



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة محمد البشير الإبراهيمي برج بوعريريج
Université Mohamed El Bachir El Ibrahim B.B.A.



كلية علوم الطبيعة والحياة وعلوم الارض والكون
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre et de l'Univers
قسم العلوم الفلاحية
Département des Sciences Agronomique

Mémoire

En vue de l'obtention du Diplôme de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences agronomiques.

Spécialité : Amélioration des plantes.

Thème :

**Etude comparative de l'effet du mode de
conduite et du précédent cultural sur le
comportement d'une culture de blé dur
(Triticum durum Desf.).**

Présenté par : Zerroug Abderrezak
Dhimat Mohamed

Soutenu le :24/06/2023 Devant le jury :

Nom, Prénom	Grade	Affiliation
Président : M ^r TABTI Dahbia	MCB	Faculté SNV-STU, Univ. Bordj Bou Arreridj
Encadrant : M ^r . FORTAS Bilal	MAA	Faculté SNV-STU, Univ. Bordj Bou Arreridj
Examineur : M ^r MAAMRI Khelifa	MCB	Faculté SNV-STU, Univ. Bordj Bou Arreridj
Invité/Collaborateur : M ^r . Taibi mourad	ING.	ITGC de Sétif

Année universitaire : 2022/2023

DÉDICACE

Je dédie ce modeste travail:

A mes parents (Maman et mon père **TÀHER**), Mes estimes pour eux sont immenses, je vous remercie pour tout ce que vous avez fait pour moi.

Que Dieu vous préserve une longue vie heureuse.

A Toute ma famille : (**YOUCEF, OMAR, SARA, ABDELKADER, AICHA, ABDELDJEBAR ET ABDELGHAFOUR**), mes oncles et tantes et leurs maris et femmes, en particulier ma grand-mère **FATIMA**.

Tous ceux que j'aime, qui m'aiment et me comblez de conseils.

A tous mes amis : (**NABIL, ABDELMALEK, HAMID, RADOUANE, YOUNES, BRAHIM.....**)

Je vous dédie ce travail et vous souhaite un avenir à la hauteur de vos ambitions.

Que notre amitié dure.

A ma belle **ICHRAK**

A tous ceux qui, un jour, ont pensé à moi, les plus beaux mots ne sauraient exprimer ma redevance.

A MOI

ZERROUG ABDERREZAK

Dédicace

Je dédie ce modeste travail:

A mes parents (Mama FIROUZ et mon père HAKIM),

Mes estimes pour eux sont immenses, je vous remercie pour tout ce que vous avez fait pour moi.

A Toute ma famille, mon frère Aymen et mon sœur Chourouk, et Hicham et amer, Tayson, mes grandes mères et pères, Housseem, Khadidja, Ranya et Zina et Samra et Chamsou), tous ceux que j'aime.

A tous mes amis.(Abbodi , Mohyeddine , Ramy , Arres , abd el Ghani) Je vous dédie ce travail et vous souhaite un avenir à la hauteur de vos ambitions.

Que notre amitié dure.

A tous ceux qui, un jour, ont pensé à moi, les plus beaux mots ne sauraient exprimer ma redevance.

À mon chère Ami et mon binôme **ABDEREZZAK**

A moi

Dehimat Mohamed

Remerciements

Je remercie tout d'abord « **ALLAH** » de nous avoir donné la force et le courage d'entamer et de finir ce mémoire dans de bonnes conditions.

Une grande gratitude à notre encadreur, Le Docteur **BILAL FORTAS**, Professeur au département d'agronomie, d'avoir accepté d'encadrer ce travail avec beaucoup de compétences.

Merci pour votre indéfectible disponibilité, votre rigueur scientifique et la confiance que vous nous avez accordé au cours de l'élaboration de ce mémoire.

Merci pour l'acuité de vos critiques et pour vos conseils éclairés. Veuillez trouver dans ces pages une infime partie de notre infinie reconnaissance.

Nous remercions également les membres du jury d'avoir accepté d'évaluer ce modeste travail.

MME TABTI DAHBIA d'avoir accepté de présider le jury.

Docteur **MAAMRI KHELIFA** d'avoir accepté d'examiner notre modeste travail.

Nos remerciements à tous nos enseignants qui nous ont assurés des études de haut niveau et qui nous ont permis d'acquérir des connaissances et qui ont contribué à notre formation de la graduation à la poste graduation.

Nos remerciements à tous les cadres de **L'ITGC de SÉTIF**. A tous ceux qui nous ont aidés de près ou de loin, par un geste, une parole ou un conseil, nous leur disons merci.

ZERROUG ABDERREZAK ET DHIMAT MOHAMED

Liste des abréviations

AC : agriculture de conservation

Cm : centimètre

Cm² : centimètre carré

Cm³ : centimètre cube

CV : coefficient de variation

FAO : food and agricultural organisation (organisation de l'alimentation et de l'agriculture)

g : gramme

H% : taux d'humidité

ha : hectare

ITGC : Institut Technique des Grandes Cultures

K : potassium

Kg : kilogramme

M : mètre

M² : mètre carré

MADR : Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural

MO : matière organique

ONM : Office National de Météorologie

P: poids

Pf : poids frais

Ps : poids sec

q : quintaux

Rp : résistance pénétrométrique

S : seconde

SAU : superficie agricole utile

SD : semis direct

SPAD: soil and plant analyze developments

T : tonne

T (°C) : température : degré Celsius

T max : température maximale

T min : température minimale

T moy : température moyenne

TC : travail conventionnel

TCS : technique culturale simplifiée

TM : travail minimum

TRE : teneur relative en eau

U : unité

V : volume

Liste des tableaux

Tableau 1 : données climatiques de la région de Sétif (2023).

Tableau 2 : carres moyen du l'humidité du sol

Tableau 3 : analyse statistique de L'humidité du sol par technique

Tableau 4 : analyse statistiques de L'humidité du sol par profondeur

Tableau 5: carres moyen de nombre de plantes par mètre carré

Tableau 6 : Analyse statistique des nombre de plantes par mètre carré

Tableau 7 : Analyse statistique des nombre de talles par mètre carré.

Tableau 8: carres moyen de l'humidité de sol

Tableau 9 : carres moyen de resistance pénétrométrique de la culture de pois fourrager.

Tableau 10: carres moyen de nombre de plantes par mètre carré de la culture de pois fourrager.

Tableau 11 : valeurs moyennes de nombre de plantes par mètre carré

Tableau 12 : Matrice des corrélations entre paires caractères étudiées.

Listes des figures

Figure 01: Localisation géographique de la parcelle de l'essai

Figure 02 : La charrue à disque, le cover-crop et la herse.

Figure 03 : Le semoir John Shearer à disque et le Semoir de semis direct BOUDOUR.

Figure 04 : Schéma du dispositif expérimental adopté.

Figure 05: Mesure de l'humidité de sol

Figure 06 : Méthode de prélèvement du sol et de calcul de la densité apparente du sol

Figure 07 : Photo représentative de la mesure par pénétromètre.

Figure 8: Evolution de l'humidité pondérale dans le sol.

Figure 9 : L'humidité pondérale du sol par technique culturale et par profondeur du sol.

Figure10 : L'humidité pondérale du sol par profondeur du sol pour la première date.

Figure 11 : L'humidité pondérale du sol par profondeur du sol pour la première et la troisième date.

Figure 12 : L'effet de technologie culturale sur la densité apparente en profondeur (0-5 cm).

Figure 13: La résistance au pénétromètre moyenne par système de travail du sol.

Figure 14: La résistance au pénétromètre (0-5 cm) par système de travail du sol

Figure 15: La résistance au pénétromètre (5-10 cm) par système de travail du sol.

Figure 16 : La résistance au pénétromètre (10-15 cm) par système de travail du sol

Figure 17: La résistance au pénétromètre des trois profondeurs par système de travail du sol

Figure 18 : Effet de technique culturale sur la résistance au pénétromètre par profondeur.

Figure 19: Effet de technologie culturale le nombre de plantes levées/ m².

Figure 20: l'effet de technique culturale sur le nombre talle.

Figure 21: Evolution de l'humidité pondérale dans le sol.

Figure 22 : L'effet de technologie culturale sur la densité apparente en profondeur.

Figure 23: Effet de technique culturale sur la résistance au pénétromètre par profondeur.

Figure 24: Effet de technologie culturale le nombre de plantes levées/ m².

Figure 25: l'effet de technique culturale sur le nombre ramifications.

Plan de Travail

Liste des abréviations	5
Liste des tableaux	7
Liste des figures.....	8
Introduction.....	12
Matériel et méthodes.....	14
Partie 1 : mise en place de l'essai.....	15
1- Le site expérimental.....	16
2- Les données climatiques.....	17
3- Matériel végétale.....	18
A- Travail conventionnel	
B- Technique cultural simplifiée (ou travail minimum)	
C- Semis direct	
4- Dispositif expérimental.....	19
5- Itinéraire technique.....	20
5-1- précédent cultural	
5-2- préparation du sol	
A- Semis direct (SD)	
B- Travail conventionnel (TC)	
C- Technique cultural simplifiée (TCS) ou travail minimum (TM)	
Partie 2 : notions à effectuer.....	21
1- Notations relatives aux facteurs physique du sol.....	22
1-1- Humidité du sol.....	22
A- Méthode de prélèvement.....	22
B- Méthode d'analyse.....	22
1-2- Densité apparente du sol (Masse volumique)	23
1-3- Résistance pénétrométrique du sol.....	23-24
2- Notations relatives à la culture.....	24
2-1- Peuplement à la levée.....	24
2-2- Nombre de talles par mètre carrée.....	24
3- Traitements statistiques	25
Résultats et discussion.....	26
Partie 1 : la culture de blé dur.....	27
1. L'humidité de sol.....	28-30
2. La densité apparente	30-31
3. La résistance pénétrométrique.....	31-34
4. Peuplement à la levée.....	34-35
5. Nombre de talles.....	35

Partie 2 : la culture de pois fourrager	36
1. L'humidité de sol.....	37
2. La densité apparente	37-38
3. La résistance pénétrométrique.....	38
4. Peuplement à la levée.....	39
5. Nombre de ramifications.....	40
Etude des corrélations entre paires caractères.....	40-41
Conclusion.....	42
Résumé.....	45
Références bibliographiques.....	48
Annexes.....	51

INTRODUCTION

Introduction

Au cours des dernières décennies, les activités humaines, en particulier L'agriculture et les pratiques agricoles dégradent gravement les écosystèmes Surtout les sols les plus touchés par le déclin de la biodiversité, un Baisse de la teneur en matière organique, fatigue et épuisement des sols. Tous Ces changements menacent la production et la durabilité agricoles Système de production.

Les céréales constituent une part importante des ressources alimentaires Humains et animaux (KARAKAS A. (2011)). L'une de ces céréales est le blé.

Il est concentré dans les zones intérieures arides et semi-arides et présentes les caractéristiques suivantes. Des hivers froids, des précipitations irrégulières, des gelées printanières très fréquentes, Un vent chaud et sec qui souffle à la fin du cycle de culture. . D'une part, la production céréalière en Algérie dépend encore des facteurs agroclimatiques D'autre part, les facteurs techniques, la rotation des cultures, la fertilisation et le travail du sol.

On essaye d'évaluer l'effet de différentes technologies du travail du sol, notamment le semis direct, les techniques culturales simplifiées et le travail conventionnel sur la production céréalière et sur l'évolution de quelques propriétés du sol.

En Algérie, la dégradation des sols se voit d'en haut Les plaines céréalières, en raison du manque d'eau, de pratiques agricoles inappropriées et La surexploitation des terres ne correspond pas à l'évolution du climat des sols Modéré (FORTAS et al. 2013).

L'eau et le sol sont considérés comme les éléments les plus importants à protéger et Assurer une production continue dans le cadre d'une agriculture durable.

