structurales du sol ou indirectement en changeant les conditions d'aération et de pénétrabilité du sol par les racines (Huwe, 2003). Les modifications de l'espace poral du sol agissent sur la capacité d'infiltration de l'eau (Huwe, 2003); raison pour laquelle il est remarqué que plus le nombre de labours augmente, le nombre de capsules diminue car le sol devient plus fins et laisse passer l'eau et les matières organiques vers les couches profondes. Ainsi, ces éléments deviennent insuffisants dans les couches racinaires pour la plante cotonnière. Alors, il reviendra aux racines de déployer assez d'énergie pour capter ces substances nutritives dans les basses couches. De plus, Il est présumé dans une étude de Feddal (2011) qui soulignent qu'il existe une étroite interaction entre les pratiques du travail du sol et la dynamique des matières organiques et de l'eau du sol et que ces pratiques définissent les modalités d'incorporation et de décomposition des matières organiques utilisables pour la plante. Alors, il est judicieux de limiter le nombre de labour pour conserver les éléments nutritifs du sol pour la plante cotonnière afin de maximiser une bonne production de capsules.

Influence des labours sur le rendement cotonnier

Il résulte du test de significativité du nombre de capsules par parcelles que le rendement cotonnier (Figure 6) varie significativement en fonction du nombre de labours 0, 4, 8, 12 et 15 au seuil de 5%. De plus, la proportion de la corrélation intra-classe due à l'effet aléatoire du bloc est de 0%; ce qui traduit que le bloc a un effet nul sur la variation

Les résultats statistiques d'analyses de variances du rendement cotonnier en fonction du nombre de labour se présentent dans le tableau 2.

IL est remarqué que les résultats du rendement cotonnier P0 (de non labour), P1, P2 et P4 diffèrent statistiquement mais avec des similitudes et on remarque que ces labours sont au dessus de ceux précités. Il n'existe pas de différence statistique entre P8 et P12. Par contre P15 est totalement différent des uns et des autres. On déduit ainsi que le nombre de labour a une influence nette sur le rendement cotonnier avec une certaine approximalité. C'est ce que démontre le tableau 3 suivant qui résume les valeurs moyennes et erreurs types du rendement cotonnier en fonction des labours. La figure 6 présente le rendement cotonnier par parcelle.

Cette figure 6 montre que le rendement est important à deux labours, ce qui signifie que le sol est bien ameubli et offre une meilleure structure facilitant un bon captage des éléments nutritifs aux plants cotonniers. De plus, au-delà de 2 labours, le sol est vraiment modifié et induit une chute de rendement qui est même inférieur à celui de non labour. Nous déduisons que le rendement cotonnier obtenu est lié au nombre de labour exécuté; et qu'à défaut de dépasser 2 labours, il vaut mieux ne pas labourer afin de maintenir une bonne couverture du sol et avoir un rendement moyen. En effet, l'étude de Merrien et Milan (1992) et Ishaq *et al.*, (2001) ayant abordé l'incidence de la mécanisation agricole sur la production a révélé qu'un travail du sol répété plus de deux fois modifie la structure du sol à travers une germination moindre des graines et une croissance précoce réduite des racines dans la zone fragmenté attribuées à la prise nutritive réduite du taux de matière organique et à la teneur en eau faible. Néanmoins, les faibles rendements obtenus au-delà de deux labours dépendent aussi de la forte présence d'argile en surface limitant la descente d'eau régulière vers les racines cotonnières. En effet, Roselem *et*

Tableau 2: Analyse de variance du rendement cotonnier en fonction du nombre de labours

	Degré de liberté	Probabilités et significativité
Sources de variation	ddl	P
Blocs	2	1 ^{ns}
Traitements	6	0,000***
Erreur	12	-

***Différences significatives au seuil $\alpha = 5\%$; ns = Pas de différences significatives.

Tableau 3: Moyennes et erreurs types du rendement cotonnier en fonction du labour

Traitements	Fréquence de labours						
	P1	P2	P0	P4	P8	P12	P15
Moyennes \pm erreurs types	65,6 \pm 7,32 ab	78,2 \pm 7,32 a	60,7 \pm 7,32 abc	32,6 \pm 7,32 bcd	29,9 \pm 7,32 cd	26,1 \pm 7,32 cd	21,3 \pm 7,32 d

Les moyennes dans une colonne suivie d'une même lettre ne sont pas sensiblement différentes au $\alpha = 5\%$.

