

## **Impacts du labour motorisé sur le sol et le rendement des cultures : revue critique**

**Nodiet Melody DAHOU<sup>1</sup>, Barnabé Koéssi Lié ZOKPODO<sup>1</sup> et Romain GLELE KAKAI<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Université d'Abomey-Calavi, Faculté des Sciences Agronomiques, École d'Aménagement et de Gestion de l'Environnement, 01 BP 526 Cotonou, Bénin*

<sup>2</sup> *Université d'Abomey-Calavi, Faculté des Sciences Agronomiques, Laboratoire de Biomathématiques et d'Estimations Forestières, 04 BP 1525 Cotonou, Bénin*

---

\* Correspondance, courriel : [danodiet@gmail.com](mailto:danodiet@gmail.com)

### **Résumé**

L'étude apprécie les conséquences de l'adoption du labour motorisé sur les propriétés physico-chimiques et biologiques des sols tropicaux et le développement des cultures. La méthodologie est axée sur la recherche documentaire autour des mots clés : labour motorisé, travail du sol, dégradation des sols, conservation des sols, Afrique. Trente-quatre publications scientifiques obtenues des revues publiées de 2000 à 2017 permettent de faire la synthèse et la confrontation des résultats. Les résultats montrent que le travail conventionnel rend le sol moins dense, moins résistant à l'enracinement et accroît sa porosité mieux que le travail minimum et le semis direct. La technique conventionnelle lutte efficacement contre les adventices mais contribue à la baisse de fertilité chimique et à la faible stabilité structurelle du sol par la réduction du taux de matières organiques que les autres techniques culturales. Les résultats indiquent aussi qu'un labour à une profondeur variant entre 15 cm et 20 cm permet un rendement optimal des céréales. Cette synthèse bibliographique sur le labour motorisé se révèle utile pour le choix des équipements motorisés et les profondeurs de labour adéquats qui assurent le maintien de la fertilité des sols et l'accroissement des rendements des cultures.

**Mots-clés :** *profondeurs, labour, sol tropicaux, fertilité, rendements.*

### **Abstract**

#### **Impacts of motorized plowing on soil and crop yield : critical review**

This study deals with the consequences of the adoption of motorized plowing on the physical, chemical and biological properties of tropical soils and the development of crops. The methodology focuses on documentary research around key words: motorized tillage, tillage, soil degradation, soil conservation, Africa. Thirty-four scientific publications obtained from the journals published from 2000 to 2017 permit to summarize and compare the results. The results show that conventional tillage makes the soil less dense, less resistant to rooting and increases its porosity better than minimum tillage and direct seeding. The conventional technique effectively controls weeds but contributes to the decrease of chemical fertility and the low structural stability of the soil by reducing the rate of organic matter than other cultivation techniques. The results also indicate that plowing at a depth of between 15 cm and 20 cm allows optimal cereals yield. This review is useful for the choice of motorized tools and adequate plowing depths that maintain soil fertility and increase crops yields.

**Keywords :** *depth, plowing, tropical soils, fertility, yields.*

## 1. Introduction

L'agriculture demeure le secteur productif le plus important dans la plupart des pays à revenu faible, en termes de partage du Produit Intérieur Brut (PIB) et presque toujours en termes du nombre d'individus qu'elle emploie [1]. L'agriculture y est majoritairement familiale avec un outillage manuel pour produire. Dans l'immense majorité des exploitations agricoles, les membres de la famille représente la force de travail [2]. Le développement de ces pays pauvres passe indéniablement par l'augmentation généralisée des revenus agricoles. Cette croissance peut se réaliser par l'amélioration des systèmes de production, la préservation de patrimoine édaphique et à la modernisation des équipements agricoles (CEMA, 2014). Ce dernier aspect a conduit à la traction animale et la motorisation agricole. La motorisation agricole est devenue un outil indispensable pour rendre des opérations culturales efficaces, productives [3], et a permis à l'agriculteur d'obtenir un meilleur revenu [4]. Cette modernisation des équipements agricoles a des effets néfastes sur la préservation des sols. En effet, face à cette révolution, le phénomène d'érosion des sols s'est amplifié sur les terres agricoles, nécessitant la définition de lignes directrices destinées pour limiter les impacts [5]. Selon les estimations de la Convention des Nations Unies de Lutte contre la Désertification, 24 % de la surface de la terre est dégradée, près de 20 % des terres dégradées sont cultivables et 20 à 25 % sont des parcours naturels de 1981 à 2003 [6].

Le développement de la motorisation et l'émergence des engins de plus en plus lourds ont accentué les effets de dégradation des sols agricoles [7]. L'évolution des pratiques culturales, entre autre le travail mécanisé du sol, engendre le tassement des sols, l'appauvrissement en matières organiques et l'érosion [8, 9]. Le continent africain est particulièrement vulnérable et le plus affecté par la dégradation des terres et la désertification [10, 11] avec 494 millions d'hectares dégradées par les activités anthropiques [12]. Dans nombre de ces pays, et tout particulièrement dans les régions tropicales, on observe que les systèmes de production mis en œuvre pour l'obtention des produits agricoles induisent un épuisement des sols que les faibles apports d'engrais ne peuvent compenser [13]. De plus, l'inadaptation des équipements importés des milieux tempérés et leurs actions non contrôlées sur le sol peuvent expliquer ces dégradations. Ces dernières sont liées non seulement à la conformation des équipements [14], mais aussi aux techniques d'utilisation de ces outils motorisés sur le sol. Ce second aspect porte essentiellement sur le travail du sol en Afrique. Le travail du sol, avec la charrue à socs ou à disques, est couramment pratiqué chaque année sur les parcelles de grandes cultures en raison des coûts qu'il induit et les conséquences qu'il entraîne sur la mise en place et le fonctionnement du végétal et de son système racinaire.