Les ressources en eau deviennent de plus en plus rares en raison des conditions météorologiques extrêmes et de la sécheresse et nécessitent une attention particulière.

En particulier, il vise à utiliser une technologie capable de préserver et de préserver cette ressource La pratique du labour profond est la technique de travail du sol la plus répandue, en Algérie et de par le monde.

Cependant, plusieurs expériences ont été lancées récemment, mais ont donné des résultats peu concluants. Compte tenu de la durée des expérimentations, ces études se justifient à plusieurs égards. Car notre pays est constamment soumis à de graves phénomènes d'érosion, aggravés par des actes totalement inadaptés au contexte climatique de l'enfance.

Ainsi, le problème qui se pose est défini comme suit :

Comment choisissez-vous le bon système de travail du sol et sur quels paramètres devez-vous vous concentrer le plus ?

Quel système est le plus efficace ?

Le but de cette étude était d'évaluer le comportement de blé et pois fourrager, réglée selon trois modes de conduite différents : labour conventionnel (TC), Techniques culturales traditionnelles simplifiées (travail minimum TM) et semis direct(SD) dans les conditions pédoclimatiques dans La plaine intérieure de Sétif.

L'expérimentation à été menée a la station expérimentale de l'institut technique des grandes cultures
SETIF

MATERIELS ET METHODES

Partie I: Mise en place de l'essai

1. Le site expérimental

L'étude a été réalisée à la Station Expérimentale Agricole (SEA) de l'Institut Technique des Grandes Cultures (ITGC) de Sétif au cours de la campagne 2010/2011. Le site expérimental, lieu-dit Rmada, est situé aux coordonnées géographiques $36^{\circ} 08' N$, $5^{\circ} 20' E$, à une altitude de 1081m.

Le climat du site expérimental est un climat de type méditerranéen, continental, appartenant à l'étage bioclimatique semi-aride, caractérisé par un été pratiquement chaud et sec, et un hiver froid et humide (Chenaffi et al. 2006).

Le sol du site présente de grandes variations. Il est profond, avec peu de calcaire et plus fertile dans le voisinage du lit du Boussalem.

Il est plus calcaire avec présence d'encroûtements et peu profond sur les parcelles, plus éloignées et en altitude.

La teneur en matière organique varie de 1.4 à 2.8 % en surface ; elle décroît rapidement, en profondeur pour atteindre des valeurs inférieures à 1 % (Kribaa et al. 2001).

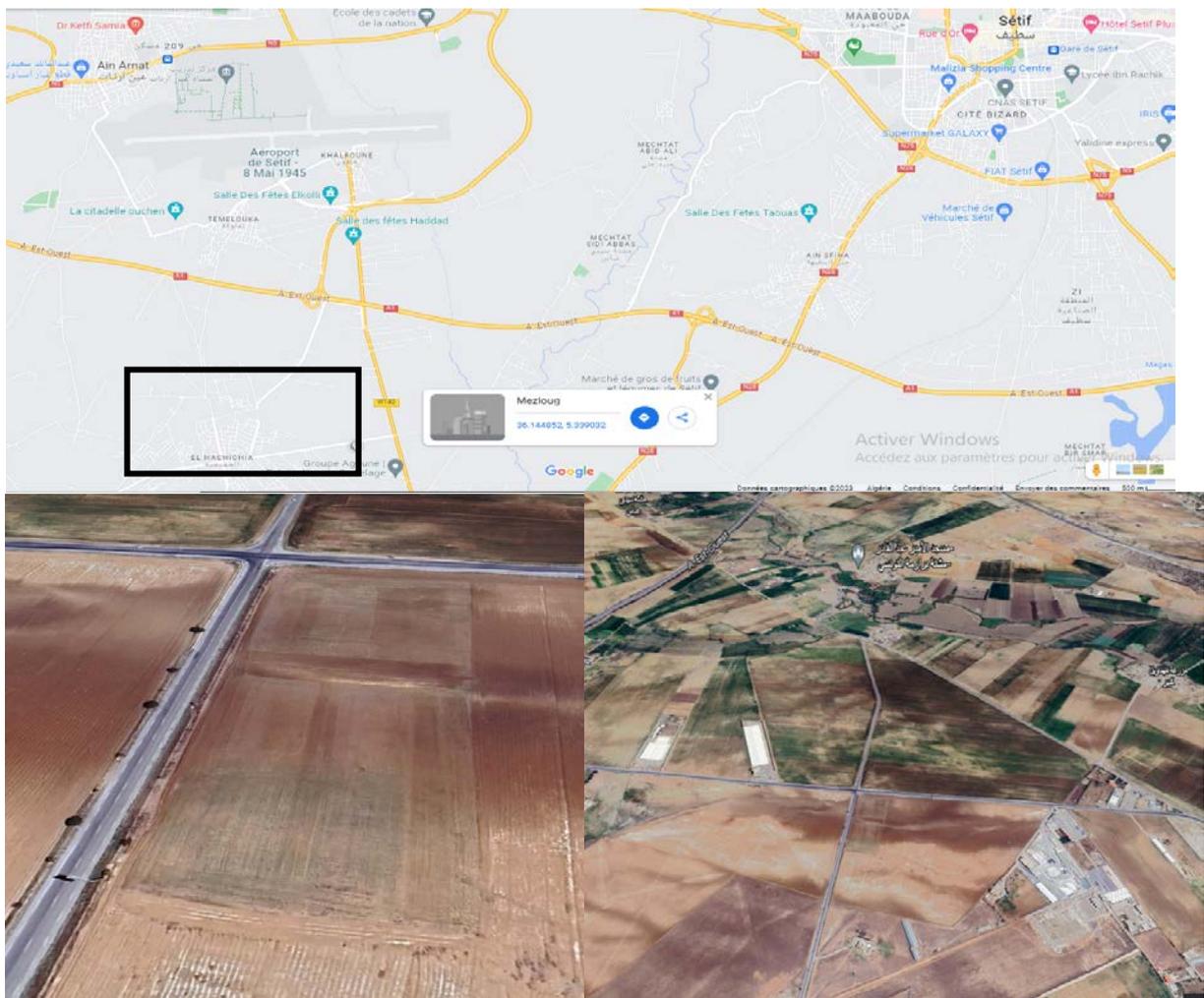


Figure 01: Localisation géographique de la parcelle de l'essai (Google maps et Google earth 2023)

2. Données climatiques de la région :

Le cumul pluviométrique enregistré lors de la campagne d'étude (2022/2023) s'élève à 40.6 mm, Le mois de septembre était le plus pluvieux (40.60 mm) durant la campagne d'étude alors que le mois de MARS était le plus sec avec seulement (4.6 mm). La température moyenne mensuelle la plus basse se produit en janvier à 04,09°C.

La température la plus élevée enregistrée en septembre était de 23,56 degrés Celsius (tableau 1). Le mois de semis de la campagne d'étude (novembre) se caractérise par 25.30 mm de précipitations et une température de 11.52°C ce qui assurait l'installation de la culture.

Au cours de la campagne agricoles, la température est Relativement moyenne à l'automne et basse au cours d'hiver.

Les précipitations varient considérablement d'un mois à l'autre et d'une saison à l'autre. Ainsi l'automne de (2022 / 2023) est relativement moyen avec une moyenne de 33,66 mm.

Tableau 1 : données climatiques de la région de Sétif (2023).

Wilaya Sétif	Pluviométrie		Température			Humidité (%)	Neige	Accidents climatiques
	Cumul de pluie (mm)	Nbre de jours de pluie	T° Min (C°)	T° Max (C°)	T° Moy (C°)			Gelée
Mois								
Septembre 2022	40.60	11	17.23	30.13	23.56	41.32	-	-
Octobre 2022	35.10	06	11.45	25.03	17.83	48.85	-	07
Novembre 2022	25.30	10	6.12	17.82	11.52	55.21	-	10
Décembre 2022	30.80	05	4.27	14.85	09.05	68.50	-	11
Janvier 2023	26.40	10	-0.78	09.62	04.09	72.99	02	22
Février 2023	16	07	0.34	11.88	04.69	68.42	01	16
Mars 2023	4.6	05	3.5	18.21	10.85		0	03
Avril 2023	07	03						
Total		57					03	69

3. Matériel végétal

Pour la variété de blé dur utilisée **Bousselem avec une dose de semis de 115Kg/ha** (PMG: 34g - FG %: 90%).

Pour le pois fourrage la **Variété Sefrou avec une dose de semis de 80Kg/ha** (PCG = 8,88g FG = 90%)

A. Travail conventionnel

Le travail a été effectué à l'aide d'une charrue à disque, de cover-crop et d'une herse (figure 04), alors le semis a été réalisé à l'aide de semoir en lignes conventionnel de trois mètres à espacement 18 cm interlignes.



Figure 02 : La charrue à disque, le cover-crop et la herse.

B. Technique culturale simplifiée (ou travail minimum)

Le travail du sol a été réalisé à l'aide de cultivateur à dent. Le semis a été réalisé également à l'aide d'un semoir en lignes conventionnel de trois mètres, avec un écartement entre les lignes de 18 cm.

C. Semis direct

Aucun travail du sol n'a été effectué avant le semis, (i) le semis s'est fait directement avec un semoir spécial de type semoir John Shearer à disque, (ii) le semoir Boudour à dent.

A noter que l'écartement entre les lignes est de 18 cm pour le semoir Boudour et de 23 cm pour le semoir John Sheraer, quant à la largeur de travail est de 2,5 m (figure 05).



Figure 03 : Le semoir John Shearer à disque et le Semoir de semis direct BOUDOUR.

4. Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental adopté est un Bloc aléatoire completw, avec trois blocs. Il comporte trois niveaux : le semis direct (SD), le travail conventionnel (TC), et la technique culturale simplifié (TM), et deux espèces, qui sont le blé dur en tant qu'espèce stratégique représentée par la variété Bousselam, et le pois fourrager.

De fait, le nombre total des traitements étudiés s'élève à 18 traitements = (3 techniques X deux culture) X 3 répétitions.

Le matériel végétal a été semé sur une parcelle hétérogène. La parcelle est divisée en parcelles parallèles (Parallèle plots), organisée en trois répétitions, chaque répétition a été divisée en trois traitements.

La dimension de l'unité expérimentale est de 450 m² (50 m x 9 m). 0,5 m est la distance entre les unités expérimentales (Figure 06).

