

Faculté Des Sciences

FILIERE : Sciences Agronomiques

N°:.....



DOMAINE : Sciences de la Nature de vie

Départements Des Sciences Agronomiques

OPTION : Production Végétale

Mémoire présenté pour l'obtention

Du diplôme de Master Académique

Thème

**Effets des itinéraires techniques sur le  
comportement du sol et la culture de blé dur  
(*Triticum durum* Desf.) en zone semi-aride.  
Cas de la région de Sétif**

**Présenté par :**

M<sup>lle</sup> KHAOUI Khadidja

M<sup>lle</sup> MEROUCHE Rahma

**Soutenu devant le jury composé de:**

Mr BAA Abdelhamid

MCB

Université de M'sila

Président

Mr BENNIOU Ramdane

Prof

Université de M'sila

Rapporteur

Mr TORCHIT Nadir

MAA

Université de M'sila

Examineur

Mr BELGUET Haroun

Ingénieur

ITGC. Station de Sétif

Invité

## REMERCIEMENTS

*Tout d'abord louange à Allah qui nous a guidé sur le droit chemin tout au long de ce travail et nous a donné la santé d'accomplir ce modeste travail.*

*Au terme de ce travail, on remercie vivement notre Promoteur*

***Professeur BENNIOU Ramdane***

*Qui nous a orienté pour la réalisation de ce travail, on tient également à lui exprimer notre grand respect.*

*Nos remerciements vont aussi à :*

*Monsieur Baa Abdelhamid, maitre de conférences à l'université Mohamed Boudiaf-M'sila, d'avoir accepté de présider le jury.*

*Monsieur Torchit Nadir, enseignant à l'université Mohamed Boudiaf-M'sila d'avoir accepté d'examiner et de juger notre modeste travail.*

*Nos remerciements les plus chaleureux à monsieur le Directeur et à tous les cadres de l'ITGC de Sétif sans oublier l'ingénieur Belguet Haroun, qui nous accompagné durant toute la réalisation de notre travail.*

*Nos remerciements vont aussi à Monsieur le Directeur de l'ITMA de Sétif.*

*Nos remerciements vont aussi à tous les enseignants et étudiants de département des sciences agronomiques.*

*Nos remerciements vont aussi à notre chère doctorantes LABAD Ryma, CHOUTER Assya et ELABADI Oum-El-Khier.*

*Enfin à tous ceux qui ont de près ou de loin contribué à la réalisation de ce travail et soucieux de notre réussite.*

***Merci a tout***

# DEDICACE

*Je dédie ce travail à :*

*A ma chère Maman **Zahiya** Tu m'as donné la vie, la tendresse et le courage pour réussir. Tout ce que je peux t'offrir ne pourra exprimer l'amour et la reconnaissance que je te porte. En témoignage, je t'offre ce modeste travail pour te remercier pour tes sacrifices et pour l'affection que tu m'as toujours donné*

*A mon Papa **Abd ELhakim** , L'épaule solide, Paeil attentif compréhensif et la personne la plus digne de mon estime et de mon respect. Aucune dédicace ne serait exprimer mes sentiments, toi qui m'as toujours encouragé à aller de l'avant et à croire à mes ambitions et ma réussite. Papa, Maman que dieu vous préserve et vous procure santé et longue vie.*

*A mes très chers frères **Yakoub** , **Zakarai** et **Alaa elddine** pour leurs amitié, leurs aide, leurs soutien, leurs disponibilité.*

*A mon encadreur, Merci pour votre confiance et votre patience Pr. **Bennoui Ramdane** qui m'a honoré en acceptant de diriger ce travail. Je lui exprime ici mes sentiments et mes reconnaissances les plus sincères pour sa qualité humaine, ces aides, ses encouragements et ses conseils.*

*A toute ma Famille*

*A toutes mes amies **Amira** , **Kholoud** , **Manel** , **Iness** et **Ryma** surtout les plus proches **Layla** , **Meriem** et **Mey** A mon binôme **Rahma***

*A tous les amis d'études surtout ceux Agronomes*

**Promotion 2018/2019**

*A tous ceux que j'aime et qui m'aiment.*

*A tous ceux qui connaissent **Khadidja***

*A tous ceux qui ont fait de moi ce que je suis aujourd'hui*

**KHAOUI Khadidja**

# *DEDICACE*

*Je dédie ce mémoire à :*

*Ma mère, qui a œuvré pour ma réussite, de part son amour, son soutien, tous les sacrifices consentis et ses précieux conseils, pour toute son assistance et sa présence dans ma vie, reçois à travers ce travail aussi modeste soit-il, l'expression de mes sentiments et de mon éternelle gratitude.*

*Mon père, qui peut être fier et trouver ici le résultat de longues années de sacrifices et de privations pour m'aider à avancer dans la vie. Puisse Dieu faire en sorte que ce travail porte son fruit ; Merci pour les valeurs nobles, l'éducation et le soutien permanent venu de toi.*

*A mes chères sœurs **Hiba ,Ahlam,Omaïma** ,pour leurs encouragements permanents, et leurs soutien moral. A toute ma famille : ma grande mère, mes tantes qui ne sont pas de ce monde mais qui reste toujours dans mon cœurs.*

*Mes cousins et mes cousines pour leur soutien tout au long de mon parcours universitaire,*

*A mes amies : **Hadjer, Manar, Ichrek**, qui n'a cessé d'être pour moi un exemple de persévérance, de courage et de générosité*