L'interaction entre l'état structural initial du sol et l'état transformé par le travail du sol se manifeste selon les cas, par ses effets sur la destruction des plantes adventices, sur l'incorporation de matières organiques ou d'engrais dans le sol, ou enfin, sur l'état du profil cultural et l'amélioration de la circulation de l'eau saturante [15, 16]. Cependant, des opérations de labour, en conditions humides, provoquent la destruction de la structure du sol, la présence des couches compactées, des dommages à la flore et à la faune du sol etc. [17]. En vue de la protection des sols, de nouvelles techniques de travail du sol sont apparus comme les techniques sans labour et le semis direct. Mais l'adoption et l'extension de chacune de ces formes de travail sur les sols africains présentent moult difficultés liées à la préservation de l'environnement, l'accroissement de la production et les contraintes socio-économiques et politiques. Avec l'avènement des techniques de conservation des sols, le labour motorisé a tendance à être marginalisé. Bien qu'il soit le plus pratiqué sur le continent africain, il convient de définir les modes d'application de cette technique dans le but d'une forte productivité des sols et de la préservation de l'environnement. Les objectifs de cette étude est de comparer les modes et techniques de travail du sol et d'identifier les axes d'amélioration de la fertilité du sol et de productivité des cultures en système conventionnel.

## 2. Méthodologie

### 2-1. Recherche documentaire

Les documents scientifiques ayant servi à la revue critique ont été obtenus à partir d'une recherche documentaire dans les bases de recherche en ligne à savoir « Google scholar » et la base de documentation de l'Agence Universitaire Francophone (AUF), une base de documentation numérique, de l'Université d'Abomey-Calavi. La prospection des documents a été effective grâce à l'emploi de mots et expressions clés qui ont trait à notre étude tels que : dégradation du sol, tassement, travail du sol, labour, conservation du sol, Afrique. Les documents ainsi trouvés ont été choisis en raison de leur importance pour comprendre les interactions entre le sol, le travail du sol engendré par les engins agricoles et la productivité. Les articles et autres documents édités au 21<sup>ème</sup> siècle ont été principalement consultés en vue de l'actualité des travaux de recherche.

### 2-2. Sélection des documents de synthèse

Au total, 53 documents ont été soumis à des critères d'inclusion et d'exclusion définis. Les critères d'inclusion utilisés lors de la sélection des documents ont permis le choix des publications aidant la comparaison les différentes techniques de travail du sol (labour conventionnel, travail minimum, semis direct) suivant leurs impacts sur les propriétés du sol et le développement des cultures. Ils ont aussi aidé à cibler les documents identifiant les modes de travail du sol utiles dans la lutte contre les adventices. Enfin, ils ont permis d'identifier les profondeurs de labour adéquates pour une forte productivité. Les critères d'exclusion ont permis d'exclure les études purement descriptives ou non scientifiques. Ces critères éliminent aussi les études basées exclusivement sur le labour manuel et les études faites hors du continent africain car les conclusions issues serviront des axes de recherches sur les sols tropicaux africains. En définitive, trente-cinq documents ont fait l'objet de la synthèse bibliographique.

### 2-3. Synthèse des résultats des publications

Une synthèse des résultats issus des documents a été possible grâce aux outils statistiques tels que les indicateurs de tendance centrale (moyenne), les tableaux de fréquences et les graphiques (histogrammes, courbes) et des figures. Ces outils ont permis de comparer les différents paramètres induits par les travaux du sol. Certaines publications ont permis de confirmer ou de confronter émis par les auteurs de recherche.

## 3. Résultats

### 3-1. Influence des techniques culturales sur les paramètres du sol et le développement des cultures

Trois principales techniques culturales ressortent de la synthèse bibliographique: le travail conventionnel (88,23 % des publications) ; le travail minimum (55,88 % des publications) et le semis direct (82,35 % des publications). La chaîne d'outils motorisés pour le Travail Conventionnel (TM) se distingue de celles des autres techniques par l'utilisation de la charrue [18] ou d'un pulvérisateur (cover-crop) [19]. Le Travail Minimum (TM) ne consiste qu'au passage du chisel et le Semis Direct (SD) ne se distingue que par l'utilisation du semoir et d'un pulvérisateur [18, 19]. Une comparaison des paramètres physiques du sol en fonction du type de travail du sol est réalisée (*Tableau 1*) et a montré que les techniques culturales agissent sur la profondeur d'enracinement de travail. Plus la résistance pénétrométrique est élevée, moins la profondeur d'enracinement est importante [18].

**Tableau 1 : Résistance pénétrométrique en relation avec la technique et la profondeur**

Traitements	Rp (daN/cm <sup>2</sup> )	Profondeur d'enracinement (cm)
TC	13,75	19,4
TM	15,09	15,05
SD	15,84	14,02

TC : Travail conventionnel, TM : Travail minimum, SD : Semis direct

Source : [18]

D'autres facteurs physiques du sol sont comparés suivant deux techniques de travail du sol : Semis Direct et Travail Conventionnel (**Tableau 2**).