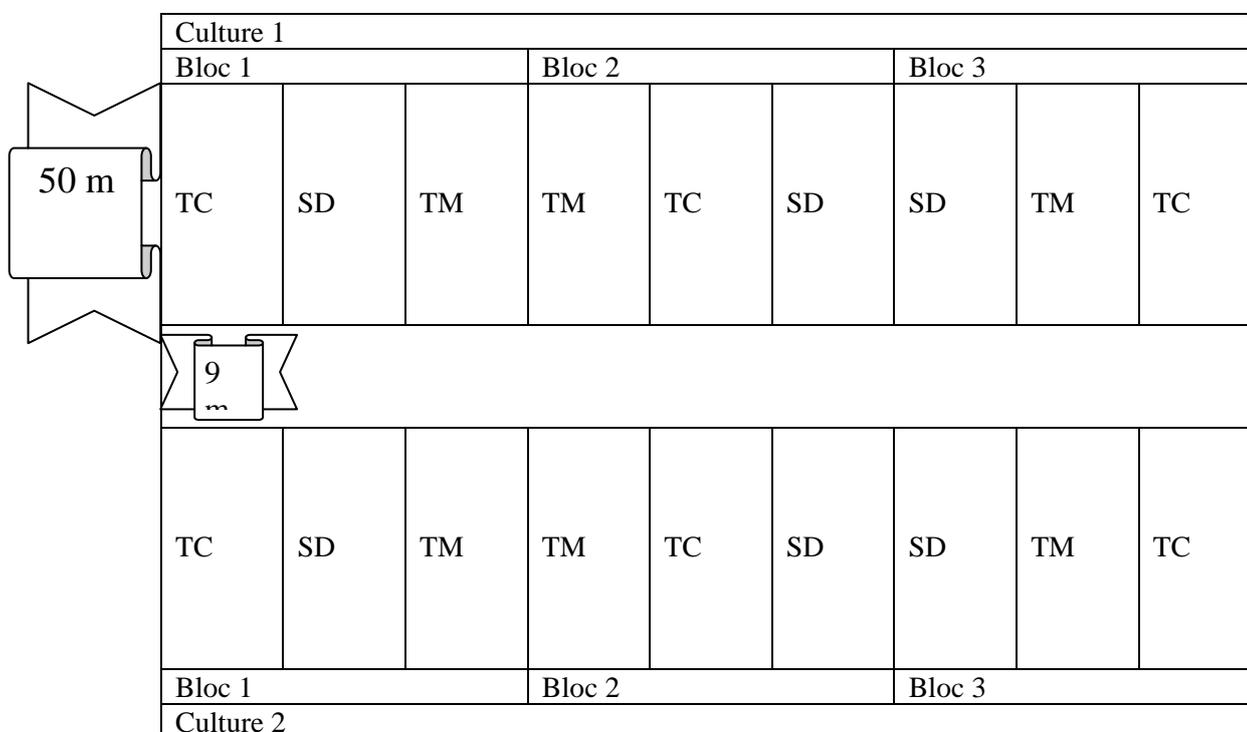


Figure 04 : Schéma du dispositif expérimental adopté.

5. Itinéraires techniques

5.1. Précédent cultural

Pour l'ensemble de traitements de blé dur, le précédent cultural est une légumineuse, le pois fourrager, et pour l'ensemble de traitements de pois fourrager, le précédent cultural est une céréale, le blé dur.

Pour le travail du sol; la même technique a été pratiquée précédemment sur chaque traitement: TC/TC, TM/TM, SD/ SD.

5.2. Préparation du sol

A. Semis direct (SD)

Absence totale du travail du sol ; aucune opération de labour et de croisement n'a été réalisée (travail du sol zéro).

B. Travail conventionnel (TC)

Un labour profond de 30 cm à l'aide d'une charrue à disque a été réalisé le 06/ 11/ 2022, suivi par un passage de la charrue à dent le 07/ 11/ 2012, suivi par un passage de cover-crop le 07/ 11/ 2022 et un hersage le 08/ 11/ 2022.

C. Technique culturale simplifié (TCS) ou travail minimum (TM)

Un seul passage de cultivateur à dents a été réalisé le 07/ 11/ 2022, suivi par hersage le 08/11/2022.

Partie II: Notations à effectuer

1. Notations relatives aux facteurs physiques du sol

1.1. Humidité du sol

Le suivi du profil hydrique durant tout le cycle végétatif fait partie des principaux objectifs de notre travail de fait, plusieurs prélèvements d'humidité du sol ont été réalisés durant tout le cycle végétatif de la céréale, au cours de la campagne agricole, le séchage des échantillons a été réalisé au niveau du laboratoire de l'ITGC.

a. Méthode de prélèvement :

Chaque point de prélèvement a fait l'objet de deux échantillons sur deux profondeurs (0-15 cm, 15-30 cm). Les prises des échantillons ont été réalisées à l'aide d'une tarière. Les échantillons sont placés sur le champ dans des sacs plastique.

b. Méthode d'analyse :

Chaque échantillon est prélevé mis dans une tare de masse (M_t) est peser pour déterminer la masse humide (M_h). L'échantillon par la suite est mis dans l'étuve à 105°C pendant 24 heures. La deuxième pesée permet de déterminer la masse sèche de l'échantillon (M_s). Selon NOUIRI et al. (2004), l'humidité du sol est calculée selon la formule suivante :

$$\text{Humidité pondérale (\%)} = (M_h - M_s / M_s) * 100$$



Figure 05: Mesure de l'humidité de sol

1.2. Densité apparente du sol (Masse Volumique)

La mesure de la masse volumique du sol, qui est un indicateur du tassement du sol et de la porosité totale du sol a été mesurée par la méthode du cylindre calibré (dimension de 5,2 cm x 4,1 cm). Les mesures sont réalisées sur une seule profondeur (0-10 cm), avec une répétition pour chaque traitement. La masse volumique du sol (g.cm^{-3}) est calculée selon l'équation de BAISE, (2000).

Chaque échantillon du sol prélevé est mis séparément dans un sac en plastique étiqueté. Une fois l'échantillon extrait du cylindre, il est pesé après séchage à l'étuve à 105°C pendant 24 heures. Connaissant le poids de l'échantillon à l'état sec après mise à l'étuve pendant 24 heures à 105°C et le volume du cylindre, on calcule la densité apparente (D_a) selon la formule:

$$\text{Masse volumique du sol (da)} = \text{masse totale du sol sec} / \text{volume}$$

$$(D_a) = P / V$$

D_a : la densité apparente.

P: le poids sec de l'échantillon du sol exprimé en grammes.

V: le volume du cylindre utilisé exprimé en cm^3 .



Figure 06 : Méthode de prélèvement du sol et de calcul de la densité apparente du sol

1.3. La résistance pénétrométrique R_p (N/cm^2)

La mesure de la résistance pénétrométrique (R_p) est réalisée à l'aide d'un pénétromètre dont le mode opératoire consiste à faire enfoncer le cône du pénétromètre dans le sol et à

mesurer l'effort à appliquer. Cet effort, affiché à la surface de la base du cône définit l'indice de cône. Les mesures sont réalisées sur trois profondeurs (0-5cm, 5-10 cm et 10-15 cm), pour chaque traitement comme le montre la figure 07.

La résistance à la pénétration est un moyen de déterminer la capacité de support de charge du sol et la facilité avec laquelle les racines vont se frayer un chemin dans le sol (important lorsque des techniques d'ingénierie agricole, rurale et civile sont en jeu).

$$R_p \text{ (N/cm}^2\text{)} = \text{Lecture sur l'écran/}$$

R_p : Résistance pénétrométrique.

N : Lecture sur l'écran.



Figure 07 : Photo représentative de la mesure par pénétromètre.

2. Notations relatives à la culture

2.1. Peuplement à la levée

Le peuplement à la levée est estimé par le comptage du nombre de plants levés par mètre carré. La levée est effective à partir de 50% des plants levés.

NP : nombre de plantes

$$NP/m^2 = \text{Nombre de plantes par mètre linéaire}/0.2$$

2.2. Nombre de talles par m²

Cette mesure a été effectuée en stade tallage par le comptage du nombre de talles, produites par la culture dans un mètre linière choisis aléatoirement.

3. Traitements statistiques

Les analyses statistiques ont été réalisées à l'aide de logiciel SAS9.1.3. Pour réaliser le test, on a étudié le rapport variance de traitement et variance résiduelle, ce rapport donne (F) observé qui sera comparé au (F) théorique. La signification des résultats exprimés en fonction de la probabilité pour l'erreur réellement commise si:

- $P < 0.001$, la différence entre les traitements est très hautement significative (THS).
- $0.001 < P < 0.01$, la différence entre les traitements et hautement significative (HS)
- $0.01 < P < 0.05$, la différence entre les traitements est significative(S).
- $P > 0.05$, la différence entre les traitements est non significative (NS).

Nous avons utilisé pour notre étude la probabilité d'erreur 5 %.

Résultats Et Discussions

1. La culture de Blé dur

1. L'humidité de sol

De nombreuses études s'accordent pour montrer qu'un sol non travaillé retient plus d'eau (Dao, 1993 ; ARSHAD et al, 1999 ; FERRERAS et al, 2000 ; BAUMHARDT & JONES, 2002; BHATTACHARYYA et al. ,2006) du fait de la modification de l'espace poral mais aussi du fait de la présence des résidus en surface qui réduisent l'évaporation (GUERIF, 1994).

L'analyse de la variance montre une différence hautement significative entre les prélèvements du sol pour le paramètre humidité du sol dans la première date de prélèvement (15/03/2023) et dans la deuxième date (24/avr/23), par contre elle n'affiche aucune différence entre les trois modes de conduite culturales (tableau 2).

L'analyse de la variance ne montre aucune différence pour les restes des dates.

Tableau 2 : carres moyen de l'humidité du sol

Sources de variations	ddl	D1	D2	D3	D4	D5
V . T	17					
V. Mode	2	0.8250ns	1.7748ns	2.0014*	0.0089ns	0.4791ns
V. Profondeurs	1	4.9298**	0.1624ns	0.00002ns	0.0648ns	0.5976ns
V. Bloc	2	0.4991ns	2.3925ns	2.0800ns	1.2185ns	0.1055ns
V. résiduelle	12	0.3005	0.8185	0.5404	0.4897	0.2633
Cv (%)	/	1.342	2.054	1.625	1.484	1.040

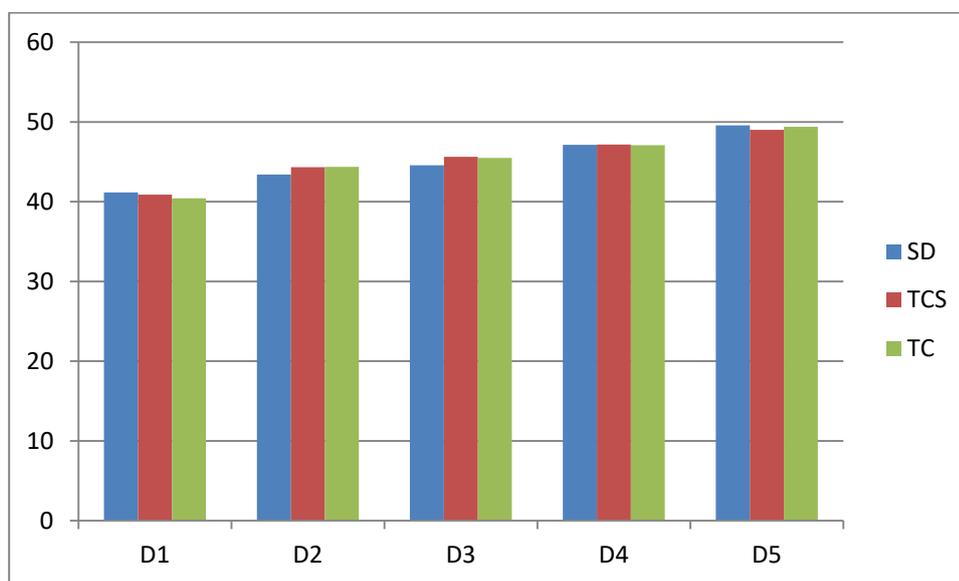


Figure 8: Evolution de l'humidité pondérale dans le sol .

Etude des valeurs moyennes :

L'étude de valeurs moyennes avec le test Fisher (LSD) présenté dans le tableau 3 montre que pour la 1^{ère} date la supériorité de traitement SD avec une valeur moyenne de 41.16% suivi

par le traitement TCS (groupe intermédiaire) avec une valeur moyenne de 40,88% et en dernière position on trouve le traitement TC avec un taux moyen de 40,425%.