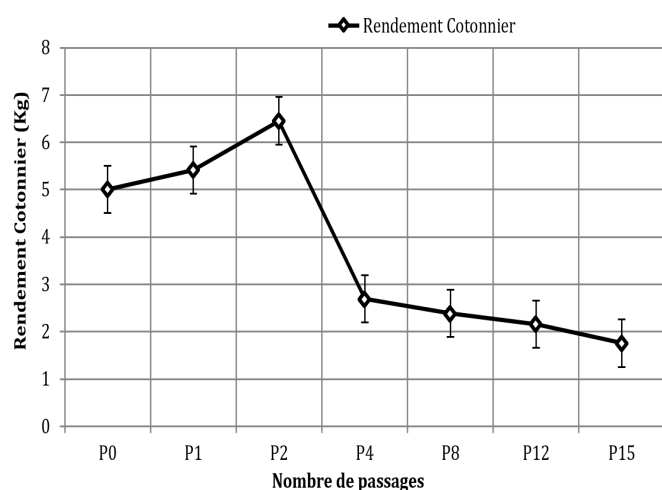


Figure 6: Rendement cotonnier par parcelle

al., 002) a noté que les rendements sont limités car le sol étant fragmenté, il y a assez de particules fines réduisant la disponibilité d'eau dans le sol; en raison de l'infiltration et l'écoulement faible de l'eau du sol et moins de macrospores qui expliquent la croissance réduite de racine et abaissent la prise des éléments nutritifs. D'ailleurs, en se référant à nos résultats, nous voyons réellement que la production est améliorée au labour motorisé par rapport au labour manuel lorsque celui-ci est bien réalisé en nombre limité (2 labours) écartant tout risque de compactage du sol et des effets négatifs sur la production. Le labour est vu en effet comme un élément d'abaissement des rendements quand, il est trop répété, il brise les agrégats ce qui dépose en suspension les particules fines et permet leur incursion ou leur ruissellement avec l'érosion en nappe. Ces fins éléments se concentrent à une dizaine de centimètre de profondeur créant une véritable semelle de labour, impénétrable pour les racines de la plupart des plantes cultivées. De plus, les travaux de labour sont les principales techniques culturales responsables du bon développement des cultures et garantissent en grande partie un haut rendement (Feddal, 2011). Le labour vise une bonne disposition de la plante pour se développer et permet de mieux lutter contre la flore adventice que le semis direct (Abdellaoui, 2011; Guesdon Vannerie, 2017) lorsqu'il n'est pas répété plusieurs fois. Avec le labour, les zones compactées peuvent même disparaître d'après Boizard (2014). Cependant, les opérations du sol peuvent conduire aussi à l'érosion du sol lorsqu'elles sont excessives ou effectuées en conditions humides (CPVQ, 2000). On reproche en effet aussi aux opérations du travail du sol la destruction de la structure du sol, la présence des couches compactées, de nuire à la flore et à la faune du sol lorsqu'elles sont répétées (à plus de deux). Ces analyses nous amènent à voir l'effet simultané des aspects physiques du sol en lien au comportement des plants cotonniers.

Tableau 4: Corrélation entre les variables étudiées

Variables	Taux de germination relatif	Teneur en eau relative	Taux de matières organiques relatif	Nombre de capsules relatif	Rendement Cotonnier relatif
Taux de germination relatif	1				
Teneur en eau relative	0.7699241*	1			
Taux de matières organiques relatif	0.7374268	0.8724556*	1		
Nombre de capsules relatif	0.9057881*	0.7810520*	0.8847130*	1	
Rendement Cotonnier relatif	0.8910587*	0.6924545	0.8704520*	0.9562329*	1

(*) Les corrélations marquées sont significatives à $P < 0.05$.