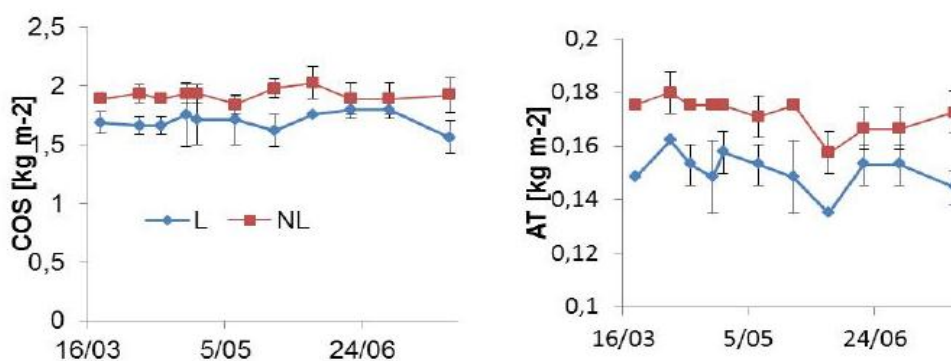
**Tableau 2 : Valeurs moyennes de la teneur en eau (H), de la porosité (n) et de la résistance pénétrométrique (Rp) pour la TC et le SD**

Profondeur (cm)	H % de SD	H % de TC	n% de SD	n% de TC	Rp SD (daN/cm <sup>2</sup> )	Rp TC (daN/cm <sup>2</sup> )
0 - 10	14,58	13,9	42,8	44,47	6,68	4,62
10 - 20	14,8	14,51	47,28	48,11	10,93	9,35
20 - 30	14,92	14,79	47,05	47,59	11,42	10,04

TC : Travail conventionnel, SD : Semis direct

Source : [18]

Il résulte de ce **Tableau** que suivant les profondeurs de labour, (i) la teneur en eau dans le sol est plus élevée sur les parcelles du semis direct que sur celles du technique conventionnelle; (ii) la porosité des sols des parcelles du semis direct est légèrement moins importante que ceux des parcelles labourées et (iii) le sol est moins résistant à la pénétration sur les parcelles labourées que non labourées. Les résultats de la comparaison des paramètres chimiques du sol en fonction du type de travail du sol sont présentés au **Figure 1** [20] et ont révélé que : (i) la concentration de matières organiques dans les sols labourés est inférieure à celle des sols non labourés et (ii) (ii) la teneur en Azote Total est forte avec le non labour.



L : Labour ; NL : Non Labour ; COS : Carbone Organique du Sol ; AT : Azote Total

**Figure 1 : Valeurs moyennes des paramètres chimiques pour la TC et le SD**

Source : [20]

Les variations des paramètres physico-chimiques induites par les différentes techniques de travail du sol agissent sur la production. Les parcelles labourées avec la méthode conventionnelle ont une densité racinaire plus élevée (1,101 g/dm<sup>3</sup>) que les autres parcelles de TM (0,805 g/dm<sup>3</sup>) et de SD (0,638 g/dm<sup>3</sup>) [18, 21]. Il en est de même pour les autres caractéristiques de la culture et le rendement (**Tableau 3**) [17, 18].

**Tableau 3 : Valeurs moyennes des paramètres de la plante**

Techniques	Diamètre des racines (mm)	Densité racinaire (g/dm <sup>3</sup> )	Épi/m <sup>2</sup>	Grains/épi	Poids de Mille Grains (g)	Rendement (q/Ha)
TC	1,38	1,101	195	64	40	50,03
TM	1,14	0,805	174	58	35,75	35,70
SD	1,10	0,638	165	58	38,25	36,19

*TC : Travail conventionnel, TM : Travail minimum, SD : Semis direct*

*Source : [18]*

L'adoption des techniques culturales, maintenue chacune sur 5 années de campagnes consécutives, modifie le sol et agit le développement du blé dur (**Tableau 4**). Les résultats de ce tableau indiquent que : (i) la productivité du blé dur est plus importante sur les parcelles du travail conventionnel que sur les parcelles des autres techniques culturales lors de la première année de culture [18, 22] et (ii) l'accroissement du rendement est globalement plus prépondérant pour le labour conventionnel et le travail minimum que pour le semis direct au fil des années [22].

**Tableau 4 : Effet prolongé du travail du sol sur le rendement et ses composantes**

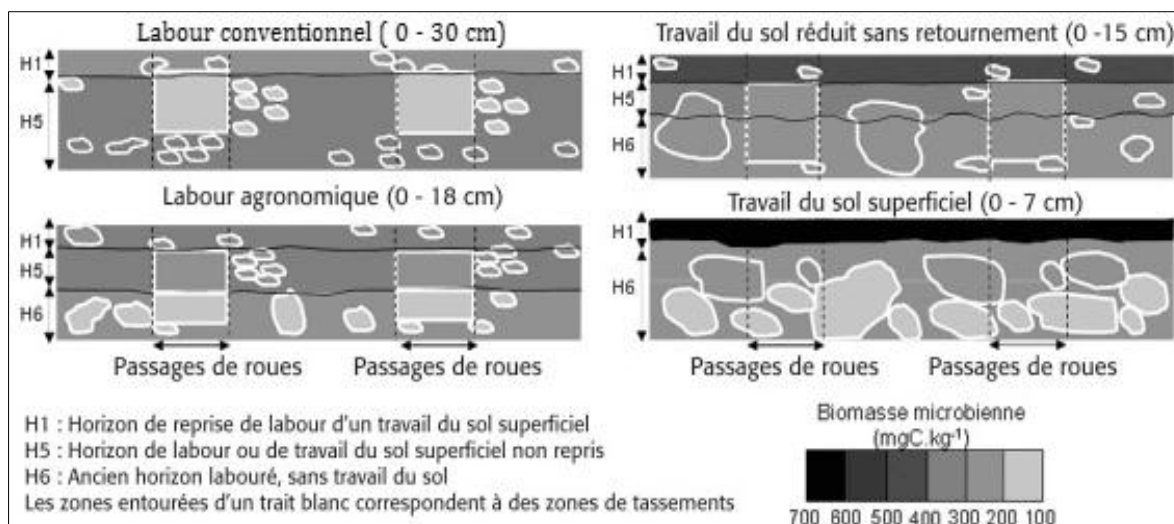
		Composantes du rendement			Rendement (q/Ha)
		Épi/m <sup>2</sup>	Grains/épi	PMG (g)	
2004/05 (An1)	TM	161,75	49,54	41,65	11,07
	TC	171,75	53,39	42,05	13,50
	SD	149,5	47,87	39,67	10,05
2006/07 (An3)	TM	359,83	54,53	29,42	35,21
	TC	319,83	54,53	29,42	35,21
	SD	368,58	54,83	29,6	38,5
2008/09 (An5)	TM	330,58	54,53	37,95	38,18
	TC	338,42	57,15	38,98	40,97
	SD	335,08	68,43	37,08	34,97