*A mon binôme **Khadidja**. A mes collègues de production végétale  
2018/2019*

*Merrouche rahma*

## Liste des abréviations

**AC** : Agriculture de Conservation  
**CDSR-AN** : Centre de développement sous régional pour l'Afrique du Nord.  
**Cm** : Centimètre  
**Cm<sup>2</sup>** : Centimètre carré  
**Cm<sup>3</sup>** : Centimètre cube  
**CV** : Coefficient de variation  
**Da** : Densité apparent  
**DDL** : Degré De Liberté  
**ET** : écart type  
**EUE** : Efficience d'Utilisation de l'Eau  
**FAO** : Food and Agricultural Organisation (organisation de l'alimentation et de l'agriculture)  
**g** : gramme  
**H%** : Taux d'humidité  
**ha** : hectare  
**ICARDA** : international center of agricultural research in the dry area  
**IR**: indice de récolte  
**ITGC** : Institut Technique des Grandes Cultures  
**K** : potassium  
**Kcl** : chlorure de potassium  
**Kg** : kilogramme  
**M** : Mètre  
**M<sup>2</sup>** : mètre carré  
**MADR** : Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural  
**Mg** : Magnésium  
**ML** : Mètre Linéaire  
**mm** : millimètre  
**mmhos/ cm** : Millimhos par centimeter  
**MO** : Matière Organique  
**N** : azote  
**NE** : Nombre d'Epis  
**NGE** : Nombre de Grains par Epi  
**ONM** : Office National de Météorologie  
**P**: phosphore  
**Prof** :profondeur  
**PF** : Poids Frais  
**pH** : potentiel hydrogène  
**PMG** : Poids de Mille Grain  
**PS** : Poids Sec  
**Pt**: poids turgide  
**q** : quintaux  
**Rdt** : rendement théorique  
**RdtR** : Rendement Réel  
**Rp** : résistance pénétrométrique  
**S** : seconde  
**SAU** : Superficie Agricole Utile  
**SPAD** : Soil And Plant Analyze Developments  
**SD** : Semis Direct  
**SDD** : semis direct à disque.  
**SDT** : semis direct à dent.  
**SCE** : somme des carrés des écarts  
**T** : tonne  
**T (°C)** : température : degré Celsius  
**T max** : Température maximale  
**T min** : Température minimale

**T moy** : Température moyenne  
**TC** : travail conventionnel  
**TCS** : Technique Culturelle Simplifiée  
**TM** : travail minimum  
**TRE** : Teneur Relative en Eau  
**U** : unité  
**V** : Volume

# Liste des tableaux

	<b>page</b>
<b>Tableau 01:</b> évolution de la superficie, la production et le rendement de blé dur en Algérie.	04
<b>Tableau 02:</b> les principales wilayas productrices de blé dur en Algérie.	05
<b>Tableau 03 :</b> Relevée des températures mensuelle de la campagne agricole 2018-2019.	24
<b>Tableau 04 :</b> pluviométrie mensuelle durant la campagne agricole 2018-2019	24
<b>Tableau 05:</b> Nombre de jours gelés durant la campagne agricole 2018-2019	25
<b>Tableau 06 :</b> vitesse de vents mensuels durant la campagne agricole 2018-2019	25
<b>Tableau 07:</b> fertilisation azotée de l'essai.	28
<b>Tableau 08:</b> opération de désherbage chimique de l'essai par technique.	29
<b>Tableau 09:</b> Propriétés physico-chimiques du sol de la parcelle expérimentale.	41
<b>Tableau 10:</b> moyennes des résidus de cultures par traitement (T/ha).	53
<b>Tableau 11:</b> Evaluation des adventices par traitement et par famille au stade tallage en nombre de plantes/m <sup>2</sup> .	55
<b>Tableau 12:</b> Analyse de la variance du la taille des chaumes (cm).	55
<b>Tableau 13:</b> la longueur des racines par traitement (cm).	57
<b>Tableau 14 :</b> Résultat statistique de la teneur en chlorophylle.	61
<b>Tableau 15:</b> Résultat statistique de La teneur relative en eau (TRE).	62
<b>Tableau 16:</b> Résultat statistique La nombre de plants levés par m <sup>2</sup> .	64
<b>Tableau 17 :</b> Résultat statistique La nombre de talles par m <sup>2</sup> .	65
<b>Tableau 18:</b> Résultat statistique le nombre de graines par épis (NGE).	66
<b>Tableau 19 :</b> Résultat statistique du poids de mille grains.	67
<b>Tableau 20:</b> Résultats statistiques du rendement théorique en grains	68
<b>Tableau 21 :</b> Résultats statistiques du Rendement réelle en grains.	69
<b>Tableau 22 :</b> Résultat des moyennes de la biomasse (T/ ha).	70
<b>Tableau 23 :</b> Résultats des moyennes pour le rendement en paille (T/ ha).	71
<b>Tableau 24:</b> Résultat statistique de l'indice de récolte	73