Influence des labours sur le taux de matière organique relatif, de teneur en eau relative, de taux de germination relatif, du nombre de capsules relatif, du rendement cotonnier et courbes de tendance

L'Analyse en Composante Principale de la présente étude montrant la relation entre les variables (taux de matières organiques relatif, de teneur en eau relative, de taux de germination relatif, du nombre de capsules relatif et le rendement cotonnier) en fonction des traitements, il est montré qu'il existe une forte corrélation positive et significative entre les variables teneur en eau et taux de germination. Ainsi, la teneur en eau après labours influence positivement la germination des graines de cotonnier. De plus, celles entre le taux de matières organiques relatif, la teneur en eau relative et le nombre de capsules d'une part et le taux en matières organiques avec le rendement cotonnier d'autre part qui sont aussi fortement corrélées positivement et significativement. Par contre, les corrélations entre le taux en matières organiques et le taux de germination d'une part, la teneur en eau relative et le rendement cotonnier sont fortement corrélées positivement mais la relation est due simplement au hasard. La corrélation entre les variables est représentée à travers le tableau 4.

Pour caractériser les relations entre les variables étudiées, une Analyse en Composantes Principales (ACP) montré qu'avec 2 axes, on arrive à expliquer 94,6 % des informations contenues dans les variables initiales; ce qui est suffisant pour garantir une précision d'interprétation des données. Le cercle de corrélation entre variables (Figure 7) illustre la relation entre le taux de matière organique relatif, de teneur en eau relative, de taux de germination relatif, du nombre de capsules relatif et du rendement cotonnier en fonction des différents labours.

Il est remarqué qu'une forte teneur en eau, de matières organiques est positivement associée à une bonne germination des graines cotonnières parallèlement à un meilleur taux de capsules et rendement cotonnier suivant les deux axes. La position des différentes variables sur les axes étant bien connue, il reste maintenant à représenter les groupes dans les différents axes (Figure 8).

La figure 8 montre que les traitements P0, P1 et P2 sont situés du côté positif de l'axe 1. Elles présentent donc une meilleure structure du sol et garantissent les bonnes productions. Les traitements P4, P8, P12 et P15, sont situées du côté négatif de l'axe 1. Elles présentent donc un faible pouvoir rhéologique au sol et à la productivité.

Les traitements P2, P4 et P8 sont situées du côté négatif de l'axe 2. Ils présentent donc un fort taux de productivité. Les parcelles P0, P1, P12 et P15 sont situées du côté positif de l'axe 2. Elles présentent donc une bonne capacité d'absorption d'eau et de matières organiques.

En tenant compte des exigences de ce type de sol, on déduit de toute l'analyse que c'est le traitement P1 (un seul labour) qui y répond mieux. En effet, Il est corrélé fortement et positivement avec l'axe 1 et 2. Il présente donc une meilleure structure de sol labouré avec une forte capacité d'absorption d'eau et de matières organiques favorisant une production optimale.

En effet, en vue de classifier les traitements, des groupes d'individus aussi similaires que possible ont été regroupés suivant leurs ressemblances. D'après la figure 9, nous avons trois classes: (P0 et P1); (p2); (P4, P8, P12 et P15). Ceci montre que l'augmentation du nombre de labour est aussi une activité cumulative de restriction de sol suivant les variables étudiées. Nous constatons que le non labour