Pour la 2^{ème} date, Vient le travail minimum TM en première position avec la valeur de 45.63%, le traitement TC avec un taux moyen de 45.50% et le semis direct prend la dernière position avec une valeur moyenne de 44.57% Figure9

Tableau 3 : analyse statistique de L'humidité du sol par technique

Modes de culture	H% (D1)	H% (D3)
SD	41.16 A	44.5683 B
TCS	40.8783 AB	45.6267 A
TC	40.4250 B	45.4983 A
LSD	0.6896	0.9247

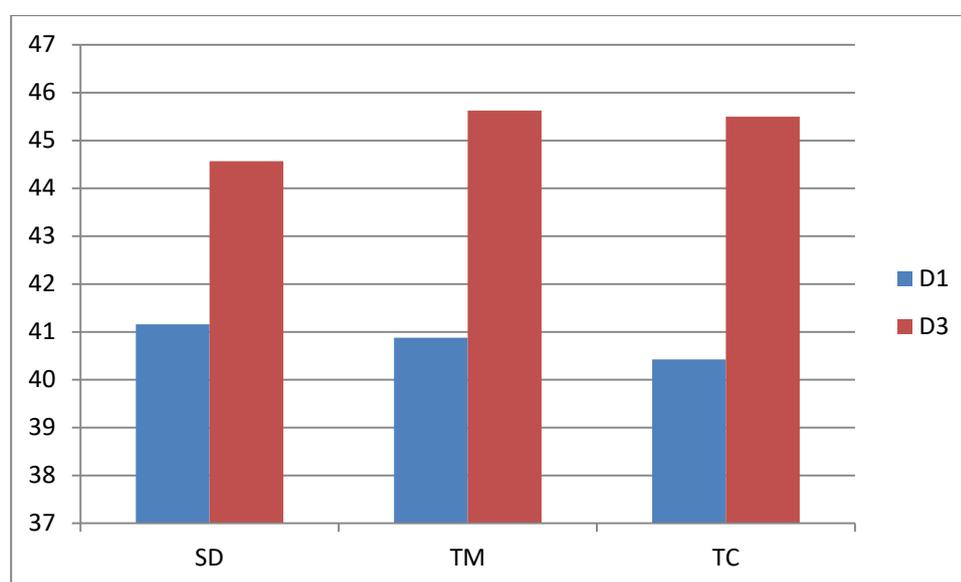


Figure 9 : L'humidité pondérale du sol par technique culturale et par profondeur du sol.

L'étude de valeurs moyennes avec le test Fisher (LSD) montre que pour la première date la supériorité de la deuxième profondeur avec une valeur de 41,34% suivi par la première profondeur qui à une valeur de 40,30%. Avec aucune différence pour le reste des dates.

Tableau 4 : analyse statistiques de L'humidité du sol par profondeur

profondeurs	H% (D1)	H% (D2)	H%(D3)	H%(D4)	H%(D5)
P1	40.2978 B	43.9344 A	45.2322 A	47.1911 A	49.5089 A
P2	41.3444 A	44.1244 A	45.2300 A	47.0711 A	49.1444 A
LSD	0.563	0.9292	0.755	0.7188	0.5271

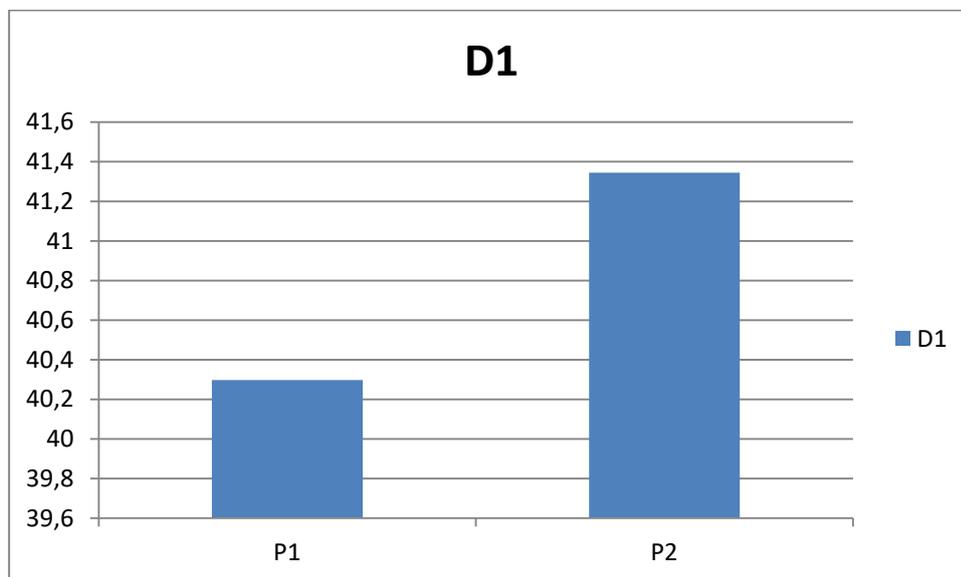


Figure10 : L'humidité pondérale du sol par profondeur du sol pour la première date.

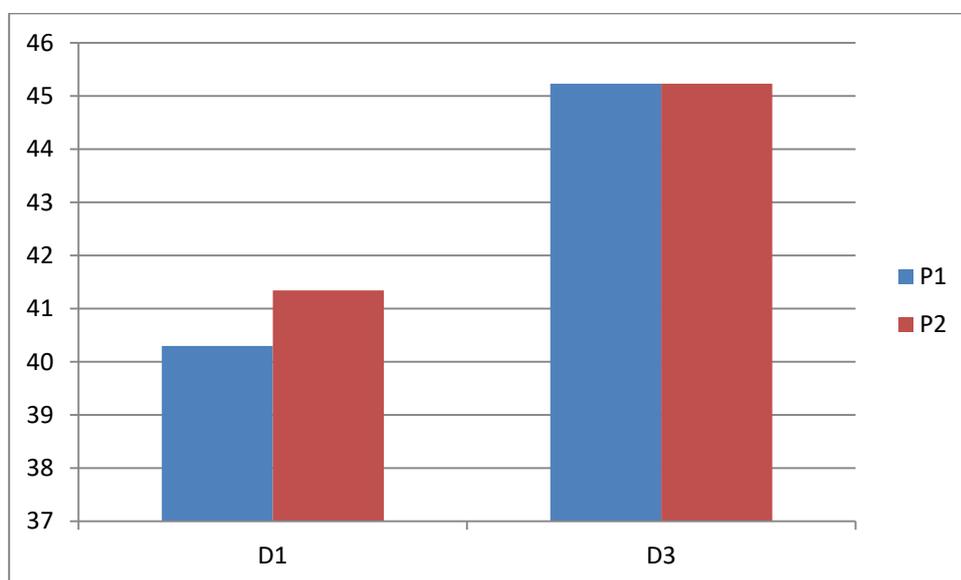


Figure 11 : L'humidité pondérale du sol par profondeur du sol pour la première et la troisième date.

2. La densité apparente

L'analyse de la densité apparente du sol a montré des résultats variés entre les techniques culturales.

Par technique culturale, on distingue en premier le semis direct (1.1621 g/cm^3), suivi par la technique culturale simplifiée (1.1547 g/cm^3) et le travail conventionnel (1.1185 g/cm^3). En surface, la moyenne de l'essai en densité apparente du sol s'élève à 1.1455 g/cm^3 , dont la technique culturale simplifiée arrive en premier (1.1455 g/cm^3), suivi par le semis direct (1.1277 g/cm^3), en dernière position le travail conventionnel avec (1.0386 g/cm^3) comme le montre la figure n°12.

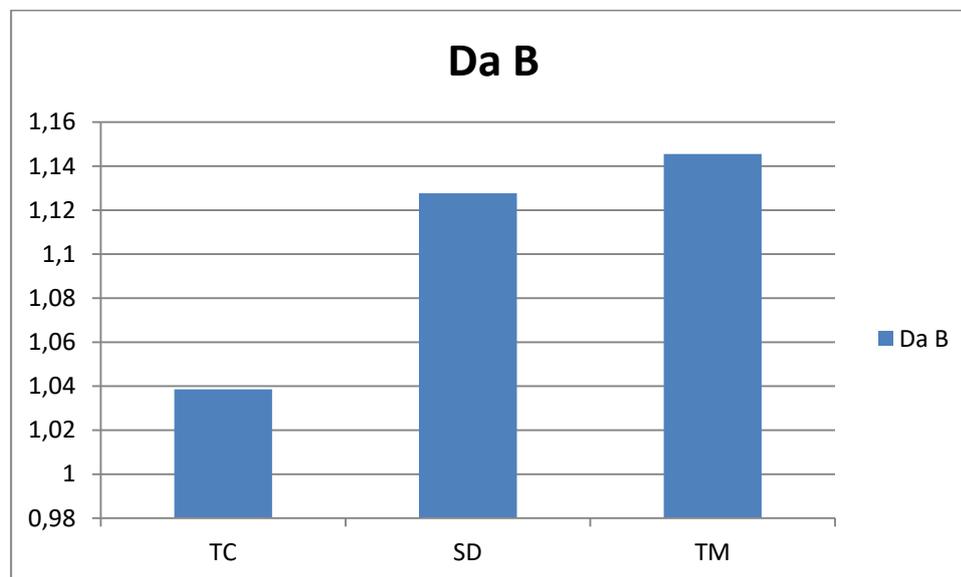


Figure 12 : L'effet de technologie culturale sur la densité apparente en profondeur (0-5 cm).

Ces résultats peuvent être expliqués par le fait de qu'en semis direct le sol n'est pas perturbé et donc reste relativement compacte, en revanche, en travail conventionnel et en technique culturale simplifiée ou le sol est remué par les outils aratoires ce qui diminue la densité apparente, aussi l'accumulation de la matière organique sur les couches superficielles notamment en fonction du type de rotation culturale, contribue à l'amélioration des propriétés physiques du sol notamment la densité apparente.

Donc le non labour améliore les propriétés physiques et chimiques du sol par rapport au conventionnel (MRABET et al, 2001). TEBRUGGE & DURING, (1999) montrent que l'écart de la densité apparente entre un sol labouré et un sol non travaillé est maximal après le passage de la charrue ; l'écart décroît au cours de la saison de culture.

3. Résistance pénétrométrique du sol: R (N/cm²)

Par technique culturale, La technique culturale simplifiée (TCS) est le premier, suivi par le semis direct (SD), et le travail conventionnel (TC) en dernier comme le montre la figure n° 13

Par profondeur, la résistance pénétrométrique du sol est fonction de la profondeur du sol. On trouve en premier : La profondeur: 10-15 cm (425 N/cm²), suivie par la profondeur 5-10 (358.33 N/cm²), et enfin la profondeur 0-5 cm (262.33 N/cm²) comme le montre la figure n°18.

Par interaction entre profondeurs et techniques culturales, les histogrammes de la figura n° 14 montrent qu'en profondeur 0-5 cm dont la moyenne générale de l'essai est de 262.33N/ cm²,

vient en premier la TCS (**307N/ cm²**) et le TC, le semis direct SD (**247N/ cm²**) et le TC en dernier lieu avec (**233N/cm²**).

Pour la profondeur 5-10 cm, dont la moyenne de l'essai est de 358.33 N/cm², l'analyse agronomique montre que le SD accapare la première position (392 N/ cm²), suivi par la TCS (370 N/cm²) et le TC avec (313 N/cm²) (figure n° 15).

Pour la profondeur 10-15, dont la moyenne de l'essai est de (425 N/ cm²). On trouve en premier le SDT (465 N/cm²), suivi par la TCS (440N/cm²) et enfin, le TC (370 N/cm²), (figure n°16).