# Listes des figures

## Pages

<b>Figure 01</b> : cycle de développement du blé	09
<b>Figure 02</b> : Relation système de semis direct, composantes de l'environnement et décisions agricoles	19
<b>Figure 03</b> : Schéma du dispositif expérimental adopté.	27
<b>Figure 04</b> : les étapes de mesure du calcaire total par la méthode du calcimètre de BERNARD.	30
<b>Figure 05</b> : Mesure de la conductivité électrique.	31
<b>Figure 06</b> : Mesure des pH-eau et pH KCl.	31
<b>Figure 07</b> : Les étapes de détermination du taux matière organique dans le sol par la méthode walkely et black.	32
<b>Figure 08</b> : protocole de verre de terre.	33
<b>Figure 09</b> : Résidus de tiges et feuilles de blé après la récolte	34
<b>Figure 10</b> : Mesure de l'humidité de sol.	35
<b>Figure 11</b> : méthode de prélèvement du sol de la densité apparente du sol.	35
<b>Figure 12</b> : Photo représentative de la mesure par pénétromètre.	36
<b>Figure 13</b> : tubes à essai de la teneur relative en eau.	38
<b>Figure 14</b> : Mesure de la teneur en chlorophylle	38
<b>Figure 15</b> : schéma de fixation des stations de notation.	39
<b>Figure 16</b> : teneur en matière organique des techniques culturales (%)	44
<b>Figure 17</b> : le taux de l'humidité pondérale du sol par technique culturale et la profondeur du sol (%).	46
<b>Figure 18</b> : Evolution de taux de l'humidité pondérale dans le sol (profondeur 0-20 cm)	47
<b>Figure 19</b> : Evolution de taux de l'humidité pondérale dans le sol (profondeur 20-40 cm).	47
<b>Figure 20</b> : Effet de technologie culturale sur la résistance au pénétromètre par profondeur.	49
<b>Figure 21</b> : la résistance au pénétromètre (0-5 cm) entre les systèmes de travail du sol.	49
<b>Figure 22</b> : la résistance au pénétromètre (5-10 cm) entre les systèmes de travail du sol	50
<b>Figure 23</b> : la résistance au pénétromètre (10-15 cm) entre les systèmes de travail du sol.	50
<b>Figure 24</b> : l'effet de technologie culturale sur la densité apparente en profondeur (0-5 cm).	52
<b>Figure 25</b> : l'effet de technologie culturale sur la densité apparente en profondeur (5-10 cm).	52
<b>Figure 26</b> : l'effet de technologie culturale sur la densité apparente en profondeur (10-15 cm).	53
<b>Figure 27</b> : Effet de technologie culturale sur la densité apparente en profondeur (0-5 cm ; 5-10 cm ; 10-15 cm).	53
<b>Figure 28</b> : l'effet de technologie culturale sur les résidus de cultures.	55
<b>Figure 29</b> : L'effet de technique culturale sur la taille des chaumes.	57
<b>Figure 30</b> : photos de systèmes racinaires des différents traitements	59
<b>Figure 31</b> : effet de technique culturale sur la longueur des racines.	59
<b>Figure 33</b> : effet de technique culturale sur le nombre des racines.	60
<b>Figure 33</b> : L'effet de technique culturale sur la profondeur de semis.	61
<b>Figure 34</b> : L'effet de technique culturale sur le teneur en chlorophylle.	63
<b>Figure 35</b> : L'effet de technique culturale sur La teneur relative en eau (TRE).	64
<b>Figure 36</b> : Effet de technologie culturale le nombre de plantes levées/ m <sup>2</sup>	66
<b>Figure 37</b> : L'effet de technique culturale sur le nombre de talles par m <sup>2</sup> .	67
<b>Figure 38</b> : Effet de la technique culturale sur le nombre de graines par épis (NGE)	68
<b>Figure 39</b> : Effet de technique culturale sur le PMG.	69
<b>Figure 40</b> : Effet de technique culturale sur le rendement théorique en grains	70
<b>Figure 41</b> : Effet de technique culturale sur de Rendement réelle en grains	71
<b>Figure 42</b> : Effet de technique culturale sur la biomasse.	73
<b>Figure 43</b> : Effet de technique culturale sur de rendement en paille(en T / ha).	74
<b>Figure 44</b> : Effet de technique culturale sur de l'indice de récolte.	75



# Plan de travail

Page

Liste des abréviations	
Liste des tableaux	
Liste des Figures	
Introduction	

## Première partie: Synthèse Bibliographique

### Chapitre I : Généralités sur le blé dur

I.1. Origine du blé dur	03
I.1.1. Classification du blé dur ( <i>Triticum durum</i> Desf.)	03
I.2 Importance de la culture de blé dur	03
I.2.1 Dans le monde.	03
I.2.2 En Algérie.	04
I.2.2.1 Les zone de production des céréales en Algérie.	05
I.3 Cycle de développement du blé	06
I.3.1 Phase végétative.	06
I.3.1.1 Stade germination-levée.	07
I.3.1.2 Stade levée-tallage.	07
I.3.1.3 Stade tallage- montaison.	07
I.3.2 Phase de reproduction.	08
I.3.2.1 Stade d'épiaison.	08
I.3.2.2 Stade floraison-fécondation.	08
I.3.3 Maturation du grain.	09
I.3.3.1 Stade de la maturité laiteuse.	09
I.3.3.2 Stade maturité pâteuse.	09
I.3.3.2 Stade maturité complète.	10
I.4. Exigences de la culture de blé dur.	10
I.4.1 Exigences climatiques.	10
a. Température.	10
b. Humidité.	10
c. Lumière.	11
I.4.2. Exigences édaphiques.	11
I.5. Contraintes de la production de blé en Algérie	11
I.5.1 Contraintes climatiques.	11
A. Stress thermique.	11
B. Stress hydrique.	12
I.5.2. Contraintes édaphiques.	12
I.6. Efficience d'utilisation de l'eau	12
I.6.1 Définitions	12
I.6.2. Amélioration de l'efficience d'utilisation de l'eau	13

### Chapitre II : Synthèse sur les techniques culturales

II.1. Notion sur les itinéraires techniques.	14
II.2. Technique de travail du sol classique.	14
II.2.1 Travail conventionnel.	14
A. Le labour.	14
B. Reprise de labour.	14
C. Préparation de lit de semence.	14
II.2.1.1. Avantages et inconvénients de travail conventionnel.	15
II.2.2. Travail culturales simplifiées.	16

