

## **Effets du tassement des sols par les machines agricoles et les techniques culturales sur le rendement des cultures (Revue Critique)**

**Christelle Sandra Ayina BOKO\*, Gontrand Comlan BAGAN et Vivien DOTO**

*Université Nationale d'Agriculture, Ecole de Génie Rural, Laboratoire de Génie-Rural, Bénin*

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

### **Résumé**

Cette étude met en exergue les impacts de différentes techniques de travail sur les sols et le rendement des cultures. Elle est nécessaire pour la préférence des engins motorisés, les vitesses et profondeurs de labour convenables qui améliorent la structure du sol et favorisent une meilleure productivité des cultures. La méthodologie adoptée est basée sur la recherche bibliographique dans Google et des bibliothèques sur les mots clés suivants : travail du sol, engins agricoles, compactage, portance et la productivité. Les articles sont choisis en raison de leur importance pour comprendre les interactions entre le sol, les engins agricoles et la productivité. Ainsi, les documents édités sur la période 1985 à 2020 ont été consultés. Les travaux menés par ces auteurs sont effectués sur différents sols et cultures sous divers climats. Des 60 publications trouvées, 40 ont été considérés. Les résultats des articles sélectionnés ont été lus, analysés et critiqués. Ces résultats montrent que le tassement du sol au niveau de la profondeur 0-5cm est plus important au niveau du premier passage qu'au niveau du deuxième. L'avancement à vitesse lente (2,1 km/h) est caractérisé par la profondeur élevée (29 cm) et l'avancement à vitesse rapide (3,4 à 6 km/h) par la profondeur faible (20 cm). De plus, les terres travaillées avec la pratique conventionnelle ont procuré une densité racinaire importante (1,101 g/dm<sup>3</sup>) que le travail du sol minimisé (0,805 g/dm<sup>3</sup>) qui dépasse celle de semis direct (0,638 g/dm<sup>3</sup>).

**Mots-clés :** *incidences, techniques culturales, affaissement, sol, production.*

### **Abstract**

**Effects of soil compaction by agricultural machinery and cropping techniques on crop yield (critical review)**

This study highlights the impacts of different working techniques on soils and crop yields. It is necessary for the preference of motorized vehicles, the suitable plowing speeds and depths which improve the soil structure and promote better crop productivity. The methodology adopted is based on bibliographic research in Google and libraries on the following key words: tillage, agricultural machinery, compaction, lift and productivity. The articles are chosen because of their importance for understanding the interactions between soil, agricultural machinery and productivity. Thus, the documents published for the period 1985 to 2020 were consulted. The work carried out by these authors is carried out on different soils and crops in different climates. Of the 60 publications found, 40 were considered. The results of the selected articles were read, analyzed and criticized. These results show that the compaction of the soil at the 0-5cm depth is greater at the first pass than at the second. Advancing at slow speed (2.1 km / h) is characterized by high depth (29 cm) and advancing at high speed (3.4 to 6 km / h) by shallow depth (20 cm). In addition, the land worked with conventional practice provided a higher root density (1.101 g / dm<sup>3</sup>) than minimized tillage (0.805 g / dm<sup>3</sup>) which exceeded that of direct seeding (0.638 g / dm<sup>3</sup>).

**Keywords :** *incidences, cultivation techniques, subsidence, soil, production.*

## **1. Introduction**

La mécanisation agricole est un pilier indispensable pour rendre des opérations de ferme efficaces et productives [1]. Elle permet à l'agriculteur d'obtenir un meilleur revenu [2]. La mécanisation de l'agriculture familiale est présentée comme une nécessité [3]. Elle a instauré une nouvelle dynamique dans le secteur agricole. Cependant, les sols sont confrontés aux problèmes d'érosion, de tassement, de faibles productivités malgré l'utilisation de ces engins agricoles et le suivi des itinéraires techniques. Les producteurs posent leur curiosité surtout sur l'interaction sol et engins agricoles ; n'engendre t'elle pas des effets secondaires l'hors des opérations culturales qui impactent le rendement escompté. Ces dernières années, face à l'évolution de l'agriculture, les phénomènes semblent s'être amplifiés sur les terres agricoles, et nécessitent des mesures appropriées pour limiter les impacts [4]. Depuis les vingt dernières années, l'évolution des pratiques culturales a engendré des impacts majeurs sur les sols cultivés. L'agrandissement des parcelles, la spécialisation des cultures, l'évolution des techniques de travail du sol, entraînent un affinement plus poussé du sol et facilitent les accidents structuraux [5]. Le travail mécanisé du sol engendre le tassement et la compaction des sols, l'appauvrissement en matière organique et l'érosion [6]. Le développement de la motorisation agricole avec l'émergence des engins de plus en plus lourds, le sol n'y résiste pas [7]. L'abus de machines s'est avéré la cause principale pour le tassement de sol [8]. Les effets de l'utilisation des engins de plus en plus lourds sont causés par les passages répétés de ces engins [9-10], la succession des machines agricoles [11] et la vitesse d'avancement de ces dernières [12]. Ces changements limitent le développement et l'activité des microorganismes aérobies et réduisent ainsi la minéralisation de la matière organique et de l'azote organique, principal élément nutritif pour les végétaux [13]. Ce qui agit inévitablement sur le rendement agricole. C'est ainsi que les connaissances des impacts du tassement des sols par les machines agricoles et les pratiques culturales deviennent nécessaires pour étudier les aspects liés aux caractéristiques des machines en lien aux types de sol, afin de limiter leurs influences sur la productivité. L'objectif du présent travail est de résumer les savoirs existants, d'identifier les déficiences de ces acquis sur les effets du tassement des sols par les engins agricoles et les pratiques culturales sur le rendement des cultures et de proposer des perspectives de recherches futures en vue de palier à cette situation.