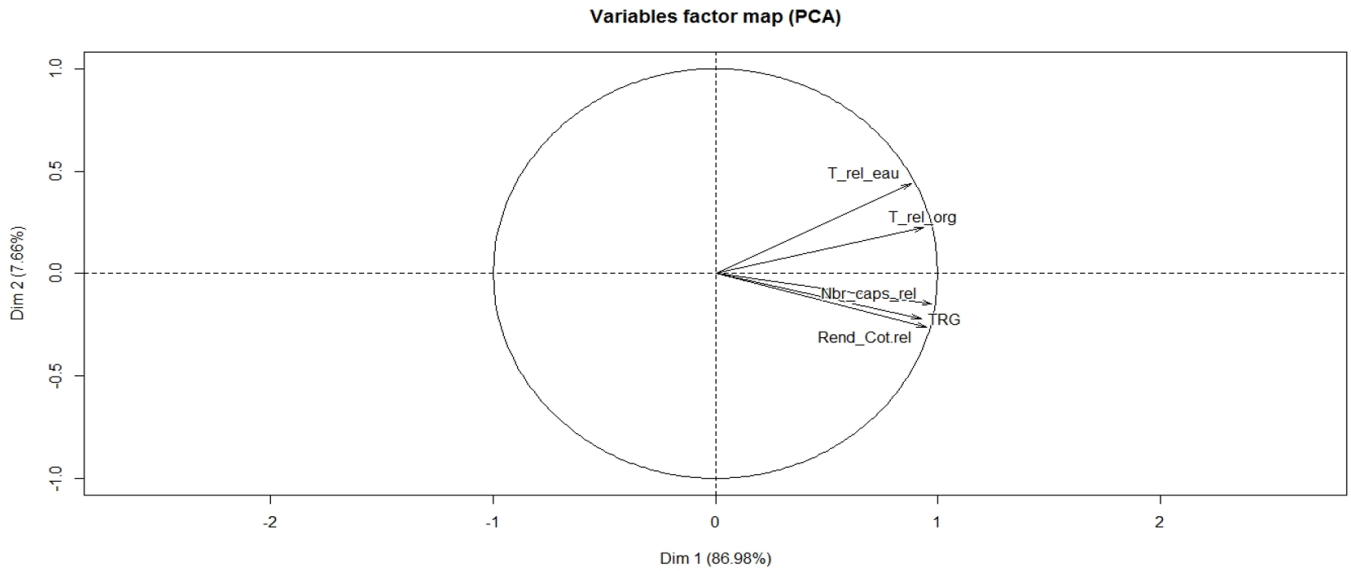


Figure 7: Cercle de corrélation entre les variables (taux de matière organique relatif, de la teneur en eau relative, du taux de germination, du nombre de capsules et du rendement cotonnier) de composante 1 et 2.