II.2.2.1 Définition.....	16
II.2.2.2 Le principe de la technique culturale simplifiée ou le travail minimum du sol.....	16
II.2.2.3 Avantages et Inconvénients.....	16
II.2.3 Semis direct.....	17
II.2.3.1 Définition.....	17
II.2.3.2 L'objectif du semis direct.....	17
II.2.3.3 Aperçu historique de système de semis direct en Algérie.....	18
II.2.3.4 Types de semis direct.....	18
a. Travail du sol par bondes .....	18
b. Semis en sillons .....	18
c. Travail préliminaire du sol.....	18
d. Billonnage .....	18
II.2.3.5 Avantages et inconvénients de semis direct .....	18
II.2.3.6 Impact du semis direct sur l'environnement .....	19
II.2.3.7 Impact du semis direct sur le sol.....	20
a. Structure du sol .....	20
b. Matière organique .....	21
c. Composante biologique.....	21
II.2.3.8 Impact du semis direct sur le plan agronomique.....	22
A. Adventices .....	22
B. Maladies cryptogamiques .....	22

## Deuxième partie : Etude Expérimentale

### Chapitre I : Matériels et Méthodes

I.1 Objectif de l'étude .....	23
I.2 Description du site expérimental.....	23
I.3 Caractéristiques pédoclimatiques du site.....	23
I.3.1 Conditions climatiques durant la campagne d'étude.....	23
A. Température.....	23
b. Précipitations.....	24
c. gelée.....	24
d. vent .....	25
I.3.2 Analyses physico-chimiques du sol .....	25

### Chapitre II : Mise en place de l'essai

II.1 Matériel végétal utilisé.....	26
II.2 Matériel agricole.....	26
II.3 Dispositif expérimental.....	27
II.4 Itinéraires technique.....	27
II.4.1 Précédent cultural .....	27
II.4.2 Préparation du sol.....	28
A. Semis direct.....	28
B. Travail conventionnel (TC) .....	28
C. technique culturale simplifié (TCS) ou travail minimum (TM).....	28
II.4.3 Mise en place de culture.....	28
II.4.4 Entretien de la culture.....	28
A. Fertilisation du sol.....	28
B. Désherbage.....	29

### Chapitre III : Notations effectuées

III.1 Notations relatives au sol.....	30
III.1.1 Caractéristiques physico-chimiques du sol.....	30
III.1.1.1 Propriété chimiques.....	30
A. Dosage du calcaire total.....	30
B. Calcaire actif.....	30
C. Mesure de la conductivité électrique.....	30
D. Dosage de l'acidité du sol (pH).....	31
III.1.1.2 Propriétés physiques.....	32
A. Dosage de la matière organique.....	32
III.1.1.3 Propriétés biologiques du sol .....	32
A. Les vers de terre.....	33
III.1.2 Les résidus de culture.....	34
III.1.3 L'humidité de sol.....	34
III.1.4 Densité apparente du sol (Masse Volumique).....	35
III.1.5 La résistance pénétrométrique (Rp).....	36
III.1.6 Paramètres de salissement.....	36
III.2 Notations relatives à la culture.....	37
III.2.1 Paramètres morphologiques de la plante .....	37
III.2.1.1 Taille des chaumes.....	37
III.2.1.2 Extension du système racinaire.....	37
III.2.1.3 Profondeur de la semence.....	37
III.2.2 Les paramètres physiologiques.....	37
III.2.2.1 La teneur relative en eau.....	37
III.2.2.2 La teneur en chlorophylle .....	38
III.2.2.3 Caractères agronomiques.....	39
a. Peuplement à la levée.....	39
b. Nombre de talles par m <sup>2</sup> .....	39
C. Composantes de rendements.....	39
C1. Nombre d'épis par mètre carré (NE/ m <sup>2</sup> ).....	39
C2. Nombre de graines par épi (NGE).....	39
C3. Poids de mille grains (PMG).....	39
D. Rendement de la Biomasse.....	40
E. Rendement en paille.....	40
F. Rendement théorique (q/ha).....	40
G. Rendement réel (q/ ha).....	40
K. Indice de récolte.....	40
III.2.3 Traitement statistiques.....	40

### Chapitre IV: Résultats et discussion

IV.1 Paramètres liées au sol.....	41
IV.1.1 Paramètres physico-chimiques du sol.....	41
a. Texture.....	41
b. pH et conductivité électrique .....	41
IV.1.2 Matière organique (MO %).....	41
IV.1.3 Profil hydrique dans le sol.....	43
IV.1.4 Résistance pénétrométrique du sol: R (N/cm <sup>2</sup> ) .....	47
IV.1.5 Densité apparente.....	50
IV.1.2 Paramètres biologiques du sol.....	53
IV.1.2.1 Vers de terre .....	53
IV.1.2.2 Les résidus de cultures.....	53
IV.2 Paramètres de salissement.....	54

IV.2.1 Mauvaises herbes.....	54
IV.3 Paramètres morphologiques de la culture.....	55
IV.3.1 Taille des chaumes (hauteur des tiges).....	55
IV.3.2 Extension du système racinaire.....	56
IV.3.2 .1 Longueur des racines.....	56
IV.3.2.2 Nombre des racines.....	58
IV.3.2.3 Profondeur de la semence .....	59
IV.4 Paramètres physiologiques de la culture.....	60
IV.4.1 Teneur en chlorophylle.....	61
IV.4.2 Teneur relative en eau (TRE).....	62
IV.5 Caractères agronomiques.....	63
IV.5.1 Peuplement à la levée (Nombre de plants levés par m <sup>2</sup> ).....	63
IV.5.2 Nombre de talles par mètre carré.....	64
IV.5.3 Nombre de graines par épis (NGE).....	65
IV.5.4 Poids de mille grains (PMG) .....	66
IV.5.5 Rendement théorique ou calculé de grains (q/ ha).....	67
IV.5.6 Rendement réelle en grains (q/ ha).....	69
IV.5.7 Rendement de la biomasse (T/ ha).....	70
IV.5.8 Rendement en paille (T/ha).....	71
IV.5.9 Indice de récolte.....	72