## **2. Matériel et méthodes**

### **2-1. Recherche documentaire**

Les papiers scientifiques utilisés pour cet article ont été acquis grâce à la recherche documentaire dans les bases de recherche en ligne à savoir « Google scholar », researcher gate et l'une des bibliothèques de l'Université d'Abomey-Calavi : l'Agence Universitaire Francophone (AUF). L'exploration des documents s'est basée sur l'emploi des mots et expressions clés qui sont liés à notre sujet à savoir : engins agricole, compactage, sol, techniques culturales, rendement. Les documents ainsi trouvés ont été sélectionnés à cause de leur ampleur pour voir les liens entre le sol, l'action des engins agricoles sur ses sols et l'impact sur la productivité.

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

Au total, les 40 documents ont été apprécié suivant les indices d'inclusion employés lors de la sélection des papiers de publications pour la confrontation des labours conventionnels, du travail minimum du sol au semis direct tout en pesant leurs effets sur les propriétés physiques du sol et l'évolution des cultures en place. Ils ont aussi aidé à cibler les textes justifiant les profondeurs de travail du sol adéquates pour avoir un bon rendement. Les critères de suppression ont permis d'expulser les travaux simplement de portrait ou non scientifiques.

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

Un résumé des résultats des documents sélectionnés a été fait à l'aide des outils statistiques tels que les informateurs de tendance moyenne, les tableaux, les graphiques par exemples les histogrammes, courbes et figures. Ces outils ont abouti à la confrontation des différentes théories émises par les auteurs des travaux de recherche. La documentation a été effective grâce à l'emploi de mots et expressions clés, tels que : machine-sol-plante, conséquences de l'utilisation des outils aratoires, dégradation du sol, succession des machines, tassement, compaction du sol agricole, travail du sol. Les publications ainsi trouvées ont été choisies en raison de leur importance pour comprendre les interactions entre le sol, les engins agricoles et la productivité. Les travaux menés par des auteurs mentionnés dans cette revue sont effectués sur différents types de sol et de cultures sous divers climats. Ces études portent d'une part sur l'influence des travaux du sol sur les propriétés physiques et leurs impacts sur la production agricole. D'autre part, ils sont axés sur les effets de la succession des machines agricoles, de leurs passages répétés et de leur vitesse d'avancement sur les sols et la productivité. Les résultats des articles sélectionnés ont été lus, résumés, analysés et critiqués.