*TC : Travail conventionnel, TM : Travail minimum, SD : Semis direct ; An : année*

*Source : [22]*

### 3-2. Influence du travail du sol sur la vie biologique du sol

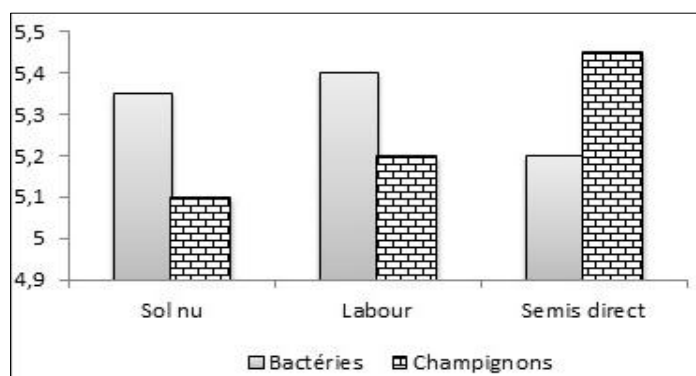
La lecture du profil cultural des sols labourés montre que la vie biologique est plus importante au niveau des horizons travaillés (**Figure 2**). Pour un labour conventionnel, les premières couches du sol ne présentent que peu de microorganismes, comparées aux autres modes de travail du sol.



**Figure 2 :** Influence de la profondeur et d'un type de travail du sol sur la biomasse microbienne et sa répartition au sein du profil cultural

Source : [23]

Il est cependant important de faire un travail « minimum » du sol car le labour augmente la biomasse des bactéries et champignons dans le sol que le semis direct (**Figure 3**). Le labour a aussi un impact négatif sur la vie des champignons et un impact positif sur les bactéries [24].

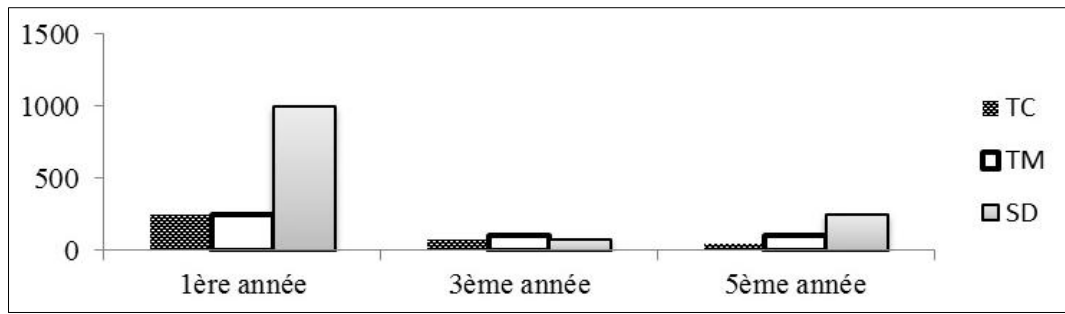


**Figure 3 :** Mesure de la diversité des communautés bactériennes et de champignons dans les sols (horizon 0-20 cm) soumis aux pratiques agricoles.

Source : [24]

### 3-3. Influence du travail du sol sur la vie adventice

L'étude comparative du travail minimum, du semis direct et du travail conventionnel faite sur une période de 5 ans montre que le type de travail a une incidence dans la lutte contre les adventices (**Figure 4**) quel que soit l'espèce adventice (**Tableau 5**) [22, 25]. Plus précisément, suivant les années et suivant l'espèce, la densité adventice est moins élevée sur les parcelles du travail conventionnel que pour les autres techniques.



TC : Travail conventionnel, TM : Travail minimum, SD : Semis direct

Figure 4 : Évolution de la densité d'adventices pour trois types de travail du sol

Source : [22]

Tableau 5 : Évolution de l'infestation des mauvaises herbes (plants/m²)

	Année 1			Année 3			Année 5		
	Dicot	Mono	Total	Dicot	Mono	Total	Dicot	Mono	Total
SD	979	5	984	70	3	73	259,4	54,8	314,2
TC	245	4	249	59	4	63	38,3	9,3	47,6
TM	358	6	264	87	3	90	79,8	13	92,8

TC : Travail conventionnel, TM : Travail minimum, SD : Semis direct

Source : [22]

### 3-4. Influence de la profondeur de labour sur les paramètres du sol et le développement végétatif

Plusieurs auteurs ont mis en relief la relation entre la profondeur de labour et l'infiltration de l'eau dans le sol (Figure 5).