## **Conclusion**

## **Références bibliographies**

## **Annexe**

## **Introduction**

Le défi majeur des pays nord africains est double, à sa voire assurer une sécurité alimentaire pour une population à fort taux démographique et amortir la dégradation des ressources naturelles. Ces pays ont besoin, plus que jamais de revoir leurs modes d'utilisation des terres pour assurer une sécurité alimentaire et un développement agricole durable (CDSR-AN, 2001).

En Algérie, la sole céréalière, occupe environ 80 % de la superficie agricole utile (SAU) du pays (Djermoun, 2009). Les céréales sont cultivées entre les isohyètes 200 et 800 mm ; elles offrent une production de 20 millions de quintaux moyennant et 7 q/ ha le rendement moyen mondial (FAO, 1997). La production des céréales reste tributaire des facteurs agro-climatiques d'une part et d'autre part des facteurs d'ordre technique comme la rotation, la fertilisation et le travail du sol (Benniou, 2008 ; Abdellaoui *et al.* 2011).

Le déficit hydrique par l'irrégularité des précipitations et la salinité du sol représentent également des limites importantes pour la croissance des plantes et la production agronomique dans les zones méditerranéennes, particulièrement en Algérie (Riah *et al.*, 2014).

Sur le plan agronomique, il existe d'autres facteurs limitant liés au sol et au végétal (Lahmar, 1993). Le faible rendement est principalement attribué à des mauvaises propriétés physiques du sol et à une faible fertilité des sols qui pourrait être dérivée à des pratiques culturales inappropriées appliquées depuis plusieurs années (Habtegebrial *et al.*, 2007). Le labour peut augmenter la résistance du sol et réduire l'aération du sol à des niveaux qui sont critiques pour la croissance des racines (Schjønning et Thomsen, 2013) et entraîne aussi le phénomène d'érosion et la baisse de la biodiversité (Friedrich, 2000).

Nombreux travaux de recherches attirent l'attention sur les conséquences du système conventionnel et soulignent l'intérêt économique, agronomique et le respect de l'environnement qui caractérisent l'agriculture de conservation à travers le semis direct et les techniques culturales simplifiées (Bouzzara *et al.*, 2011). En Algérie, le phénomène de dégradation du sol est visible sur les hautes plaines céréalières, à cause du déficit hydrique, des pratiques culturales inadaptées et de la surexploitation des terres qui ne vont pas avec l'évolution pédoclimatique du milieu (Fortas *et al.*, 2013). Les terres labourées sont sujettes à

la fois à l'érosion et la baisse de la fertilité des sols. Pour limiter ce phénomène le recours aux techniques culturales nouvelles, comme les techniques culturales simplifiées et notamment le semis direct seraient une alternative viable (Radford et *al.*, 2000 ; Abdllaoui et *al.*, 2010 ; Mrabet 2001 et Benniou, 2012). Il s'agit tout simplement de corriger et réparer les erreurs commises par le travail conventionnel.

Dans ce contexte, la problématique de notre travail tourne autour de plusieurs hypothèses et questionnements :

- 1) Sur le plan agro-système, quel est l'intérêt que nous portons à l'agriculture de conservation?
- 2) Est ce qu'on peut améliorer la technique de semis direct et l'intégrer dans le fonctionnement des exploitations agricoles et dans les systèmes de culture ?
- 3) Y-a-t-il un effet de semis direct sur les propriétés physico-chimiques et hydriques du sol, notamment la porosité et la densité du sol, et sur les paramètres physiologiques et agronomiques des cultures ?

C'est dans ce contexte que notre travail se propose d'étudier les possibilités d'amélioration de la production du blé dur (*Triticum durum* Desf.), en tant que culture stratégique à travers quatre techniques de travail du sol : le semis direct à dent, semis direct à disque, technique culturale simplifiée (ou travail minimum) et le semis conventionnel (ou travail conventionnel).

## CHAPITRE I : Généralités sur le blé dur (*Triticum durum* Desf.)

### I.1. Origine du blé dur

#### I.1.1. Classification du blé dur (*Triticum durum* Desf.)

Le blé appartient à la famille des graminées (Gramineae = poaceae), qui comprend plus 10.000 espèces différentes (Mac key, 1978). Plusieurs espèces de ploïdie différentes sont regroupées dans le genre *Triticum* qui est un exemple classique d'allo-polyplôïdie, dont les génomes homéologues dérivent de l'hybridation inter espèces appartenant à la même famille (Levy et Feldman, 2002). Le blé dur (*Triticum turgidum*ssp. *Durum* Desf.) est une espèce allo-tétraploïde (2n=28, AABB) qui a pour origine l'hybridation suivie par un doublement chromosomique entre *Triticum Urartu* (génome AA) et une espèce voisine de *Aegilops speltoides* (génome BB) (Huang et al., 2002). La domestication du blé diploïde s'est produite dans le nord du croissant fertile au proche Orient. Le blé tétraploïde a été domestiqué dans du bassin du Jourdain, plus au sud. Le blé tétraploïde s'est diversifié dans les centres secondaires représentés par les plateaux éthiopiens, le bassin méditerranéen et la Transcaucasie (Levy et Feldman, 2002).