## 3. Résultats et discussion

### 3-1. Influence de l'utilisation des machines agricoles sur le sol (travail conventionnel)

#### *3-1-1. Impact du poids, de la pression de la machine et des vibrations du moteur*

L'augmentation de la taille des instruments agricoles et du développement des machines universelles est une cause significative de tassement et de détérioration de sol [14]. En effet, dans une étude, [14] ont comparé le poids de roue, la taille, et la charge d'axe de divers instruments de ferme. Ils ont conclu que la moissonneuse combinée, les camions citernes de boue, et la moissonneuse de betterave ayant pour poids respectifs 2,5 t ; 3,0 t et 5,0 t, ont administré des pressions très significatives au sol et sont ainsi des sources potentielles de tassement de sol. Dans l'agriculture intensive, le sol devient compact en raison de la charge élevée d'axe, endommageant la structure du sol et du sous-sol labourés et réduisant la productivité de récolte et du sol [15]. Les travaux effectués par [16] sur les sols arables non cultivés de la région Chott-Marriem sur le compactage du sol en raison du nombre de passage (0, 1 et 2) couplé à la variation de la pression de gonflage du pneumatique (1, 2 et 3 bars) du tracteur démontrent que le passage fit le premier quel que soit le traitement a été le plus significatif pour le compactage du sol. Ceci est principalement dû à la pression exercée par la roue du tracteur sur la surface du sol. Cette pression se propage sur 5 à 15 cm de profondeur et entraîne le tassement du sol. Ainsi, le compactage des sols par les engins agricoles modifie la structure du sol des couches travaillées et des couches sous-jacentes [17]. L'utilisation abusive des outils aratoires pour la préparation de la terre a alors des effets néfastes sur la structure du sol. Ce que justifient les observations de [18] qui expliquent que l'utilisation forte des instruments de ferme impose une charge élevée et des efforts au sol. Elles entraînent le rétrécissement des pores, et par conséquent, leur volume et augmente la résistance pénétrométrique de sols. Ces effets se traduisent par les traces d'ornières sur le sol surtout en conditions humides. La présence de ces ornières augmentent les contraintes mécaniques et réduisent la porosité du sol. Ainsi le type d'outil utilisé joue un rôle sur l'intensité du travail du sol. Il importe de chercher des solutions idoines pour que les travaux du sol continuent de restructurer la terre pour le développement idoine des cultures ; ceci par la détermination des outils susceptibles de ne pas entraver le sol et par ricochets le développement voulu des cultures.

### 3-1-2. Impacts de la nature, du nombre et de la taille des roues et des pneus des engins

Le nombre, la taille, et le type de roues causent le tassement de sol jusqu'à des degrés variables. Un tracteur avec un plus grand nombre de pneus exerce moins de pression sur le sol par rapport au tracteur avec le pneu simple de chaque côté du tracteur. Cette différence est due à la pression au sol élevée exercée par le pneu simple par unité de superficie [14]. Les études de [19] cité par [14] ont observé une relation forte entre la taille du pneu, le nombre de pneus, et la profondeur du sol compact. L'analyse de [20] sur le tassement du sol d'une arroseuse ayant 12 châssis à deux roues (taille  $14,9 \times 24$  de pneu) montre qu'il y a un tassement peu profond non dévastateur des roues d'arroseuse. D'ailleurs, les différentes études ont prouvé que les pneus jumelés ont moins d'impact sur la densité apparente (*Figure 1*) et donc sur le tassement de sous-sol que les pneus simples avec la même charge d'axe, [9, 10, 15, 21] ajoute que sur une profondeur de 30 cm, les variations de la densité du sol argileux accroissent respectivement lorsqu'il s'agit des roues larges, des roues jumelées, des roues cages et des roues standards.

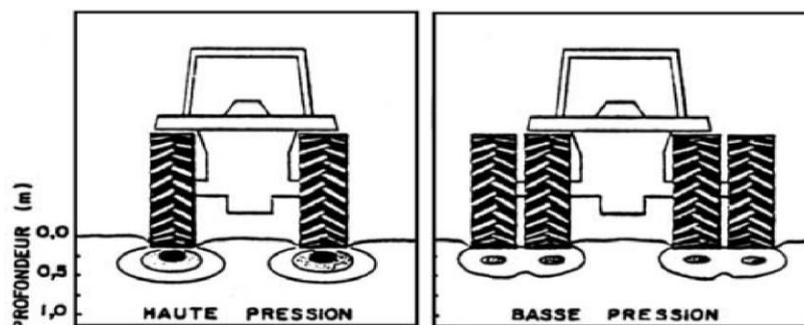


Figure 1 : Changements de densité sous roue unique et sous roues doubles

Source : [22]

En effet, la relation machine-sol est liée surtout aux travaux 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 [23]. Ils visent une bonne disposition de la plante pour se développer et permet de mieux lutter contre la flore adventice que le semis direct [24, 25]. Avec le labour, les zones compactées peuvent même disparaître d'après [7]. Cependant les opérations du sol conduisent aussi à l'érosion et au tassement du sol lorsqu'elles sont excessives ou déroulées avec des outils qui émettent de haute pression au sol. Cela voudra dire que les engins agricoles d'un seul pneu émette la pression sur une petite surface de contact qui transcende vers la profondeur ; alors que les pneus doubles et larges la répartisse sur une surface plus importante jusqu'en profondeur. Voilà pourquoi le sol est souvent plus tassé avec une plus grande densité dans le premier cas que dans le second. On reproche 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. Raison pour laquelle, on réalise que l'utilisation abusive des machines se réfère à leurs passages répétés, à leurs tailles, aux caractéristiques des roues, à la vitesse d'avancement des équipements et aux techniques culturales utilisées.