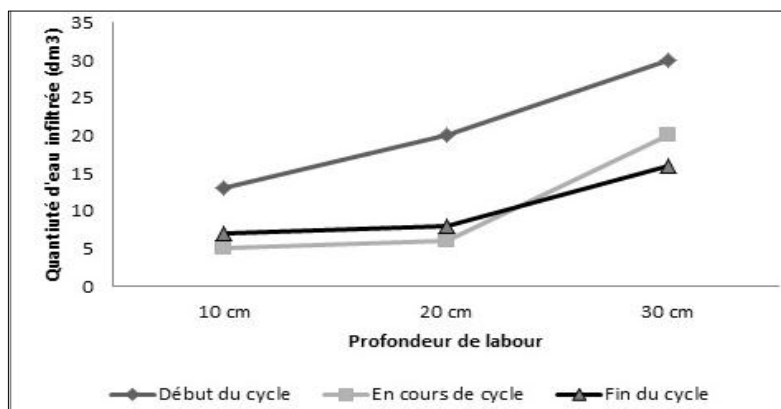
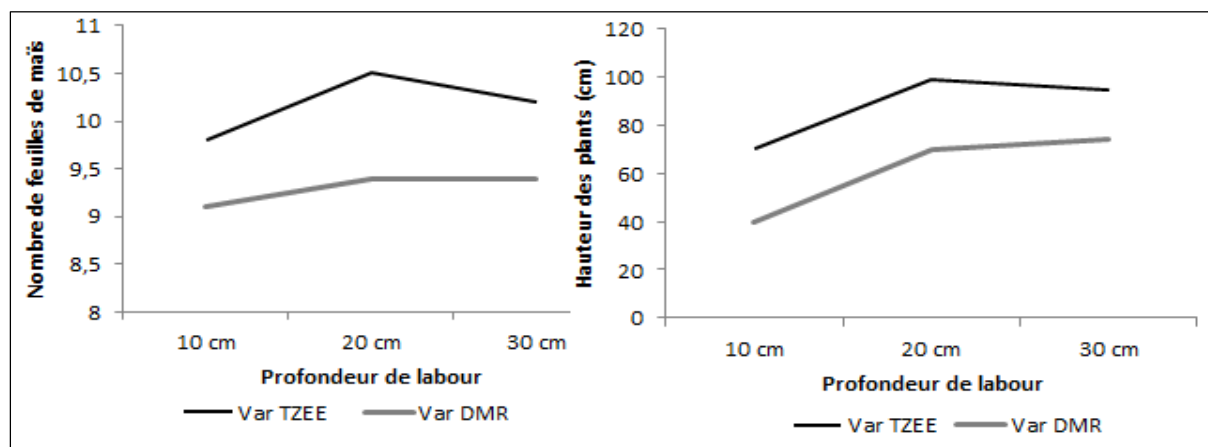


Figure 5 : Évolution de l'infiltration de l'eau en fonction de la profondeur de labour

Source : [26]

Il ressort de cette analyse que l'infiltration d'eau dans le sol augmente avec la profondeur de labour. Cette infiltration est importante en début de cycle et diminue avec le temps. La Figure 6 et la Figure 7 montrent, en fonction des profondeurs de labours des parcelles, le développement végétatif de différentes variétés de

maïs et leurs rendements. Ces résultats révèlent que le développement aérien de la plante est plus important pour les deux variétés de céréales sur les sols labourés à une profondeur proche de 20 cm. Il en est de même pour le rendement des cultures [26].

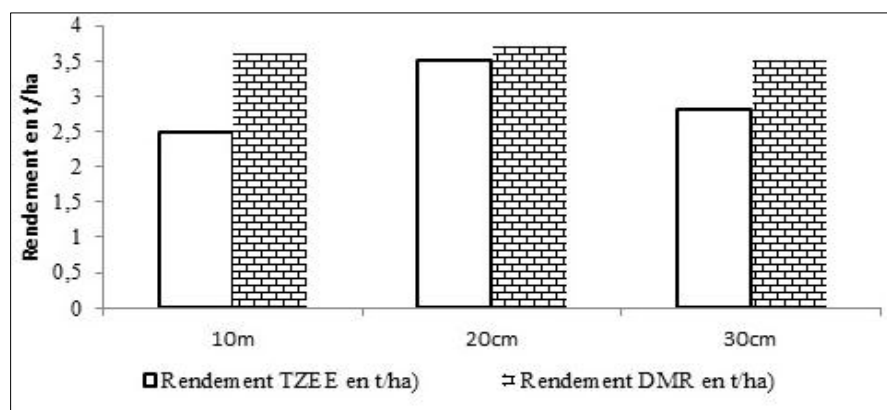


*Variété DMR-ESR-W = Variété « Moisissure pubescente résistante à l'endosperme blanc »*

*Variété TZEE-W-SR = Variété « Maïs tropical extra-précoce à l'endosperme blanc »*

**Figure 6 :** Variations suivant les profondeurs de labour du nombre moyen de feuilles et de la hauteur moyenne des plants de maïs 60 jours avoir semé

Source : [26]



*Variété DMR-ESR-W = Variété « Moisissure pubescente résistante à l'endosperme blanc »*

*Variété TZEE-W-SR = Variété « Maïs tropical extra-précoce à l'endosperme blanc »*

**Figure 7 :** Effets de la profondeur de labour sur le rendement

Source : [26]

#### 4. Discussion

L'examen de l'influence des techniques culturales sur les paramètres du sol indique que l'humidité du sol est importante lorsqu'il s'agit du semis direct et donc d'un travail du sol minimisé [27, 28]. Les techniques simplifiées de travail du sol permettent une meilleure rétention en eau par rapport au labour [19]. Cette forte rétention d'eau s'accompagne d'une faible porosité et d'une grande résistance à l'enfoncement (*Tableau 2*).



Ce qui peut être néfaste pour le sol et les cultures car une faible porosité rend le sol moins aéré et moins disposé à l'infiltration [9]. Plusieurs études réalisées dans des conditions pédoclimatiques variées concluent à une augmentation de la densité apparente en semis direct dans les 20 premiers centimètres de sol [29 - 31]. L'absence donc de travail de sol conduit donc à la compaction des horizons de surface [17]. Cette compaction freine la recharge de la réserve utile du sol et de ce fait, agit négativement sur le développement végétatif de la plante [32, 33]. Ainsi, ces sols imperméabilisés ne sont plus en état de remplir correctement leurs fonctions environnementales qui ont trait à l'infiltration de l'eau et à la croissance des végétaux [34]. Le travail conventionnel favorise donc un meilleur développement racinaire comparé au travail minimum et au semis direct (**Tableau 3**) [21] conséquences d'une meilleure profondeur d'enracinement des plantes (**Tableau 1**). Dans les systèmes de non labour, le développement racinaire est vertical tandis que sur les sols labourés, le système racinaire est éparpillé [35]. Ceci annonce des rendements meilleurs pour le travail conventionnel au détriment des autres techniques culturales. La différence de rendements entre la technique conventionnelle et les deux autres techniques est hautement significative, elle est de 14 q/Ha. Ces résultats sont de même ordre que ceux obtenus sur d'autres sites à même texture du sol par [17] qui a obtenu sur les parcelles labourées un rendement de 51,94 q/Ha, alors que sur les parcelles du semis direct, il n'était que de 28,67 q/Ha.