### I.2 Importance de la culture de blé dur

#### I.2.1 Dans le monde

Dans le monde, l'union européenne (principalement l'Italie, l'Espagne et la Grèce) est le plus grand producteur de blé dur, avec une récolte annuelle moyenne de huit million de tonnes métriques (Mouellef, 2010). Le Canada arrive au deuxième rang avec 4,6 millions de tonnes métriques par année, suivi de la Turquie et les Etats-Unis, avec respectivement 4 et 3,5 millions de tonnes métriques (Anonyme, 2008).

De point de vue importance alimentaire, les céréales occupent une place de choix parmi toutes les autres spéculations car elle constitue la base alimentaire qui fournit l'essentiel des apports énergétique et protéiques. En effet, le blé a l'avantage de fournir en abondance des calories sous la forme la moins coûteuse qui soit un kilo de pain fournit plus de 3000 calories, 14% de protéines et de 1 à 2 % de matière grasse assurant ainsi une énergie suffisante pour travailler chaque jour (Maamri et al., 2010).

### I.2.2 En Algérie

En Algérie le blé dur occupe une place très importante vu la superficie consacrée. Selon Cadi *et al.*, (2000), la superficie occupée par la céréaliculture varie de 1 à 2,2 millions d'hectares. Le tableau 1, cité ci-dessous présente l'évolution de la superficie emblavée, la production et le rendement de blé dur en Algérie durant la période 2010-2015. On remarque que la production de blé dur durant cette période n'a pas tellement changé ; elle a passé de 20.385.000 quintaux à 20.199.390 quintaux, soit une baisse de production de 185.610 q. Ceci est expliqué essentiellement par le déficit pluviométrique surtout pendant le stade de remplissage du grain et également, par les mauvaises conditions d'installation de la culture. Ces deux dernières années, la production céréalière en Algérie a connue une augmentation appréciable. En La récolte de la campagne agricole 2018/ 2019 a connu une augmentation soit en céréales toutes espèces confondues soit en blé dur. Selon les déclarations du ministre du commerce «l'Algérie peut se passer de l'importation du blé». «L'Algérie a réalisé une récolte record de 3,9 millions de tonnes sur la campagne 2018/ 2019, soit une hausse de 61% de la production dont 3,15 millions de tonnes de blé dur», soit 81% de la production totale (El-Watan.com, 2019). En 2017/ 2018, la production du blé dur s'élève à 19,9 million de quintaux, contre 13,6 millions de quintaux, soit 46 %.

Parmi les wilayas les plus productives, on note Tebessa, Tiaret, Sétif, Constantine, Mila (tableau 2).

**Tableau 1:** évolution de la superficie, la production et le rendement de blé dur en Algérie (période: 2010- 2015).

Année	Superficie (ha)	Production (q)	Rendement (q/ha)
2010	1.181.774	20.385.000	17,2
2011	1.230.414	21.957.900	17,8
2012	1.342.881	24.071.180	17,9
2013	1.180.332	23.323.694	19,8
2014	1.182.127	18.443.334	15,6
2015	1.314.014	20,199.390	16,0

Source: MADR, (2017)

### I.2.2.1 Les zone de production des céréales en Algérie

La céréaliculture est pratiquée sur une vaste superficie au relief relativement accidenté. Cette superficie est constituée de plaines, de plateaux et de chaîne de montagnes au climat très variable qui va du subhumide, semi-aride à l'aride, avec une présence plus importante dans la frange pluviométrique des 300-400 mm (Feliachi, 2000 ; Abbas et *al.*, 2001 ; Cadi, 2005). Les conditions pédoclimatiques démarquent quatre zones distinctes.

- **Zone potentielle:** située essentiellement dans les plaines littorales et sublittorales et le nord des hauts plateaux, la pluviométrie est souvent supérieure à 400 mm. Dans cette zone, la céréaliculture est pratiquée de manière intensive (zones potentielles).

- **Zone intermédiaire:** localisée principalement au sud des hauts plateaux, la pluviométrie est inférieure à 400 mm, constituant la zone agropastorale où se pratique une céréaliculture de subsistance avec des rendements très bas. La superficie de cette zone est estimée à 1,8 millions d'hectares. (Feliachi, 2000 ; Cadi, 2005).

- **Zone steppique:** où la céréaliculture est pratiquée de manière irrégulière sur 0,3 à 0,8 millions d'hectares, selon les années. Cette zone est à hiver froid, les précipitations enregistrées sont faibles, présentant une grande variabilité interannuelle, de 200 à 300 mm. C'est une zone peu productive, axée essentiellement sur la production de l'orge (Feliachi, 2000 ; Cadi., 2005).

**Tableau 2:** les principales wilayas productrices de blé dur en Algérie.

Année	Wilaya	Superficie (ha)	Production (q)	Rendement (q/ha)
2011	Tébessa	105.000	556.000	05.30
	Tiaret	105.000	1.010.395	09,70
	Sétif	104.512	1.733.000	16.60
2012	Tébessa	91.000	275.000	06.90
	Tiaret	120.249	2.280.600	19.00
	Sétif	104.540	1.479.608	14.20
2013	Tébessa	91.000	141.900	02.10
	Tiaret	110.000	2.127.500	19.50
	Sétif	106.564	1.818.420	17.10
2014	Tébessa	92.000	220.400	11.80
	Tiaret	110.000	1.579.000	16.10
	Sétif	110.989	905.000	09.30
2015	Tébessa	88.000	312.000	04.10
	Tiaret	125.000	1.770.600	16,00
	Sétif	114.958	682.730	07.20

Source: MADR, (2017)

### I.3 Cycle de développement du blé

Le cycle de développement du blé est constitué d'une série d'étapes séparées par des stades repères (Soltner, 2005) , permettant de diviser en trois périodes la vie des céréales (figure 1). Une période végétative durant laquelle, la plante ne se différencie que des feuilles et des racines ; une période reproductrice dominée par l'apparition de l'épi et la formation du grain et en dernier lieu la période de maturation du grain comme le montre la figure n°1.