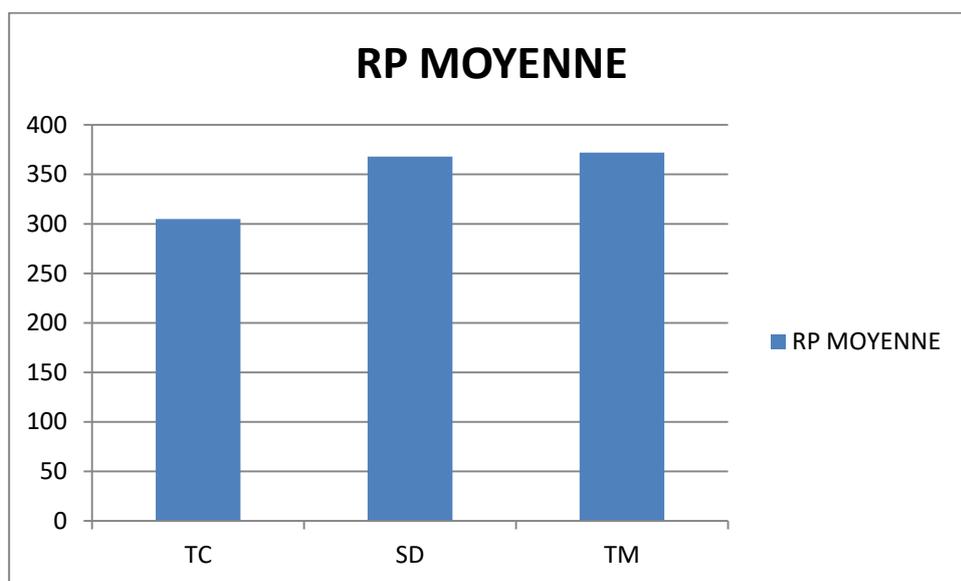


Figure 13: La résistance au pénétromètre moyenne par système de travail du sol.

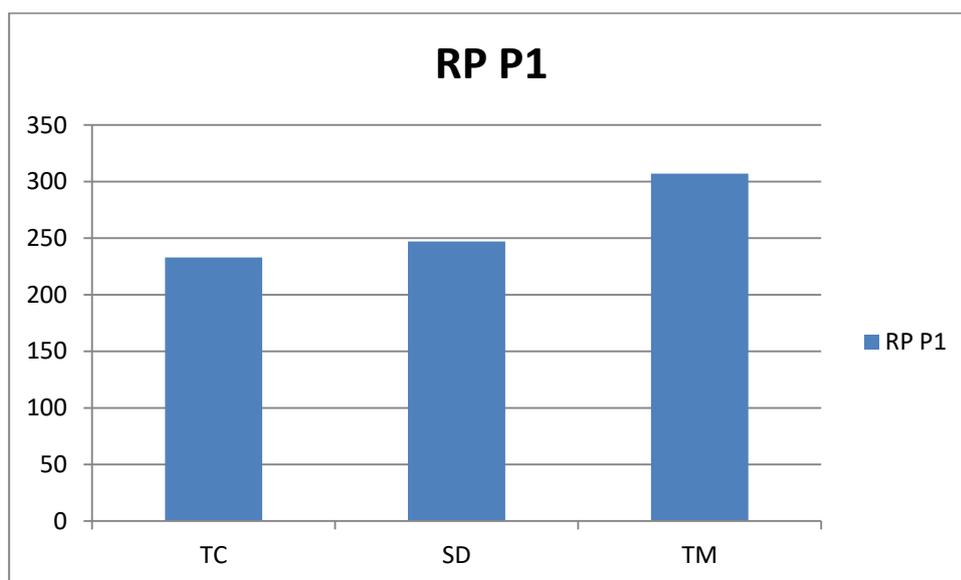


Figure 14: La résistance au pénétromètre (0-5 cm) par système de travail du sol

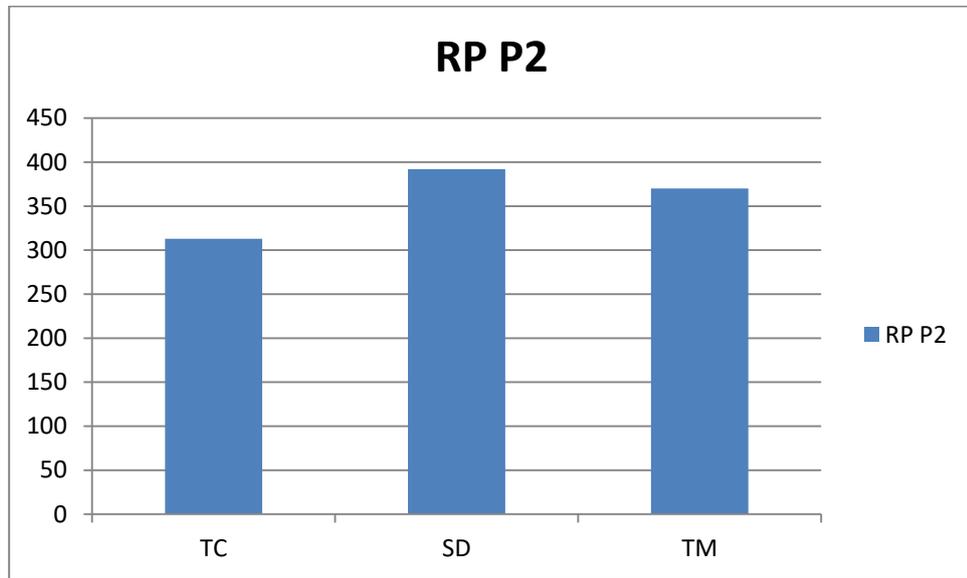


Figure 15: La résistance au pénétromètre (5-10 cm) par système de travail du sol.

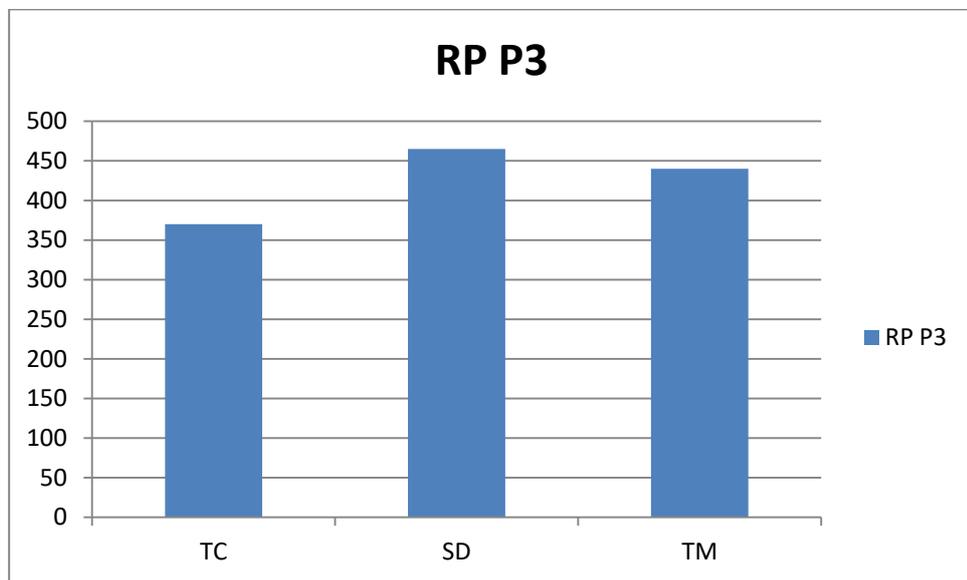


Figure 16 : La résistance au pénétromètre (10-15 cm) par système de travail du sol

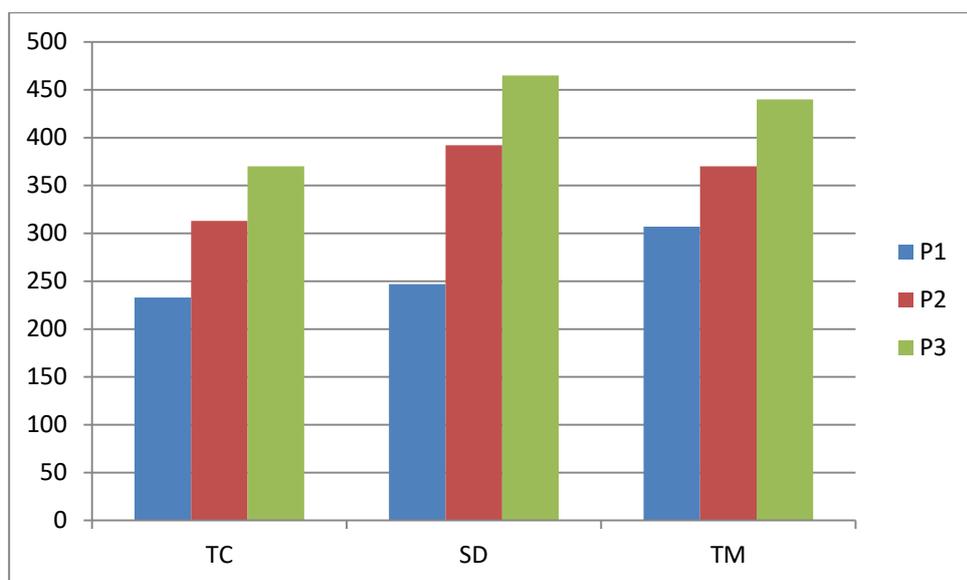


Figure 17: La résistance au pénétromètre des trois profondeurs par système de travail du sol

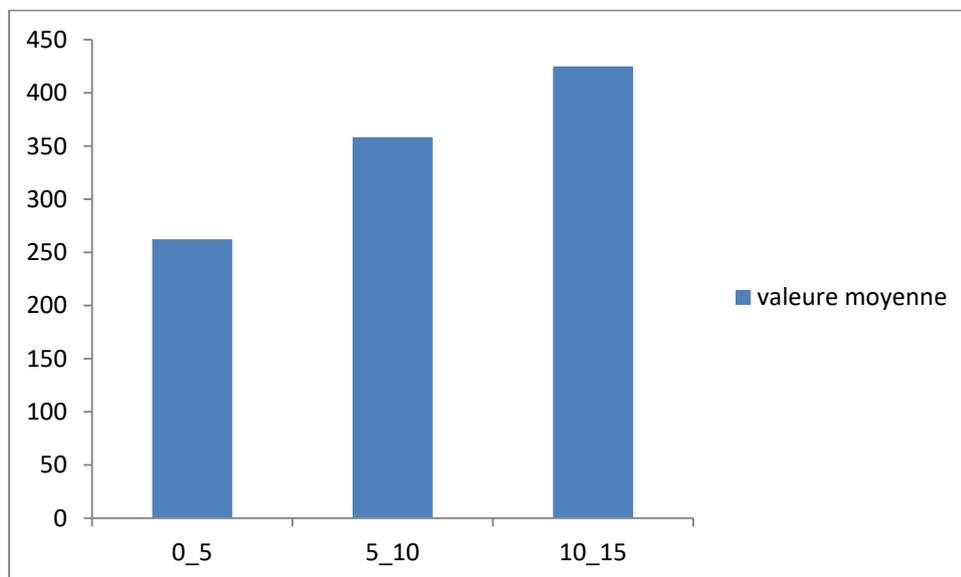


Figure 18 : Effet de technique culturale sur la résistance au pénétromètre par profondeur.

4. Peuplement à la levée (Nombre de plants levés par m²)

L'analyse de la variance n'affiche aucune différence significative entre les trois modes de conduite culturales (tableau 5).

Tableau 5: carres moyen de nombre de plantes par mètre carré

Sources de variations	ddl	NP M ² BD (/cm ³)
V. T	9	
V. Mode	2	14098.7777ns
V. Bloc	2	4387.1111ns
V. résiduelle	5	3172.111
Cv (%)	/	27.958

Etude des valeurs moyennes :

L'étude de valeurs moyennes avec le test Fisher (LSD) montre que la supériorité de traitement TCS (ou TM) avec une valeur moyenne de 275% suivi par le semis direct SD (groupe intermédiaire) avec une valeur moyenne de 190 et en dernière position on trouve le traitement TC avec 139.33 comme un taux moyen (tableau 6) et (figure 19).