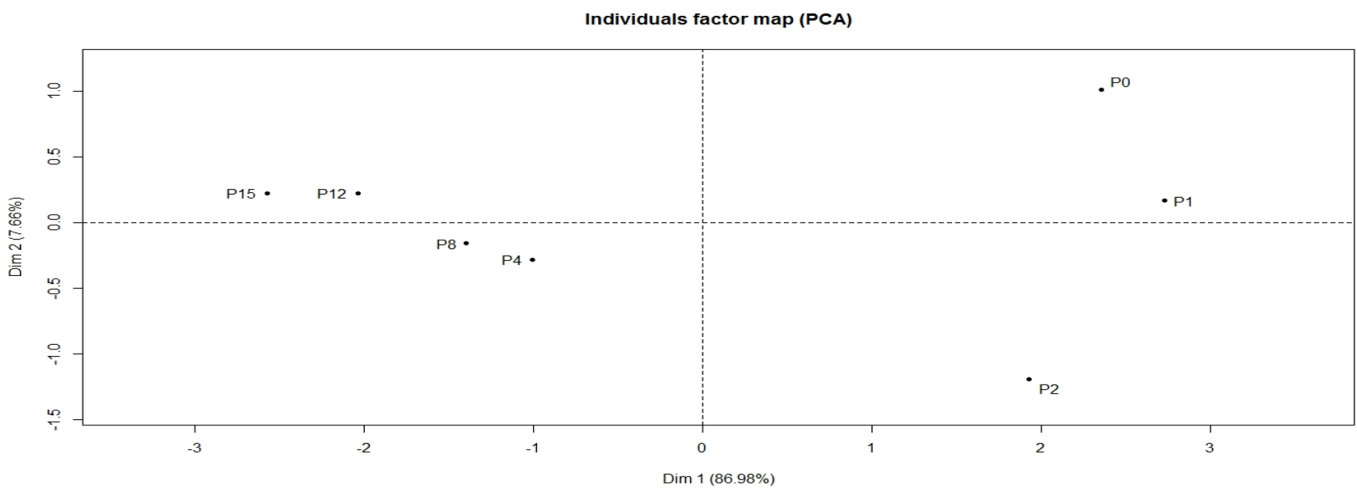


Figure 8: ACP entre les traitements de composantes 1 et 2

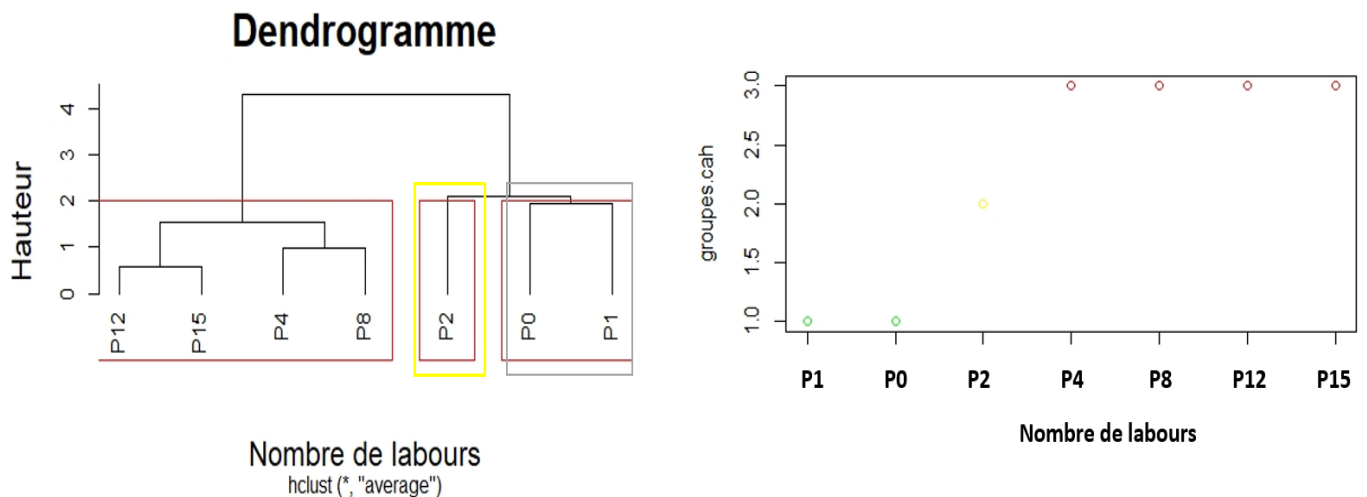


Figure 9: Dendrogramme des traitements suivant la hauteur relativement à leur groupe

P0 et le labour P1 présentent des profils de sol similaires. Ceci démontre qu'un seul labour ne modifie pas la structure du sol. Alors qu'à partir de deux labours P2, la différence est remarquée. On en déduit en même temps que lorsque le nombre de labours dépasse un pour ce type de sol, cela impacte légèrement le sol suivant les variables étudiées. De plus, lorsque ce nombre évolue à plus de deux labours (P4 à P8 et de P12 à P15), la structure du sol change négativement en abaissant les taux de teneur en eau et de matières organiques avec des répercussions sur la productivité cotonnière. Ceci démontre qu'un seul labour est recommandé pour ce type de sol car il limite beaucoup les risques au sol et à la production. La figure 9 ci-contre présente le dendrogramme des traitements suivant la hauteur relativement à leur groupe.

Nous remarquons que le modèle utilisé explique parfaitement l'influence des labours sur les variations des différents paramètres avec des coefficients de corrélation très forts proche de 1. Nous déduisons ainsi de fortes corrélations positives des cinq paramètres étudiés en fonction des labours avec plus ou moins de significativité. Nous remarquons que plus le labour est répété plus le brassage de l'outil est important, et l'on assiste à une chute du taux de levée des plants proportionnellement au nombre de capsules obtenus et au rendement cotonnier. Enfin, nous déduisons que le nombre de labour présente des conséquences sur la germination et le rendement capsulaire de cotonnier. Selon Hugon (2004), dans certaines conditions pédo-climatiques, les rendements engendrés par la culture sans labour sont généralement équivalents, parfois légèrement supérieurs au labour dans la mesure où il n'y a pas de tassements du sol intempestifs et surtout dans la mesure où le drainage naturel est suffisamment efficace. L'effet contraire s'observe dans notre cas, ou au-dessus de 2 labours, le rendement cotonnier reste en dessous de celui du non labour. Ainsi, lorsque le labour est répété plus de deux fois, nous avons des répercussions de restriction de production sur ce sol. De plus, ce dénouement observé serait dû à l'accessibilité difficile des nutriments aux végétaux d'après Carof (2008) puisque le sol étant trop travaillé, a rendu le sol inorganique, ce qui a eu d'impact négatif sur le rendement capsulaire et cotonnier.

CONCLUSION

Les résultats obtenus indiquent que le nombre de labour du tracteur à la charrue à disque a un effet sur le développement des plants et le rendement capsulaire. Nos travaux ont permis de prouver que le taux de germination augmente du non labour P0 au labour P1 et diminue progressivement jusqu'au labour P15 par parcelle de 400 m² proportionnellement au rendement capsulaire.