#### I.3.1 Phase végétative

La forte capacité de prolifération de nombreuses graminées et en particulier le rendement élevé des espèces cultivées, comme le blé, proviennent du fait qu'elles sont capables d'associer de façon très efficace la multiplication végétative et la reproduction sexuée. La multiplication végétative résulte de la ramification des bases de tiges au contact du sol, il en résulte un faisceau de chaumes qui, chacun, se termine en épi avec plusieurs dizaines de graines. Dans les conditions favorables, une seule semence peut produire une centaine de nouveaux grains.

L'installation d'une culture de blé est très importante puisqu'elle conditionne le développement et la croissance des plantes. Le succès de cette installation dépend: du choix de la variété adaptée aux conditions agro-écologiques de la zone (climat et sol), de la date et la densité de semis et notamment de la profondeur de semis. Les systèmes de culture ont favorisé divers types de blé: le blé d'hiver est semé à l'automne, il caractérise les régions tempérées et le blé de printemps est semé au printemps dans les pays à hiver plus rude. La différence principale avec le blé d'hiver et le blé de printemps, est que ce dernier supporte assez difficilement les températures basses; c'est grâce à ce blé que la Sibérie occidentale et le Canada sont devenu de gros producteurs.

Alors, en Algérie à climat méditerranéen, on utilise de blé de printemps. Sur les hautes plaines et hauts plateaux, les variétés locales (dont celles homogénéisées en station de recherche dans les années 30 comme les blés durs Hebda 3 et Bidi 17) ont, sur de nombreux aspects, montré leur supériorité par rapport à ces introductions externes qui n'ont obtenu des résultats satisfaisants que les années favorables et dans des situations bien spécifiques (sols les plus profonds et localisation des parcelles en dehors des couloirs de gel et de sirocco). Ces variétés locales ont des noms de régions (par exemple, Saida en Orge, Oued Zenati en blé dur) ou de personne (comme Mohamed Ben Bachir en blé dur).

Par rapport aux variétés de la révolution verte, les rendements plus stables des variétés locales s'expliqueraient, de manière simplifiée, par leur plus grande rusticité. La plus grande

profondeur de leur enracinement expliquerait en partie cette rusticité des variétés locales de blé dur ou d'orge (Khaldoune et *al.*, 1990).

### **I.3.1.1 Stade germination-levée**

La germination de la graine se caractérise par l'émergence du coléorhize (radicule) donnant naissance à des racines séminales. La date de la levée est définie par l'apparition de la première feuille qui traverse le coléoptile (gemma), gaine rigide et protectrice enveloppant la première feuille. La levée se fait réellement dès la sortie des feuilles à la surface du sol (Soltner, 2005).

Au sein d'un peuplement, la levée est atteinte lorsque la majorité des lignes de semis est visible (Gate, 1995) ; elle estimée à 50% des plantes levées. Les principaux facteurs édaphiques qui interviennent dans la réalisation de cette phase sont, la chaleur, l'aération et l'humidité (Eliard, 1979).

### **I.3.1.2 Stade levée-tallage**

Selon Soltner (1988), cette phase est un mode de développement propre aux graminées, caractérisée par la formation du plateau de tallage, l'émission de talles et la sortie de nouvelles racines (systèmes racinaire secondaire). Cette phase a besoin de température moyenne de 09 à 22°C. Le tallage est marqué par l'apparition d'une tige secondaire ou talle à la base de la première feuille. Les autres feuilles poussent elles aussi leurs talles vertes. À l'intérieur de la tige, on peut trouver ce qu'on appelle la pointe de croissance ; elle commence à ressembler à un épi de blé. Initialement, la pointe est sous terre, protégée contre le gel, au fur et à mesure de la reprise de la végétation, la pointe de croissance va s'élever dans la tige.

### **I.3.1.3 Stade tallage- montaison**

Il est caractérisé par la formation de talles et l'initiation florale qui se traduit par l'apparition de la future ébauche de l'épi; tout déficit hydrique durant cette période se traduit par une diminution du nombre de grains par épi (Martin, 1984). En ce stade, les entrenœuds de la tige principale se détachent du plateau du tallage, ce qui correspond à la formation du jeune épi à l'intérieur de la tige. Couvreur en (1981), considère que ce stade est atteint quand la durée du jour est au moins de 11 heures et lorsque la culture a reçue au moins 600°C (indice somme des températures depuis le semis). Parallèlement, on assiste à l'allongement des entrenœuds. Le stade (épi à 1cm) du plateau de tallage est caractérisé par une croissance active des talles. Le plant de blé a besoin, durant cette phase, d'un important apport d'azote. À

la fin de la montaison apparaît la dernière feuille sortie. En semis dense, cette feuille est essentielle car elle va à elle seule contribuer à 75% du rendement en grains. Juste avant la maturité, les plants issus d'un semis dense se concurrencent mutuellement entre eux, c'est même généralement la seule feuille encore vivante. Lorsque cette feuille est touchée, le poids de la récolte en grain devient faible. En effet, avec des plants serrés le poids unitaire des grains est déjà faible. De surcroît, cette faible distance entre chaque plant facilite la propagation des maladies. Au moindre stress, la céréale risque alors de donner des grains de très faible poids. On prévient dans l'immédiat cette baisse du rendement avec l'épandage préalable d'engrais et de pesticides, s'installe ensuite un phénomène de dépendance croissante à ces produits. (Gate et Giban, 2003).