### 3-1-3. Impacts des passages répétés du tracteur sur la structure du sol (travail conventionnel)

Les travaux réalisés expérimentalement par [16] sur les couches arables non exploitées de la région Chott-Marriem par rapport au tassement du sol, due au nombre de labour répété du tracteur, réalise que le premier passage fut par le tracteur élève la portance du sol quant au second passage. Ainsi, une grande distinction est marquée entre la portance au sol à la nature primitive ( $2,22 \text{ daN / cm}^2$ ) et après le principal passage ( $5,72 \text{ daN / cm}^2$ ) ; tandis que la différence entre la portance du sol du passage principal ( $5,72 \text{ daN / cm}^2$ ) au second passage ( $6,22 \text{ daN / cm}^2$ )

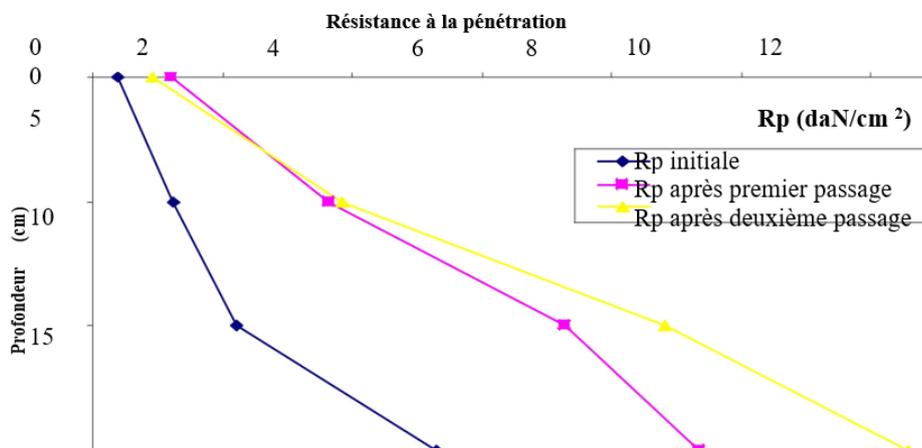
est relativement minime. Cela montre que le premier passage a le plus d'effet de compactage sur le sol et est le plus significatif. Aussi, ces auteurs en 2010, ont prouvé que la compaction du sol par le passage répété sur la même voie, des roues du tracteur gonflées à une pression de 3 bars a d'influence sur la teneur en eau du sol, qui représente un facteur d'influence direct sur la résistance du sol à la pénétration et qui caractérise l'état du sol au moment des mesures. En effet, l'état initial de la teneur en eau de la parcelle avant passage du tracteur a été caractérisé par une première série de mesures. Après chaque passage du tracteur, une série des mesures de résistance est effectuée pour caractériser l'état du sol. Ainsi la teneur en eau du sol est un paramètre qui influence la résistance du sol à la pénétration. Les teneurs en eau moyennes sur une profondeur de 24 cm sont fournies par le **Tableau 1**.

**Tableau 1 : Teneur en eau moyenne (%)**

Profondeur (cm)	Etat initial	Premier passage	Deuxième passage
8	2,19	1,02	1,56
16	5,98	3,93	3,81
24	7,73	5,13	4,89

Source : [16]

Ces teneurs sont peu différentes sur la totalité des profondeurs et elles sont croissantes de la surface du sol jusqu'à la profondeur de référence (24 cm). Ainsi, on en retient que la variation du nombre de passage augmente la teneur en eau suivant l'évolution de la profondeur. Les auteurs de la référence [26], ont tracé le profil pénétrométrique du nombre de passage en fonction des profondeurs (**Figure 2**).



**Figure 2 : Profil pénétrométrique**

Les résultats de la portance du sol pour les traitements exécutés (état initial, au premier passage et au deuxième passage) montrent qu'elle augmente avec la profondeur. Ils démontrent une variation du niveau de tassement du sol suivant la profondeur de travail. La **Figure 2** présente de faibles résistances en surface qui s'augmentent vers la profondeur. La minime portance du sol reflète le faible tassement observé au niveau des épaisseurs superficielles du sol. Ceci explique le travail du sol réalisé avant les différents prélèvements d'échantillons d'analyses. Il est observé une grande différence entre la résistance à la pénétration à l'état initial et celle obtenue après le premier passage du tracteur. En effet, on remarque que la résistance à la pénétration au niveau du premier passage peut dépasser 9 daN/cm<sup>2</sup> au niveau de la profondeur de 15 cm, par contre la résistance initiale à la pénétration (avant le passage du tracteur) ne dépasse pas 6 daN/cm<sup>2</sup>. Ainsi, après le deuxième passage la