Tableau 6 : Analyse statistique des nombre de plantes par mètre carré

Modes de culture	NP M ²
SD	190.00 AB
TCS	275.00 A
TC	139.33 B
LSD	127.68

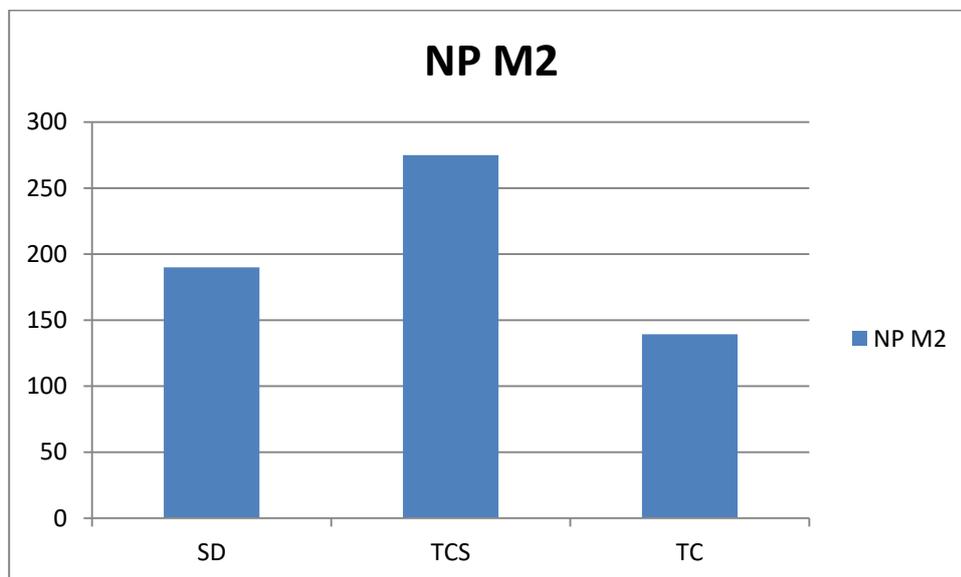


Figure 19: Effet de technologie culturale le nombre de plantes levées/ m².

5. Nombre de talles

Par technologie culturale, on remarque selon les histogrammes de la figure n°20 des variations notables. Le nombre de talles le plus élevé est enregistré en travail conventionnel avec une moyenne de 6.33 T/P, suivi par la technique culturale simplifiée (5,33T/P) et enfin le semis direct avec 4T/P comme une moyenne.

L'écart entre le nombre le plus élevée (TC) et la plus petite (SD) est de (2,33).

Tableau 7 : Analyse statistique des nombre de talles par mètre carré.

Modes de culture	NT
SD	4.0000 B
TCS	5.3333 AB
TC	6.3333 A
LSD	1.9993

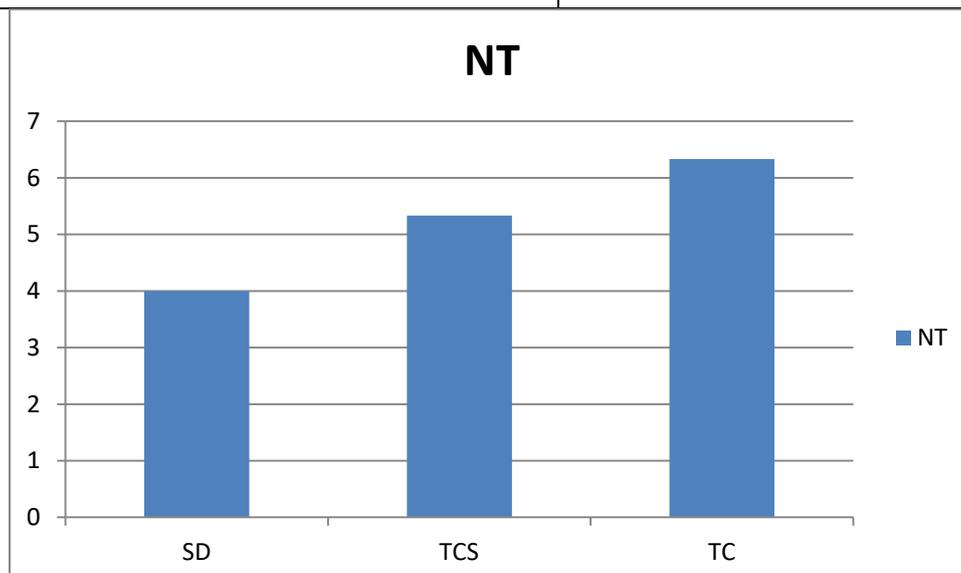


Figure 20: l'effet de technique culturale sur le nombre talle.

2. La culture de Pois fourrager

1. L'humidité de sol

L'analyse de la variance n'affiche aucune différence entre les trois modes de conduites culturales, ni pour les profondeurs (tableau 8).

Tableau 8: carres moyen de l'humidité de sol

Sources de variations	Ddl	D1	D2	D3	D4	D5
V. T	17					
V. Mode	2	951124.182ns	0.4898ns	0.2650ns	0.5730ns	0.0109ns
V. Profondeurs	1	955224.598ns	0.3068ns	1.0416ns	0.1720ns	0.00008ns
V. Bloc	2	952800.556ns	2.5142*	3.2949*	0.0674ns	0.2162ns
V. résiduelle	12	952682.26	0.4533	0.5571	0.4519	0.0792
Cv (%)	/	360.099	1.518	1.647	1.418	0.567

Etude des valeurs moyennes :

L'étude de valeurs moyennes avec le test Fisher (LSD) présenté dans le tableau 8 et la Figure 21 montre qu'il n'existe aucune différence significative entre les trois modes de cultures.

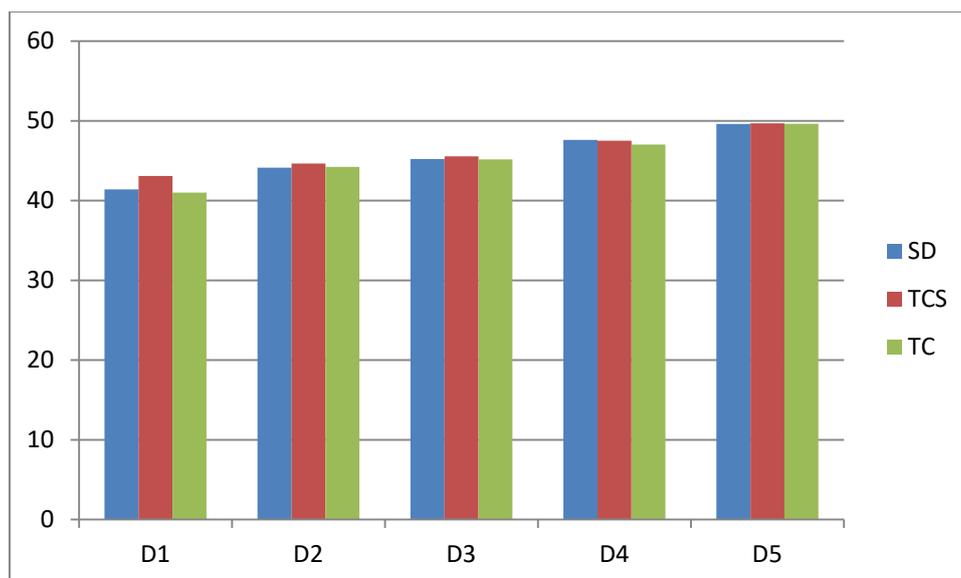


Figure 21: Evolution de l'humidité pondérale dans le sol .

2. La densité apparente

L'analyse de la densité apparente du sol a montré des résultats variés entre les techniques culturales.

En surface, la moyenne de l'essai en densité apparente du sol s'élève à $1,0522 \text{ g/cm}^3$, dont la technique culturale simplifiée arrive en premier ($1,0730 \text{ g/cm}^3$), suivi par le semis direct ($1,0567 \text{ g/cm}^3$), en dernière position le travail conventionnel avec ($1,0270 \text{ g/cm}^3$) comme le montre la figure n°22.

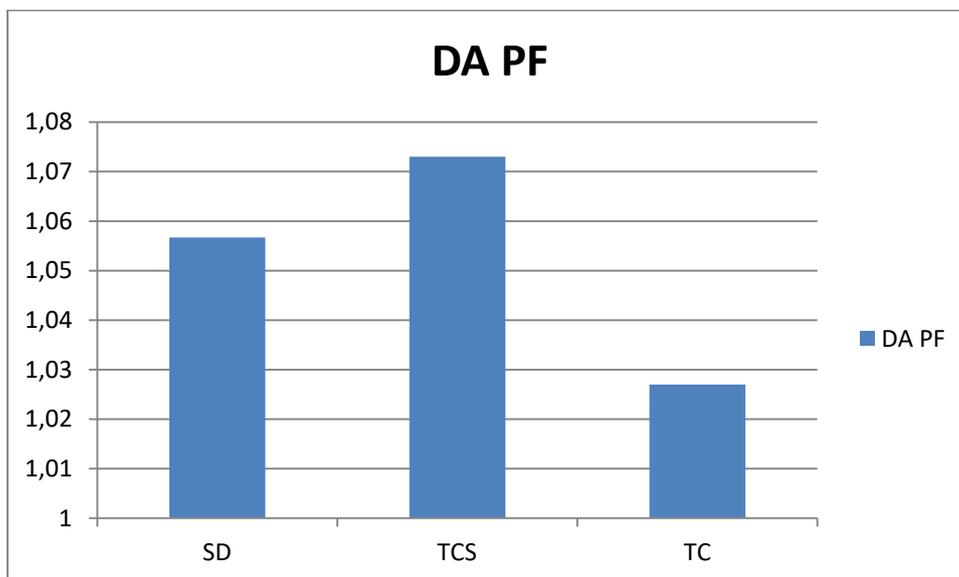


Figure 22 : L'effet de technologie culturale sur la densité apparente en profondeur.

3. Résistance pénétrométrique du sol: R (N/cm²)

Par technique culturale, La technique culturale simplifiée (TCS) est le premier, suivi par le semis direct (SD), et le travail conventionnel (TC) en dernier comme le montre le tableau n° 9.

Tableau 9 : carres moyen de resistance pénétrométrique de la culture de pois fourrager.

Modes de culture	RP
SD	347.22 AB
TCS	533.33 A
TC	254.67 B
LSD	196.75

Par profondeur, la résistance pénétrométrique du sol est fonction de la profondeur du sol. On trouve en premier : La profondeur: 05-10 cm (381.67N/cm²), suivie par la profondeur 00-05 (379.44N/cm²), et enfin la profondeur 10-15 cm (374.11N/cm²) comme le montre la figure n°23.

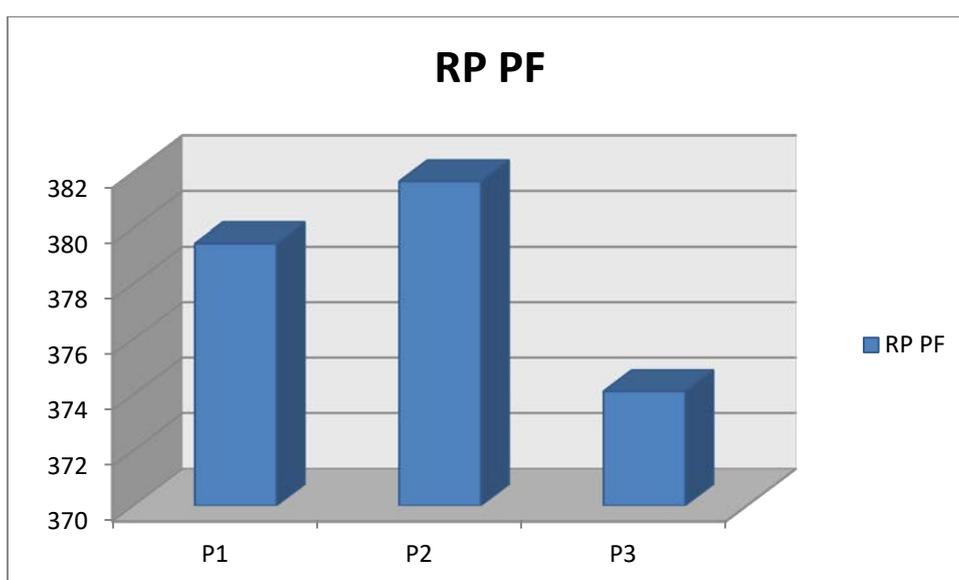


Figure 23: Effet de technique culturale sur la résistance au pénétromètre par profondeur.