Enfin, nous pouvons conclure que dans les conditions agro-pédologiques et climatiques propres à notre essai, il faut réduire le nombre de labour à deux pour limiter les risques de restriction de levée et du rendement. Enfin, le brassage créé par la charrue à disque pendant le labour est la source principale de la diminution du taux de levée avec proportionnalité au rendement cotonnier. Ainsi, nous estimons que l'utilisation d'une charrue brassant moins le sol diminuerait son impact sur le sol et le développement de la culture. Puisque dans la zone de recherche, à part la charrue à disque, il est utilisé la charrue à soc, nos prochaines investigations s'orienteront sur son impact sur la culture cotonnière.

RÉFÉRENCES

- 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. *Options Méditerranéennes: Série A. Séminaires Méditerranéens*; 96: 71-87
- Adli N., Feddal M.A. (2008). Analyse du comportement des sols sous l'action de différentes formes des pièces travaillantes des outils aratoires. Thèse Ing. ENSA, EL-harrach, Algérie.
- ASEGNA (2019). Agence pour la Sécurité de la Navigation Aérienne en Afrique et à Madagascar, Service données climatiques et pluviométriques, Cotonou-Bénin.
- Estelle D. (2009). La mécanisation agricole (Inter-réseaux) *Bulletin de veille*, 143.
- Beemster G.T.S., Masle J., Williamson R.E., Farquhar G.D. (1996). Effects of soil resistance to root penetration on leaf expansion in wheat (*Triticum aestivum* L): Kinematic analysis of leaf elongation. *Journal of Experimental Botany* 47:1663-1678.
- Boizard H. (2014). Le tassement du sol, une affaire sérieuse. *Réussir grandes cultures*, 286: 38 - 40.
- CAROF M. (2008). Fonctionnement de peuplements en semis direct associant du blé tendre d'hiver (*Triticum aestivum* L.) à différentes plantes de couverture en climat tempéré. UMR Agronomie INRA/INA P.G. 1-132 pp.
- CPVQ(2000). Problèmes de compaction. Guide des Pratiques de conservation en grandes cultures, Module 7- Diagnostic et correction des problèmes de compaction et de drainage. Feuillet 7-A, 20 p.
- Delaunoy A. (2008). Guide pour la description et l'évaluation de la fertilité des sols. Chambre d'agriculture 81, INRA de Montpellier. Pp 1-37.
- Feddal M. A. (2011). Analyse du comportement du sol sous l'action de deux techniques de mise en place d'une culture de céréale (*Triticum durum*). Thèse en vue de l'obtention du diplôme de Magister en Sciences Agronomique. 174 p.
- Hammani A. (2013). Effet de trois techniques de mise en place d'une culture sur le développement des racines et conséquences sur le rendement. Ing. ENSA, EL-harrach.
- Hubert M. (2010). L'action des outils sur le sol: Appréciation de leurs effets par la méthode du profil cultural. Association Française pour l'Étude du Sol - www.afes.fr – 203-219 pp.
- Hugon F. (2004). Approche globale du non-labour. Mémoire de fin d'études, ISARA Lyon.
- Huwe B. (2003). The role of soil tillage for soil structure. *Soil Tillage in Agro ecosystems*: 27 - 50.
- MAEP (2011). Plan Stratégique de Relance du Secteur Agricole (PSRSA). 116 p.
- Merrien A., Milan M.J. (1992). Physiologie du tournesol. CETIOM ed. CETIOM, Paris.
- PANA-BENIN (2007). Convention-Cadre Des Nations Unies sur les Changements Climatiques. 12 p.
- Ishaq M., Ibrahim M., Hassan A., Saeed M., Lal R., (2001). Effets de tassement de sous-sol sur des récoltes au Pendjab, Pakistan. II. Croissance de racine et prise d'éléments nutritifs de blé et de sorgho. *Recherche sur travail du sol*, 60:153-161.
- Lipiec J., et Hatano R. (2003). Quantification of compaction effects on soil physical properties and crop growth. *Geoderma*, 116:107-136.
- Rosolem C.A., Ffoloni J.S.S., Tiritan C.S. (2002). Croissance et aliment de racine accumulation dans des récoltes de couverture comme affectées par compactage du sol. *Travail du sol*, 65:109-115.
- Vennerie A. (2017). Impact du travail du sol sur les adventices: Enseignements de l'essai travail du sol de longue durée de Bulgneville et simulation. 4 p. www.gchp2e.fr.