résistance à la pénétration peut dépasser 12 daN/cm<sup>2</sup> à la profondeur de 15 cm. De même, on remarque que le tassement du sol au niveau de la profondeur 0-5 cm, est plus important au niveau du premier passage qu'au niveau du deuxième. Ces résultats expriment que le nombre de passages des machines agricoles influent positivement sur l'augmentation de la densité apparente. L'intensité des passages contribue alors à l'aggravation des effets de compaction du sol. En effet, la structure du sol évolue de manière dynamique dans le temps. L'augmentation de la portance du sol influe positivement sur l'aération du sol, l'infiltration du sol. Une infiltration qui diminue lorsque l'humidité du sol est importante. En effet, l'humidité relative de sol est le facteur le plus influent qui entraîne le tassement du sol ; à mesure que la résistance de pénétration augmente, il y a une diminution du potentiel de l'eau de sol [27]. L'augmentation de la résistance à la pénétration du sol est donc entravée par la porosité dans le sol. Cette résistance est parfaitement corrélée avec la densité du sol et inversement proportionnelle à la profondeur de travail [28]. L'augmentation des paramètres de densité, de la résistance pénétrométrique et de l'humidité relative entraînent donc une diminution de la porosité, de la profondeur d'enracinement du sol. Le volume de sol soumis à ces contraintes ne se comporte pas de façon homogène : les réactions de chaque volume élémentaire sont déterminées par son humidité, son état structural, et l'énergie qui lui est appliquée directement par les pièces en mouvement ou par le déplacement des zones voisines [29]. Du fait de la succession des équipements agricoles, une certaine compaction du sol est inévitable. C'est ce que révèlent les travaux de [7] qui soulignent l'action bénéfique du travail du sol pour la plante qui diminue la résistance pénétrométrique du sol et de ce fait accroît sa porosité.

### ***3-1-4. Impacts de la vitesse d'avancement sur la structure du sol (Travail conventionnel)***

La littérature de [12] a vérifié l'influence de la vitesse sur le comportement du sol limoneux sableux de la région de Chott-Mariem en Sousse. Ils ont utilisé une charrue à socs et à versoirs d'une largeur de 1,20 m attelée à un tracteur d'une puissance de 52 kW. 3 vitesses d'avancement servant de traitement ont été utilisés : T1 : 2,1 km/h, T2 : 3,6 km/h et T3 : 6 km/h. l'analyse des résultats révèle que :

- les trois traitements ne différaient pas significativement pour l'ensemble des profondeurs lorsqu'on prend en compte la résistance pénétrométrique au seuil de 5 %. La pointe du pénétromètre est confrontée à une résistance du sol assez faible quel que soit le traitement considéré ;
- la profondeur de labour décroît lorsque la vitesse d'avancement du tracteur augmente. En effet, l'avancement à vitesse lente est caractérisé par la profondeur élevée (29 cm), et l'avancement à vitesse rapide par la profondeur faible (20 cm). On assiste à un sol mieux structuré à vitesse lente et a un meilleur rendement qu'à vitesse rapide.

Ceci atteste que le paramètre vitesse d'avancement du tracteur et des outils attelés influence la portance du sol et sa densité. A vitesse de travail lente, le volume de sol labouré est important mais accroît le tassement en profondeur tandis qu'à vitesse rapide, le volume de sol travaillé est moindre avec moins de tassement dans les couches profondes. Ainsi, il faut utiliser une vitesse moyenne de travail suivant le type de sol pour limiter les risques de tassement. Des résultats de recherche sur la vitesse d'avancement des matériels agricoles ainsi que de l'effet du labour sur le sol obtenus par différents chercheurs, ont conclu que la vitesse de travail n'a pas un impact apparent au niveau de certains paramètres physiques du sol (résistance à la pénétration et la masse volumique). Cependant, il est d'une grande importance sur le profil cultural mais surtout sur la profondeur du labour [12]. Il en résulte qu'un travail à une vitesse ralentie amène à un volume de sol travaillé beaucoup plus important laissant d'agrégats très gros renfermant assez d'espace en profondeur et en conséquence diminuerait l'énergie utilisée sans pour autant que réduire la productivité. Un labour à une vitesse moyenne montre un sol mieux structuré.

**3-1-5. Influence des techniques culturales sur les paramètres physiques du sol**

Les travaux de [30] ont porté leur analyse sur l'effet de trois techniques de travail du sol pour la mise en place d'une céréale nommée blé dur (*Triticum durum*), sur les propriétés physiques (sol argilo-limoneuse de la station de recherche de l'Institut Technique des Grandes Cultures de Oued Smar à El-Harrach). Les trois techniques définies sont : le Travail Conventionnel (TC), le travail minimum (TM) et le semis direct (SD) : le TC est composé des opérations de labour (charrue à socs), de reprise de labour (chisel, roto herse) du semis et d'un passage de rouleau lisse ; le TM est composé des opérations du TC sauf le labour ; le SD comprend le traitement d'herbicide, le semis et le passage du rouleau lisse. L'analyse des résultats rapportés dans le **Tableau 2** montre clairement que la technique utilisée a un effet sur l'évolution de l'humidité, de la porosité et de la résistance pénétrométrique du sol.