Cependant, ces conclusions peuvent s'inverser selon [36] car les précédents culturaux ont aussi une importance dans le développement des plantes sur les sols non labourés. Après la 2<sup>ème</sup> campagne, les non labours fournissent les meilleurs rendements par rapport aux pratiques conventionnelles (**Tableau 5**). Toutefois, les résultats obtenus à la cinquième année de l'essai sont en faveur du labour conventionnel. Ces conclusions sont observées par [37] qui indiquent qu'après quatre campagnes agricoles, les sols labourés présentent un meilleur taux de carbone organique et d'azote. Ces résultats relèvent l'importance du labour pour une meilleure préparation des sols agricoles et dans la recherche d'une forte productivité sur le court ou moyen terme. « Dans les sols, les matières organiques permettent le bon fonctionnement et la durabilité des agroécosystèmes en assurant le stockage et la mise à disposition des éléments nutritifs dont les plantes ont besoin. Elles stimulent l'activité biologique, ont un rôle central dans la structuration du sol et participent à sa stabilité vis-à-vis des agressions extérieures (pluie, tassement, etc.) » [27, 38, 39]. Elles contribuent ainsi à la perméabilité des sols, à leur aération, à leur capacité de rétention en eau et au maintien de leur stabilité [27, 30]. Les techniques culturales favorisent le maintien et la détérioration de ces matières dans le sol [14]. Les travaux superficiels du sol (semis direct, travail minimum) sont plus adaptés que le labour conventionnel pour le maintien de la matière organique dans le sol [40 - 42].

Les couches supérieures contiennent davantage de matières organiques en système de travail superficiel que dans les systèmes de labour. Cela est dû au non enfouissement des résidus de récolte dans les systèmes de travail superficiel. L'état structural influencé par la teneur en matière organique est plus donc stable sur les sols non labourés [29]. En conclusion, le labour motorisé est moins adapté pour le maintien de la stabilité structurale des sols et de sa fertilité. Les différents modes de labour agissent également sur l'environnement physique des micros et macros organismes du sol et modifie leur abondance (**Figure 2**) au sein du profil de sol. Dans les systèmes de travail réduit ou de labour superficiel, la vie biologique est concentrée dans les premiers horizons du sol où se concentrent les activités de minéralisation de la matière organique [43, 44]. La biomasse microbienne est supérieure dans les premiers centimètres du sol (0 - 10 cm) dans ces systèmes que sur les parcelles labourées [17, 45]. En effet, la densité et l'activité de microorganismes suivent en règle générale la stratification de la matière organique dans le sol [23]. Le labour conventionnel de par son action, enfouit la flore et la faune du sol dans les horizons inférieurs. La présence de vie biologique au niveau du sol labouré est donc importante dans les profondeurs du sol. Les techniques culturales agissent aussi différemment sur la diversité microbienne (**Figure 3**). En effet, les macros organismes sont plus sensibles aux agressions physiques du labour que les micros organismes. Le labour peut altérer directement ou

modifier l'état structural du sol et notamment mener à la destruction des macros agrégats qui représentent leur habitat [23]. Il représente donc une forte perturbation pour les champignons et en général pour les macros organismes telles que les lombrics, les vers de terre [17, 46]. Pour les bactéries, le phénomène s'inverse car elles soient plus résistantes aux perturbations mécaniques (car plus petites et unicellulaires) et ordinairement localisées dans les micros agrégats (qui restent intègres même après le labour) [23]. En somme, le labour réduit l'abondance des organismes macro organismes. Pour permettre un bon développement des cultures, la lutte adventice est nécessaire car elle réduit le poids d'une concurrence pour les nutriments et l'eau. Le travail conventionnel est plus adapté que les autres techniques pour minimiser l'impact des adventices [22, 25]. La conséquence principale du labour conventionnel est la remontée en surface des semences adventices enfouies [47]. La simplification du travail du sol favorise alors l'évolution du parasitisme en raison de la non perturbation du milieu de culture. Il se produit donc une évolution de la flore de « mauvaises herbes » avec un risque d'apparition d'espèces vivaces en système de non labour prolongé [22]. L'analyse comparative des techniques culturales fait la lumière sur les conséquences de l'application du labour motorisé sur le sol. La baisse de la fertilité et la destruction de stabilité des sols en travail conventionnel sont des faiblesses de cette technique.

Le choix des équipements motorisés de labour adaptés aux réalités des sols tropicaux d'Afrique peut-être éventuellement de résolution de ces faiblesses. Outre la technique culturale, la profondeur de labour a un impact déterminant sur le développement des cultures. En effet, elle agit sur l'infiltration de l'eau dans le sol qui est plus importante en début du cycle et décroît au fil du temps. De plus, l'infiltration de l'eau est plus prononcée sur les sols de profondeurs de labour importantes car elle est accrue par les pores facilitant la circulation (superficielle ou en profondeur) [44]. Des profondeurs de labour proches de 20 cm sont requises pour un bon développement pour les céréales. Plus précisément, la profondeur optimale est 21,06 cm pour la variété TZEE et 16,23 cm pour la variété DMR [26]. Ses profondeurs optimales sont confirmées dans d'autres littératures notamment 14,66 cm pour la variété DMR et 14,39 cm pour la variété TZEE [48]. Cependant, la généralisation des résultats des profondeurs de labour sur le développement des céréales ne peut être admise à d'autres spéculations. En général, les facteurs relatifs à la spéculation, au climat ou au sol ne sont pleinement pas identifiés pour que l'extension des résultats à d'autres sites ou d'autres spéculations soit systématique [13]. Ces résultats suscitent néanmoins une étude sur la détermination des profondeurs de labour pour d'autres cultures vivrières et de rente. Ceci est utile pour une meilleure productivité et par ricochets, pour le maintien de la fertilité des sols.