4. Peuplement à la levée (Nombre de plants levés par m²)

L'analyse de la variance affiche une différence significative entre les trois modes de conduite culturales et n'affiche aucune différence entre les blocs (tableau 10).

Tableau 10: carres moyen de nombre de plantes par mètre carré de la culture de pois fourrager.

Sources de variations	ddl	NP M2 PF (/cm ³)
V. T	9	
V. Mode	2	6102.7777*
V. Bloc	2	2586.1111ns
V. résiduelle	5	756.9444
Cv (%)	/	11.847

Etude des valeurs moyennes :

L'étude de valeurs moyennes avec le test Fisher (LSD) montre que la supériorité de traitement TCS (ou TM) avec une valeur moyenne de 281,67 suivi par le semis direct SD (groupe intermédiaire) avec une valeur moyenne de 221,67 et en dernière position on trouve le traitement TC avec 193,33 comme un taux moyen tableau 11 et figure 24.

Tableau 11 : valeurs moyennes de nombre de plantes par mètre carré

Modes de culture	NP M ²
SD	221.67 AB
TCS	281.67 A
TC	193.33 B
LSD	62.37

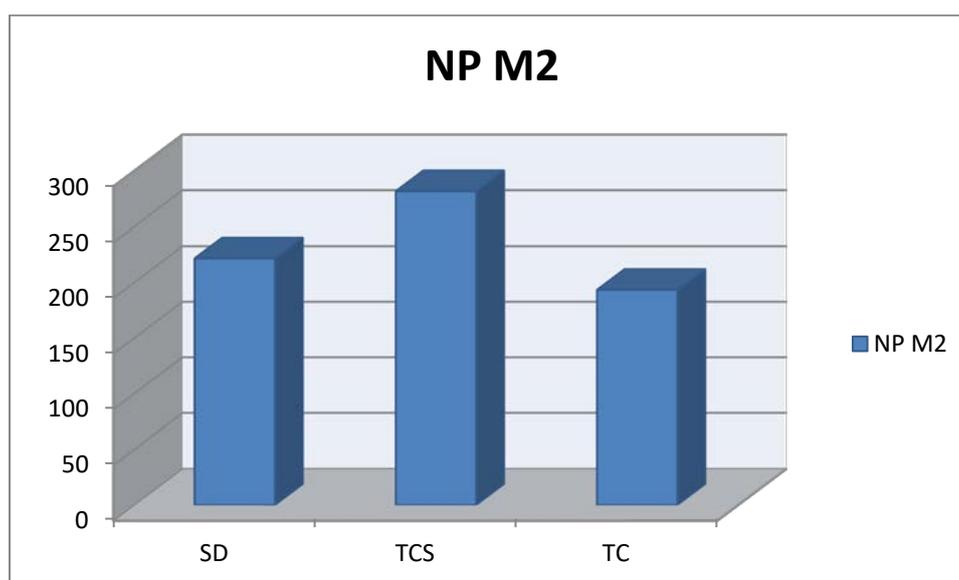


Figure 24: Effet de technologie culturale le nombre de plantes levées/ m².

5. Nombre de ramifications.

Par technologie culturale, on remarque selon les histogrammes de la figure n°25 le nombre de ramifications le plus élevé est enregistré en travail conventionnel et la technique culturale simplifiée avec une moyenne de 4,6667 T/P, suivi par le semis direct avec 4T/P comme une moyenne.

L'écart entre le nombre le plus élevée (TC) et la plus petite (SD) est de (0,6667).

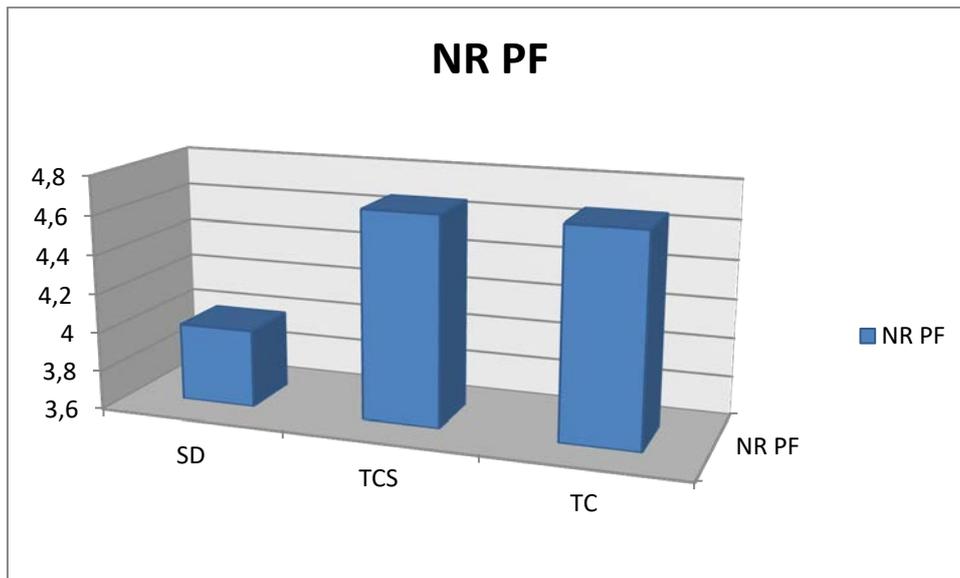


Figure 25: l'effet de technique culturale sur le nombre ramifications.

Etude des corrélations entre paires caractères.

L'études des corrélations entre paires caractères étudiées montre qu'il y a une corrélation significative et positive entre le nombre de plantes par mètre carré de pois fourrager et le nombre de plantes par mètre carré de blé dur ($r=0.913$) (tableau n° 12).

Ainsi, une corrélation significative et positive entre le nombre de plantes par mètre carré de pois fourrager et l'humidité de la deuxième date pour le pois fourrager ($r=0.698$).

Une corrélation significative et positive entre l'humidité de la deuxième date de pois fourrager et la troisième date de pois fourrager ($r=0.965$) et la quatrième date de se dernier ($r=0.796$), et entre la troisième et la quatrième date d'humidité de pois fourrager ($r=0.755$)

Une corrélation significative et positive entre l'humidité de la deuxième date de blé dur et la troisième de se dernier ($r=0.970$) et entre la troisième et la cinquième dates de blé dur ($r=0.701$)

L'étude des corrélations entre paires caractères étudiées montre qu'il y a une corrélation significative et négative entre la résistance pénétrométrique de blé dur et la deuxième date de pois fourrager ($r=0.771$) et la quatrième date de pois fourrager ($r=0.760$)

Tableau 12 : Matrice des corrélations entre paires caractères étudiés.

Corrélations																
	NP M ² B	NPM ² PF	NT B	NR PF	RP B	RP PF	D1 P	D2 P	D3 P	D4 P	D5 P	D1 B	D2 B	D3 B	D4 B	D5 B
NPM ² B	1	.913**														
NPM ² PF	0,913**	1														
NT B	0,081	-0,189	1													
NR PF	0,264	-0,015	0,614	1												
RP B	-0,454	-0,425	-0,203	0,109	1											
RP PF	0,162	0,302	-0,306	0,146	0,452	1										
D1P	-0,313	-0,503	0,582	0,434	0,224	0,165	1									
D2P	0,632	.698*	0,009	-0,217	.771*	0,106	-0,243	1								
D3P	0,576	0,634	-0,043	-0,214	-0,632	0,224	-0,198	.965**	1							
D4P	0,243	0,204	0,448	-0,035	.760*	-0,144	0,135	.796*	.755*	1						
D5P	-0,105	-0,107	-0,067	0,110	0,463	0,044	-0,287	-0,445	-0,483	-0,396	1					
D1B	0,416	0,443	-0,070	0,395	-0,342	0,445	-0,157	0,507	0,538	0,381	-0,177	1				
D2B	0,226	0,053	0,040	0,666	0,563	0,390	0,098	-0,403	-0,263	-0,538	0,174	0,231	1			
D3B	0,110	-0,077	0,005	0,643	0,657	0,385	0,209	-0,539	-0,407	-0,642	0,225	0,103	.970**	1		
D4B	0,090	0,274	-0,609	0,028	0,235	0,573	-0,479	0,005	0,037	-0,259	0,471	0,595	0,249	0,226	1	
D5B	0,046	-0,191	0,234	0,423	0,436	0,188	0,627	-0,365	-0,249	-0,374	-0,294	-0,261	0,620	.701*	-0,422	1

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).
 * . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

Conclusion

On rappelle, l'objectif de notre travail basé sur l'étude comparative de quatre différents modes de travail du sol, à savoir le travail conventionnel (TC), technique culturale simplifiée (TCS) et deux types de semis direct à disque et à dent (SD).

à propos, les résultats d'étude obtenus dans des conditions climatiques difficiles, de la campagne agricole -2022_2023- considérée comme sèche (la sécheresse). puis l'analyse de l'évolution des leurs effets sur différentes paramètres : l'humidité du sol, la résistance pénétrométrique, la densité apparente, le nombre de plants par m² et le nombre de talles.

Les résultats de cette étude montrent que les techniques culturales simplifiées et les techniques semis direct ont montrés des effets positifs sur la plus part des paramètres mesurés comparativement au travail conventionnel pendant l'essai.

La mesure de taux d'humidités du sol en fonction du cycle cultural montre que les techniques de non labour respectivement (les semis direct suivi par la technique culturale simplifiée) ont accumulée plus d'eau (41.16% et 40,88%), suivi par le travail conventionnel avec (40,425%). Les techniques non labour a modifiées certains propriétés du sol, le sol se réchauffant de façon lente et présentant une quantité d'eau élevé comparativement avec des sols travaillés en labour.

Pour la résistance pénétrométrique du sol a été très supérieure dans les sols menés en travail culturale simplifiée (307 N/ cm²) suivi par le semis direct (247 N/ cm²) et en dernière ceux menés en travail conventionnelle avec (233 N/ cm²) ; et aussi plus on augmente la profondeur, la résistance pénétrométrique augmente.

La densité apparente du sol a été plus élevée dans la technique culturale simplifiée (1.145 g/ cm³) en deuxième le semis direct (1.128 g/ cm³) suivi par le travail du labour (1.039 g/ cm³) Les techniques du non labour (TCS, SD) améliore la densité apparente qui bonifier la capacité de rétention en eau du sol.

L'analyse physiologique et agronomique présente des effets positifs du techniques culturale simplifiée (TCS) sur le nombre de plants levés par m² avec (275 plants / m²) , le semis direct (SD) détient la deuxième place avec (190 plants / m²) , et puis le travail conventionnelle (TC) avec (139.33 plants / m²) . Et pour le nombre de talles par mètre carré le travail conventionnelle est la meilleur par rapport le travail minimum et semis direct.

Ce travail nécessite une continuité pour mieux détermination des points positifs et négatifs du non labour avant de l'adopter comme alternative aux techniques traditionnelle.

L'étude sera poursuivie sur plusieurs années pour connaître mieux l'effet de chaque technique du travail du sol et l'évolution de ses paramètres.

Résumé

Résumé

L'objectif de notre travail est de comparer l'effet des différentes technologies de travail du sol: le semis direct, la technique culturale simplifiée et le travail conventionnel sur la comportement de blé dur et sa précédent (pois fourrager) Dans le but d'évaluer la meilleure technique de point de vu agronomique.