- la teneur en eau dans le sol est mieux conservée avec le semis direct ;
- la porosité est légèrement plus importante avec la technique conventionnelle ;
- le sol est plus résistant sur la parcelle en semis direct.

**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

Prof (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

Source : [30]

Outre, la teneur en eau, la porosité, les techniques de travail du sol agissent aussi sur la profondeur d'enracinement. Plus la résistance est élevée, moins la profondeur est importante (**Tableau 3**).

**Tableau 3 :** Variations de la Résistance pénétrométrique avec la profondeur

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

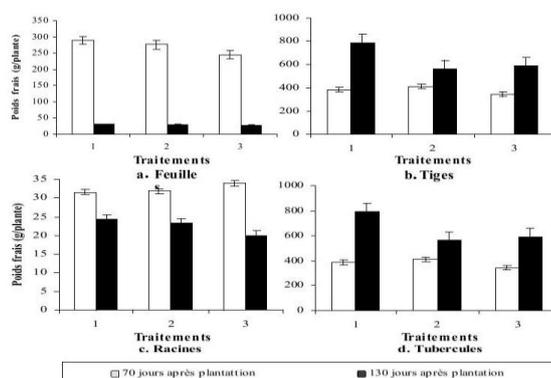
Source : [30]

La préférence d'une pratique de travail du sol détermine les outils à utiliser. L'analyse de ces techniques sur la structure du sol indique que l'humidité du sol est considérable par rapport au travail minimum du sol et au semis direct [31, 32]. En outre, la technique superficielle du sol assure de bonne rétention d'eau en phase du labour conventionnel [33]. Cette grande capacité de succion d'eau suit une minime porosité avec une forte portance du sol (**Tableau 2**). Ces effets se traduisent par une mauvaise aération et infiltration d'eau pour le sol et le développement des cultures [34]. Néanmoins, le non labour entraîne un compactage des sols superficiels [17] qui limite les échanges capillaires et freine la croissance végétative des plantes [35, 5]. Au regard de ces idéologies, le labour mécanisé se révèle le plus important car elle permet un bon développement des racines en relation a une meilleur épaisseur d'enracinement des plantes [36] (**Tableau 3**).

### 3-2. Influence de l'utilisation des machines sur la production

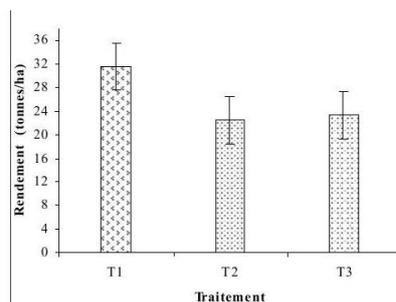
#### 3-2-1. Impact de la vitesse d'avancement des machines sur le comportement des plantes

L'expérimentation de [12] sur la vitesse d'exécution des opérations de labour dans les champs cultivés de pommes de terre sur les sols limono-sableux de la région de Chott-Mariem en Sousse a donné les résultats des **Figures 3 et 4** ci-dessous.



**Figure 3 :** Effets de la vitesse de travail sur le poids frais (g/plante) des différents organes de la plante

Source : [12]



**Figure 4 :** Effets de la vitesse de travail sur le rendement en tubercules

Source : [12]

La comparaison des valeurs des poids frais des quatre organes de la plante (feuilles, tiges, racines et tubercules), (**Figure 3**), calculées à 130 jours, n'a montré des différences significatives entre les trois traitements que pour le poids des tubercules. À vitesse lente, le poids frais des tiges, racines et tubercules est important que celui des autres vitesses. Cela a une incidence sur le rendement des tubercules (**Figure 4**) qui est toujours plus élevé à vitesse lente qu'à vitesse moyenne ou rapide. Ainsi, nous déduisons que la production diminue quand la vitesse augmente. Cependant, [12] ont pu voir que la vitesse d'avancement du tracteur est d'une grande importance sur le profil cultural et la profondeur de travail. Il en résulte qu'un travail à vitesse lente conduit à un volume de sol travaillé beaucoup plus important laissant de gros agrégats renfermant beaucoup de vide en profondeur, limitant ainsi la production. Néanmoins, pour garantir une productivité maximale, il faut choisir une vitesse de travail optimal à la structure du sol, en lien avec la profondeur de labour et tenir compte des exigences de la culture à mettre en place.

#### 3-2-2. Impact de l'action de trois techniques du travail du sol sur le rendement

La littérature de [30] est utilisée pour expliquer l'influence des types des techniques culturales sur la production du blé-dur en condition semi-aride dans la région de Sétif. Les moyennes des densités des racines et le diamètre

racinaire ont été corrélés avec le type de technique agricole. En effet, les parcelles labourées avec la technique 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>). Il en est de même pour le diamètre des racines (*Tableau 4*).