## 5. Conclusion

Cette synthèse permet d'appréhender l'impact du labour motorisé sur le devenir des sols et des plantes mis en culture. Les paramètres du sol sont très importants et définissent le développement des différentes parties des plantes. Cette critique montre que le labour motorisé est utile pour une bonne préparation du sol et l'obtention d'une meilleure productivité que les autres techniques de travail du sol. Les profondeurs de labour sont aussi déterminantes pour une forte productivité des céréales notamment le maïs (*Zea mays*). Cependant, ce labour conventionnel diminue la fertilité du sol et dégrade sa stabilité. Le labour présente donc des limites dans la recherche de la restauration du sol sur le moyen et long terme. Ainsi, des axes d'amélioration de la pratique de cette technique sont envisagés. La multiplicité des machines et des outils de travail de sol permettent une étude du choix de l'équipement adapté au travail de chaque type de sol. La détermination, pour d'autres cultures vivrières et de rente, des profondeurs optimales de labour et permettra sans doute d'améliorer la productivité des cultures et maintenir la fertilité des sols.

## Références

- [1] - Y. ZHOU, “*Fondation Syngenta pour l’agriculture durable*”, (2016) 11 p.
- [2] - N. FERRATON et I. TOUZARD, “*Collection Agriculture Tropicales en poche*”, (2009) 135 p.
- [3] - CEMA, “*European Agricultural Machinery*”, (2014) 6 p.
- [4] - M. GAGNE, “*Aspects sociologiques*”, Vol. 9, N° 1 (2002) 63 - 79
- [5] - S. DAUTREBANDE, H. CORDONNIER, M. THIRION et C. BIELDERS, “*Les livrets de l’agriculture*”, N° 12 (2006) 44 p.
- [6] - UNCCD, “*Convention des Nations Unies de lutte contre la désertification UNCCD*”, (2012) 48 p.
- [7] - H. BOIZARD, “*Réussir Grandes Cultures*”, (38) N° 285 (2014) 3 p.
- [8] - R. MRABET, “*Les actes des 4e Rencontres Méditerranéennes du Semis Direct*”, Sétif Algérie, n° spécial revue Recherche agronomique, (2010) 106 - 126
- [9] - K. A. N’GUESSAN, N. DIARRASSOUBA, K. A. ALUI, K. Y. NANGHA, I. J. FOFANA et A. YAO-KOUAME, “*Afrique Science*”, 11 (3) (2015) 115 - 128
- [10] - R. LAL, “*Soil Science of America Journal*”, 59 (3) (1995) 661 - 667
- [11] - C. NELLEMAN, M. MACDEVETTE, T. MANDERS, B. EICKHOUT, B. SVIHUS, A. G. PRINS et B. P. KALTENBORN, “*Programme environnemental des Nations Unies, GRID*”, (2009) 104 p.
- [12] - ELD INITIATIVE et UNEP, “*L’économie de la dégradation des terres en Afrique*”, (2015) 160 p.
- [13] - M. MALDAGUE, “*Développement intégré des régions tropicales*”, (Tome 1) (2006) 18 p.
- [14] - M. AMARA, *Contribution à la modélisation interface Outils aratoires - Sol; Optimisation de la forme et de l’effort de résistance à la traction des corps de charrue à socs et des outils à dents*. Thèse de doctorat d’État en Sciences Agronomiques, El-Harrach Algérie, (2007) 260 p.
- [15] - A. HADAS, W. E. LARSON and R. R. ALLMARAS, “*Soil Tillage Research*”, 11 (1988) 349 - 372
- [16] - I. COULOMB, J. CANEILL et H. MANICHON, “*Agronomie, EDP Sciences*”, 13 (1) (1993) 45 - 56
- [17] - M. A. FEDDAL, *Analyse du comportement du sol sous l’action de deux techniques de mise en place d’une culture de céréale*. Thèse de magister, École Nationale Supérieure Agronomique - El-Harrach. Algérie, (2011) 174 p.
- [18] - M. AMARA, M. A. FEDDAL et A. HAMANI, “*«Nature & Technology», B - Sciences Agronomiques et Biologiques*”, N° 12 (2015) 130 - 141
- [19] - N. BOUCHENAF, K. OULBACHIR et M. KOUADRIA, “*European Scientific Journal*”, Vol. 10, N° 3 ISSN 1657 - 7881 (2014) 463 - 473
- [20] - F. BROUX, M. LOGNOUL, N. THEODORAKOPOULOS, M-P. HIEL, B. BODSON, B. HEINESCH et M. AUBINET, “*Livre blanc « Céréales »*”, (2017) 11 - 16
- [21] - O. SIHAM, *Étude comparative de l’effet du semis direct et du labour conventionnel sur le comportement du blé dur (Triticum durum)*. Thèse de Magister en Production Végétale et Agriculture de Conservation. Algérie, (2012) 70 p.
- [22] - Z. ABDELLAOUI, H. TESKRAT, A. BELHADJ et O. ZAGHOUE, “*Rencontres Méditerranéennes du Semis Direct*”, in: Bouzerzour H. (ed.), Irekti H. (ed.), Vadon B. (ed.), 4 (2011) 71 - 87
- [23] - J. F. VIAN, Comparaison de différentes techniques de travail de sol en agriculture biologique: effet de la structure et de la localisation des résidus sur les microorganismes du sol et leurs activités de minéralisation du carbone et de l’azote. PHD thèse, Institut des sciences et industries du vivant et de l’environnement, ISARA-Lyon, (2009) 171 p.
- [24] - A. BOUTHIER, C. PELOSI, C. VILLENAVE, G. PERES, M. HEDDE, L. RANJARD, J. F. VIAN, J. PEIGNE, J. CORTET, A. BISPO et D. PIRON, “*Acquis et innovations pour une agriculture durable*”, (2014) 85 - 108
- [25] - A. GUESDON VENNÉRIE, “*Grandes cultures GCHP2E*”, (2017) 4 p. www.gchp2e.fr