L'expérimentation a été réalisée au cours de la campagne agricole 2022/2023, au niveau de l'Institut Technique de Grandes Cultures (ITGC) de Sétif. Les résultats obtenus montre que le semis direct (SD) emmagasine plus d'eau et présente une stabilité structurale.

Le travail cultural simplifié (TCS) montre des effets positifs sur la plupart des paramètres étudiée. (TCS) a donné la meilleure densité apparente, la meilleure résistance pénétrométrique et la meilleur Peuplement à la levée.

Par contre le nombre de talles est très élevée sous travail du sol conventionnel (TC). Ce dernier présente le moindre effet sur les paramètres comparativement avec les techniques non labour.

Mots-clés: semis direct, la technique culturale simplifiée, le travail conventionnel, blé dur, résistance pénétrométrique, densité apparente.

Summary

The objective of our work is to compare the effect of different tillage technologies: direct sowing , simplified cultivation technique and conventional work on durum wheat production and its predecessor (feed peas) In order to evaluate the best technique from an agronomic point of view.

The experiment was carried out during the 2022/2023 crop year, at the level of the Technical Institute of Field Crops (ITGC) in Sétif. The results obtained show that the direct seeding (SD) store more water and has structural stability. The simplified cultivation work (TCS) shows positive effects on most of the parameters studied. (TCS) gave the best apparent density, the best penetrometric resistance and the best Stand at lifting.

On the other hand, the number of tillers is very high under conventional tillage (TC). The latter has the least effect on the parameters compared with non-plowing techniques.

Keywords: direct sowing, simplified cultivation technique, conventional work, durum wheat, penetrometric resistance, apparent density.

ملخص

وتقنية الزراعة المبسطة والعمل التقليدي على إنتاج القمح القاسي ,الهدف من عملنا هو مقارنة تأثير تقنيات الحرث المختلفة البذر المباشر وسابقه (البازلاء العلفية) من أجل تقييم أفضل تقنية من وجهة نظر زراعية

أجريت التجربة خلال العام المحصولي 2023/2022 ، على مستوى المعهد الفني للمحاصيل الحقلية في سطيف. وتظهر النتائج التي تم الحصول عليها أن البذر المباشر له القدرة على تخزين المزيد من المياه وله الاستقرار الهيكلي. تظهر أعمال الزراعة المبسطة تأثيرات إيجابية على معظم المعلمات التي تمت دراستها. هذا الأخير أعطى أفضل كثافة وواضحة وأفضل مقاومة اختراق وأفضل معدل لعدد النباتات في المتر المربع. من ناحية أخرى فإن عدد الشتلات مرتفع جدا تحت تأثير الحرث التقليدي هذا الأخير له أقل تأثير على المعلمات مقارنة بتقنيات عدم الحرث

الكلمات المفتاحية: البذر المباشر ، تقنية الزراعة المبسطة ، العمل التقليدي ، القمح القاسي ، مقاومة الاختراق ، الكثافة الظاهرة.

Références Bibliographiques

- **Arshad, M. A., Franzluebbbers, A. J. & Azooz, R. H. 1999.** Components of surface soil structure under conventional and no-tillage in northwestern Canada. *Soil & Tillage Research*, 53, 41-47.
- **Baize D., 2000.** Guide des analyses en pédologie, Paris.
- **Baumhardt, R. L. & Jones, O. R. 2002.** Residue management and tillage effects on soil water storage and grain yield of dry land wheat and sorghum for a clay loam in Texas. *Soil & Tillage Research*, 68, 71-82.
- **Bhattacharyya, R., Prakash, V., Kundu, S. & Gupta, H. S. 2006.** Effect of tillage and crop rotations on pore size distribution and soil hydraulic conductivity in sandy clay loam soil of the Indian Himalayas. *Soil & Tillage Research*, 86, 129-140.
- **Chenafi, H., Aïdaoui, A., Bouzerzour, H., & Saci, A., 2006.** Yield response of durum wheat (*Triticum durum*, Desf) cultivar Waha to deficit irrigation under semiarid growth conditions. *Asian Journal of Plant Science*, 5, 854-860.
- Kribaa M., V. Hallaire, P. Curmi, R. Lahmar. 2001. Effect of various cultivation methods on the structure and hydraulic properties of a soil in a semi-arid climate. *Soil Till Res* 2001 ; 60 : 43- 53.
- **Dao, T. H. 1993.** Tillage and winter wheat residue management effects on water infiltration and storage. *Soil Science Society of America Journal*, 57, 1586-1595.
- **Fortas B., Mekhlouf A., Hamsi K., Boudiar R., Laouar .A.M., Djaidjaa Z., 2013,** Impacts des techniques culturales sur le comportement physique du sol et la culture du blé dur (*Triticum durum* Desf.) sous les conditions semi-aride de la région de Sétif. Université Ferhat Abbas Sétif1.
- **Guérif, J. 1994.** Influence de la simplification du travail du sol sur l'état structural des horizons de surface : conséquences sur leurs propriétés physiques et leurs comportements mécaniques. In Monnier, G., Thevenet, G., Lesaffre, B. (eds.), *Simplification du travail du sol*, Vol. 65, INRA éditions, Paris (France), pp. 13-33.
- **KARAKAS A.(2011)** Motivational Attitudes of ELT Students towards Using Computers for Writing and Communication. *The Journal of Teaching English with Technology*, 11(3), PP:37-53
- **Mrabet R., EH. Bourarach. 2001.** Le semis direct : une technologie avancée pour une agriculture durable au Maroc. *PNTTA* 76 : P 3-9.
- **Nouiri I., M'hedbi K., Ben Hammouda M., Kammassi M., Neit El Arbi S., Ali Hannachi M., Guesmi L., Mannai C. et Hajji S., 2004.** Étude comparative de l'humidité des horizons du sol entre le

semis direct et le semis conventionnel. Dans : Actes des deuxièmes rencontres méditerranéennes sur le semis direct.

- **Tebrügge, F. & Düring, R. A. 1999.** Reducing tillage intensity - a review of results from a long-term study in Germany. *Soil & Tillage Research*, 53, 15-28.

Annexes

Annexe 1 : valeurs de l'humidité de sol de la culture de pois fourrager

Blocs	modes	prof	D1	D2	D3	D4	D5
B1	TC	P1	40,27	43,64	44,23	46,89	49,31
B1	TC	P2	41,16	43,83	44,68	47,48	49,39

B1	SD	P1	40,54	43,22	44,32	48,61	49,15
B1	SD	P2	41,51	43,88	45,12	47,54	49,52
B1	TM	P1	40,23	43,78	44,34	46,4	49,96
B1	TM	P2	41,18	43,16	44,02	47,26	49,27
B2	TM	P1	39,92	43,92	44,78	48,15	49,28
B2	TM	P2	41,82	45,66	46,29	48,21	49,69
B2	TC	P1	40,92	45,06	46,18	47,51	50
B2	TC	P2	41,82	44,9	45,87	46,8	49,59
B2	SD	P1	40,74	43,99	44,83	47,17	49,87
B2	SD	P2	41,78	44,52	46,11	47,12	50
B3	TM	P1	40,35	45,22	46,34	46,68	50
B3	TM	P2	41,07	46,2	47,51	48,32	50
B3	TC	P1	40,46	44,29	45,38	46,73	49,74
B3	TC	P2	41,17	43,59	44,65	46,76	49,76
B3	SD	P1	42,75	44,69	45,18	47,4	49,53
B3	SD	P2	41,06	44,42	45,66	47,81	49,66

Annexe 2 : valeurs de l'humidité de sol de la culture de blé dur

Blocs	modes	prof	D1	D2	D3	D4	D5
B1	TC	P1	40,27	43,64	44,23	46,89	49,31
B1	TC	P2	41,16	43,83	44,68	47,48	49,39

B1	SD	P1	40,54	43,22	44,32	48,61	49,15
B1	SD	P2	41,51	43,88	45,12	47,54	49,52
B1	TM	P1	40,23	43,78	44,34	46,4	49,96
B1	TM	P2	41,18	43,16	44,02	47,26	49,27
B2	TM	P1	39,92	43,92	44,78	48,15	49,28
B2	TM	P2	41,82	45,66	46,29	48,21	49,69
B2	TC	P1	40,92	45,06	46,18	47,51	50
B2	TC	P2	41,82	44,9	45,87	46,8	49,59
B2	SD	P1	40,74	43,99	44,83	47,17	49,87
B2	SD	P2	41,78	44,52	46,11	47,12	50
B3	TM	P1	40,35	45,22	46,34	46,68	50
B3	TM	P2	41,07	46,2	47,51	48,32	50
B3	TC	P1	40,46	44,29	45,38	46,73	49,74
B3	TC	P2	41,17	43,59	44,65	46,76	49,76
B3	SD	P1	42,75	44,69	45,18	47,4	49,53
B3	SD	P2	41,06	44,42	45,66	47,81	49,66

Annexe 3 : tableau des valeurs moyennes.

Blocs	MODES	NPM ² B	NPM ² PF	NT B	NR PF	RP B	RP PF	Da B	Da PF
-------	-------	-----------------------	---------------------	---------	----------	------	-------	------	-------

B1	TC	200,00	210,00	5,00	4,00	143,33	105,00	0,9483	0,9717
B1	SD	170,00	180,00	4,00	4,00	368,33	436,67	1,09	1,0528
B1	TM	285,00	280,00	6,00	4,00	186,67	418,33	1,1231	0,9317
B2	TM	280,00	265,00	5,00	5,00	196,67	528,33	1,1588	1,0501
B2	TC	195,00	150,00	7,00	5,00	444,00	376,67	1,1185	0,9764
B2	SD	210,00	210,00	4,00	4,00	328,33	397,33	1,1621	0,9833
B3	SD	190,00	275,00	4,00	4,00	450,00	456,67	1,1309	1,1341
B3	TM	260,00	300,00	5,00	5,00	415,00	435,00	1,1547	1,2372
B3	TC	23,00	220,00	7,00	5,00	225,00	251,67	1,0491	1,1329

Annexe 4 : les mesures de la resistance pénétrométrique de blé dur.

Blocs	modes	prof	Rp B
--------------	--------------	-------------	-------------

B1	TC	P1	80
B1	TC	P2	160
B1	TC	P3	190
B1	SD	P1	110
B1	SD	P2	430
B1	SD	P3	565
B1	TM	P1	90
B1	TM	P2	160
B1	TM	P3	310
B2	TC	P1	190
B2	TC	P2	220
B2	TC	P3	270
B2	SD	P1	160
B2	SD	P2	180
B2	SD	P3	180
B2	TM	P1	310
B2	TM	P2	310
B2	TM	P3	355
B3	TC	P1	430
B3	TC	P2	560
B3	TC	P3	650
B3	SD	P1	470
B3	SD	P2	565
B3	SD	P3	650
B3	TM	P1	520
B3	TM	P2	640
B3	TM	P3	655

Annexe 5 : les mesures de la resistance pénétrométrique de pois fourrager.

Blocs	modes	prof	Rp B	Rp PF
--------------	--------------	-------------	-------------	--------------

B1	TC	P1	80	180
B1	TC	P2	160	470
B1	TC	P3	190	660
B1	SD	P1	110	80
B1	SD	P2	430	85
B1	SD	P3	565	150
B1	TM	P1	90	200
B1	TM	P2	160	445
B1	TM	P3	310	610
B2	TC	P1	190	250
B2	TC	P2	220	65
B2	TC	P3	270	202
B2	SD	P1	160	655
B2	SD	P2	180	420
B2	SD	P3	180	485
B2	TM	P1	310	680
B2	TM	P2	310	645
B2	TM	P3	355	505
B3	TC	P1	430	240
B3	TC	P2	560	125
B3	TC	P3	650	100
B3	SD	P1	470	520
B3	SD	P2	565	500
B3	SD	P3	650	230
B3	TM	P1	520	610
B3	TM	P2	640	680
B3	TM	P3	655	425