**Tableau 4 : Valeurs moyennes des paramètres de la plante**

Techniques	Diamètre des racines (mm)	Densité racinaire (g/dm <sup>3</sup> )	épi/m <sup>2</sup>	Nombre de 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

Source : [30]

L'analyse des rendements prouve que le Poids de Mille Grains (g) du blé dur est meilleur sur les parcelles labourées (*Tableau 4*). Il justifie la meilleure qualité du blé. Il est donc excellent sur les parcelles labourées par rapport à ceux des parcelles (TM) et (SD). Cependant, le type d'outils utilisé produit une réaction sur le développement des différentes parties de la plante. De plus, ils témoignent que l'augmentation du poids des racines entraîne la diminution de ceux des épis et des tiges de la plante, ce qui signifierait qu'il y aurait concurrence entre la partie aérienne et celle souterraine. L'utilisation de la charrue à socs a favorisé la porosité du sol entraînant un développement important des racines au détriment des autres parties de la plante ; ce qui a aussi des répercussions sur le rendement. En effet, le choix des équipements et leur succession est déterminant dans le développement des parties de la plante souhaitée (racines, épis, graines, feuilles, tiges etc.). En modifiant la structure du sol, le labour affecte particulièrement la pénétration des racines dans le sol et l'accessibilité des nutriments aux végétaux [37]. Le résultat global des effets du labour sur le développement racinaire se traduit sur la croissance et les rendements des plantes cultivées. Pour une même technique de travail du sol (le labour à la charrue), les conséquences sont très changeantes et liées aux variétés, aux types de sol et surtout de la qualité du travail. D'après les travaux de recherche de [38], la technique de labour superficielle semble offrir le meilleur compromis avec une porosité moyenne, une stabilité forte, une population lombricienne importante, avec pour conséquence une conductivité hydraulique plus élevée qu'en labour profond et sans labour. Les contacts entre l'action mécanisée du sol et productivité sont donc périlleux et allusifs. Elles reposent, exceptionnellement sur les conditions d'humidités des sols et des spéculations. De manière équivoque, un travail conventionnel profond restaure la perméabilité superficielle du sol, la croissance et l'utilisation de l'eau du sol et l'efficacité de l'eau consommée. Dans quelques biotopes, le travail du sol à la charrue est la meilleure réponse (ou la moins mauvaise) ; dans d'autres milieux, parfois les pratiques de semis direct sont meilleurs. De l'abondante littérature rassemblée par [39], on tire la conclusion que, dans certaines conditions pédoclimatiques, les productions engendrées par la culture sans labour sont souvent équivalents, parfois légèrement supérieurs au labour dans la mesure où il n'y a pas de tassements du sol intempestifs et surtout où le drainage naturel est suffisamment efficace.

#### 4. Conclusion

Cette étude permet d'expliquer les impacts de l'utilisation des machines agricoles sur les sols et les conséquences au niveau des plantes mis en culture. Les paramètres du sol tels que la densité, la résistance, l'humidité et la porosité sont très importants et définissent le développement des différentes parties des plantes. La revue montre que le tassement du sol est créé par les modifications des paramètres physiques du sol engendrés par les

équipements agricoles utilisés. Néanmoins, le labour conventionnel donne une bonne productivité que les techniques de TM et SD. Les épaisseurs labourées avec des vitesses convenables sont très importantes pour avoir un bon rendement des cultures mises en place. Cependant, ces labours détériorent la structure du sol en provoquant des effets temporaires et interminables que seules les études peuvent résoudre en vue de sa conservation et restauration. Alors les axes tels que l'impact des labours motorisés sur la structure du sol et le rendement des cultures par type de sol et parallèlement aux opérations culturales exécutées seront approfondies pour conserver la fertilité des terres agricoles et la promotion de culture de meilleur productivité.