- [26] - K. L. B. ZOKPODO, A. Y. J. AKOSSOU, E. D. DAYOU and F. B. DOGNON, “*International Journal of Advanced Research (IJAR)*”, 5 (6) (2017) 32 - 39
- [27] - M. BELMEKKI, R. MRABET, R. MOUSSADEK, O. I. HALIMA, M. BOUGHLALA, M. EL GHAROUS and B. BENCHARKI, “*International Journal of Innovation and Applied Studies*”, ISSN 2028-9324, Vol. 4, N°2 (2013) 322 - 333
- [28] - R. BOUDIAR, *Étude comparative des effets de travail du sol conventionnel et le semis direct sur l'évolution du sol en région semi-aride*. Thèse de Magister de l'Université Ferhat Abbas Sétif, 1 (2013) 104 p.
- [29] - R. F. DAM, B. B. MEHDI, M. S. E. BURGESS, C. A. MADRAMOOTOO, G. R. MEHUYIS and I. R. CALLUM, “*Soil Tillage Research*”, 84 (1) (2005) 41 - 53.
- [30] - R. MOUSSADEK, R. MRABET, P. ZANTE, J. M. LAMACHERE, Y. PEPIN, Y. Le BISSONNAIS, L. YE, A. VERDOODT and E. VAN RANST, “*Canadian Journal of Soil Science*”, 912011 (2011) 627 - 635
- [31] - D. BENTAHAR, M. AMARA, M. BAKEL, “*Nature & Technologie*”, Vol. B: Agronomic & Biological Sciences, 18 (2018) 07 - 14
- [32] - N. BOTTINELLI, *Évolution de la structure et de la perméabilité d'un sol en contexte de non labour associé à l'apport d'effluent d'élevage: rôle de l'activité lombricienne*. Thèse de doctorat en Science de l'environnement Bretagne - France, (2010) 165 p.
- [33] - V. MIRLEAU-THEBAUD, *Effets des contraintes mécaniques du sol sur la limitation des rendements du tournesol*. Thèse de doctorat de l'Université de Toulouse - France, (2012) 282 p.
- [34] - M. SABIR, B. BARTHES et E. ROOSE, “*Science et changements planétaires, Sécheresse*”, 15 (1) (2004) 105 - 110
- [35] - E. D. DAYOU, B. L. ZOKPODO and B. RAKOTO, “*Net Journal of Agricultural Science*”, ISSN : 2315 - 9766, Vol. 5, (2) (2017) 23 - 30
- [36] - A. MEKHOLOUF, M. MAKHOLOUF, A. ACHIRI, A. AIT OUALI et S. KOUROUGLI, “*Agriculture*”, N° 2 (2011) 52 - 65
- [37] - J. MUCHABI, O. I. LUNGU et A. M. MWEETWA, “*Sustainable Agriculture Research*”, Vol. 3, N°3 (2014) 28 - 36
- [38] - L. ALLETO, Y. COQUET, et J. ROGER-ESTRADE, “*Soil Use Management*”, Vol. 26, N°4 (2010) 432 - 444
- [39] - M. BERNOUX, C. CHENU, E. BLANCHART, T. EGLIN, A. BISPO, M. BARDY et D. KING, “*Étude et Gestion des Sols*”, Vol. 18, (3) (2011) 137 - 145
- [40] - A. BELLEMOU, *Étude des résultats d'essais de différentes techniques de semis du Blé dur*. Thèse en vue de l'obtention du diplôme de Magister en Sciences Agronomiques El-Harrach, Alger, (2012) 152 p.
- [41] - T. RAZAFIMBELO, *Stockage et protection du carbone dans un sol ferrallitique sous-systèmes en semis direct avec couverture végétale des Hautes Terres malgaches*. Thèse de Doctorat en Science du Sol, Montpellier-France, (2013) 157 p.
- [42] - E. D. DAYOU, K. L. B. ZOKPODO, A. L. R. GLELE KAKAÏ and C. J. GANGLO, “*Journal of Applied Biosciences*”, 117 (2017) 11684 - 11695
- [43] - D. S. ANDRADE, A. COLOZZI-FILHO et K. E. GILLER, “*Soil Tillage in Agro ecosystems*”, (2003) 51 - 81
- [44] - J. F. VIAN, J. PEIGNE, R. CHAUSSOD et J. ROGER-ESTRADE, “*Étude et Gestion des Sols*”, Vol. 16 3/4 (2009) 355 - 364
- [45] - A. L. WRIGHT, F. M. HONS, J. MATOCHA et E. JOHN, “*Applied Soil Ecology*”, (29) (2005) 85 - 92
- [46] - W. JOSSI, U. ZIHLMANN, T. ANKEN, B. DORN et M. VAN DER HEIJDEN “*Recherche Agronomique Suisse 2*”, (10) (2011) 432 - 439
- [47] - A. RAHALI, M. MAKHOLOUF et N. BENKHERBACHE, “*Rencontres Méditerranéennes du Semis Direct*”, in Bouzerzour H. (ed.) Irekti H. (ed.), Vadon B. (ed.), 4 (2011) 153 - 162
- [48] - K. L. B. ZOKPODO, A. Y. J. AKOSSOU, E. D. DAYOU et W. MEADAN, “*Asian Journal of Science and Technology*”, Vol. 08, Issue 05 (2017) 4828 - 4834