### Références

- [1] - CEMA, *European Agricultural Machinery*, (2014) 6 p.
- [2] - L. PUSSEMIER et L. GOEYENS, *AgricultureS et enjeux de société*, <https://books.google.fr>. Agronomie Gembloux, (2017), (Avril 2020)
- [3] - J. CLARA, *Innover pour la périphérie : Recherche agronomique publique et développement de machinisme approprié pour l'agriculture familiale en Argentine*, Sociologie, thèse unique, Université Paul Valéry - Montpellier III; Montpellier Supagro, (2019)
- [4] - D. ROBERT-DUBORD, *portrait et analyse de la réglementation municipale en estrie sur le contrôle de l'érosion dans le cadre de travaux nécessitant du remaniement de sol*, Université Sherbrooke, Québec, Canada, (juin 2011), 121 p.
- [5] - 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.
- [6] - R. MRABET, *Les actes des 4e Rencontres Méditerranéennes du Semis Direct*, Sétif Algérie, n° spécial revue Recherche agronomique, (2010) 106 - 126
- [7] - H. BOIZARD, *Réussir Grandes Cultures*, (38) N° 285 (2014) 3 p.
- [8] - M-P. LEFEBVRE, *Spatialisation de modèles de fonctionnement hydromécanique des sols appliquée à la prévision des risques de tassement à l'échelle de la France*. Sciences agricoles. Université d'Orléans, (2010)
- [9] - M-F. DESTAIN, *Agriculture de précision*, SPW, (2014) 53 p.
- [10] - J. LABREUCHE, *Perspectives agricoles*, N° 397 (2013) 16 - 18 p.
- [11] - C. SALEMBIER et J-M. MEYNARD, *Innovations Agronomiques*, 31 (2013) 27 - 44
- [12] - S. CHEHAIBI, C. HANNACHI, J. G. PIETERS et R. A. VERSCHOORE, *TROPICULTURA*, 26 (3) (2008) 195 - 199 p.
- [13] - 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
- [14] - N. SHAH, M. TANVEER, B. SHAHZAD, G. YANG, S. FAHAD, S. ALI, M. A. BUKHARI, S. A. TUNG, A. HAFEEZ et B. SOULIYANONH, *Environmental science and pollution research*. Vol. 24, Issue 11, (2017) 10056 - 10067 p.
- [15] - P. DEFOSSEZ P. et G. RICHAIR, *Soil Till Res*, 67 (2002) 41 - 64 p.
- [16] - A. ELAOU, *ASM International*, (2011) 539 - 545 p.
- [17] - A. MEKHOLOUF, M. MAKHOLOUF, A. ACHIRI, A. AIT OUALI et S. KOUROUGLI, *Agriculture*, N° 2 (2011) 52 - 65
- [18] - J. MUCHABI, O. I. LUNGU et A. M. MWEETWA, *Sustainable Agriculture Research*, Vol. 3, N°3 (2014) 28 - :
- [19] - R.C. STEPHEN, J.F. KITCHELL, JR. HODGSON, *BioScience*, 35 (1985) 634 - 639 p.
- [20] - J. JOBBÁGY, P. FINDURA, F. JANÍK, *Research Agricultural Engineering*, Slovak Republic, Vol. 60, (2014) 8 p.
- [21] - A. M. HAMZA et W. K. ANDERSON, *Soil Till Res*, 82 (2005) 121 - 145 p.
- [22] - ANONYME, *Le compactage des sols et les pneumatiques*. Instructions complètes, (2008) 5 p.
- [23] - 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.

- [24] - Z. ABDELLAOUI, H. TESKRAT, A. BELHADJ et O. ZAGHOUANE, *Rencontres Méditerranéennes du Semis Direct*, 4 (2011) 71 - 87
- [25] - A. GUESDON VENNERIE, *Grandes cultures GCHP2E*, (2017) 4 p. [www.gchp2e.fr](http://www.gchp2e.fr)
- [26] - A. ELAOUOUD ET S. CHEHAIBI, 17<sup>ième</sup> Journées Nationales sur les Résultats de la Recherche Agricole, (2010) 1 - 7 p.
- [27] - E. D DAYOU, B. L. ZOKPODO and B. RAKOTO, *Net Journal of Agricultural Science*, ISSN : 2315 - 9766, Vol. 5, (2) (2017) 23 - 30
- [28] - M. SABIR, B. BARTHES et E. ROOSE, *Science et changements planétaires, Sécheresse*, 15 (1) (2004) 105 - 110
- [29] - H. MANICHON, *European Journal of Soil Science*, 51 (2000) 455 - 474
- [30] - M. AMARA, M. A. FEDDAL et A. HAMANI, *Nature & Technology*, B - Sciences Agronomiques et Biologiques, N° 12 (2015) 130 - 141
- [31] - 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
- [32] - 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.
- [33] - N. BOUCHENAFI, K. OULBACHIR et M. KOUADRIA, *European Scientific Journal*, Vol. 10, N° 3 ISSN 1657 - 7881 (2014) 463 - 473
- [34] - 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
- [35] - 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.
- [36] - 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.
- [37] - A. BELLEMOU, *Etude des résultats d'essais de différentes techniques de semis du blé dur (Chen's)*. Thèse de l'Ecole Nationale Supérieure Agronomique de EL-HARRACH-ALGER, (2012) 152 p.
- [38] - D. HEDDADJ, M. CLOAREC, *Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens; (ed.)*, 4, N° 96 (2011) 131 - 145 p.
- [39] - O. BELKACEM et M. AURORA, *VertigO La revue électronique en sciences de l'environnement*, Vol. 18, N° 2 (September 2018) 22 p.