### **1.3.2 Phase de reproduction**

#### **1.3.2.1 Stade d'épiaison**

Cette période commence dès que l'épi apparaît hors de sa gaine foliaire et se termine quand l'épi est complètement libéré (Bahlouli et *al.*, 2005). La durée de cette phase est de 7 à 10 jours, elle dépend des variétés et des conditions du milieu ; c'est la phase où la culture atteint son maximum de croissance. Chez le blé dur, c'est le moment où apparaissent les extrémités des barbes à la base de la ligule de la dernière feuille. Avant l'apparition de l'épi, on peut voir un gonflement de la graine. À ce stade, le nombre total d'épis est défini, de même que le nombre total de fleurs par épi. Chaque fleur peut potentiellement donner un grain, mais il est possible que certaines fleurs ne donnent pas de grains, en raison de déficit de fécondation par exemple.

#### **1.3.2.2 Stade floraison-fécondation**

La floraison s'observe à partir du moment où quelques étamines sont visibles dans le tiers moyen de l'épi, en dehors des glumelles. Quand les anthères apparaissent, elles sont jaunes; après exposition au soleil, elles deviennent blanches à ce moment là, la fécondation est accomplie. Le grain de pollen des blés est monoporé et sa dispersion est relativement faible. Le nombre de fleurs fécondées dépend de la nutrition azotée et d'une évapotranspiration modérée (Soltner, 1988).

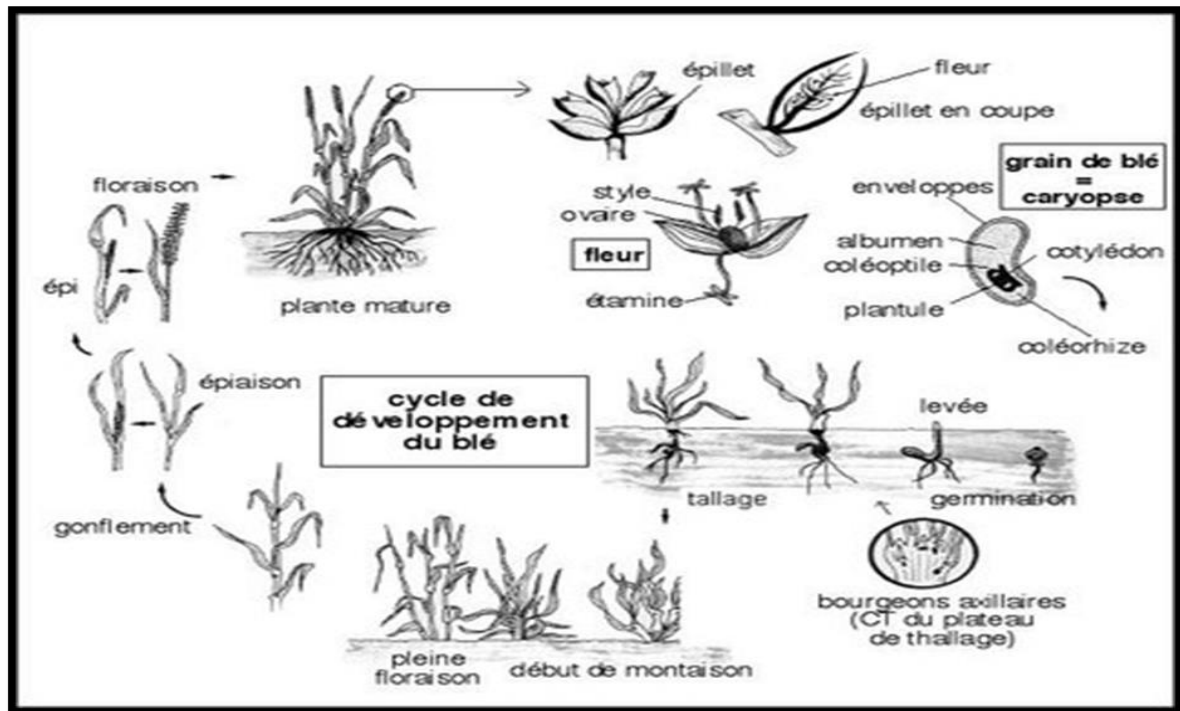


Figure 01 : cycle de développement du blé (Ry et al. 2000)

### I.3.3 Maturation du grain

Au cours de cette phase, l'embryon se développe et l'album en se charge de substances de réserve. On observe une augmentation du volume du poids des graines. La phase se termine par le stade laiteux. Ensuite, le poids frais des grains continue à augmenter alors que celui des tiges et des feuilles diminue. La phase se termine par le stade pâteux. Puis les grains deviennent durs et leur couleur devient jaunâtre (Boufnar-Zaghoune et Zaghouane, 2006).

#### I.3.3.1 Stade de la maturité laiteuse

Ce stade est caractérisé par la migration des substances de réserves vers le grain et la formation des enveloppes. Le grain est de couleur vert clair, d'un contenu laiteux et atteint sa dimension définitive.

#### I.3.3.2 Stade maturité pâteuse

Durant cette phase, les réserves migrent depuis les parties vertes jusqu'aux grains. La teneur en amidon augmente et le taux d'humidité diminue. Quand le blé est mûr le végétal est sec et les graines des épis sont chargées de réserves (Soltner, 1988).

### **I.3.3.2 Stade maturité complète**

Après le stade pâteux, le grain mûrit, se déshydrate. Il prend une couleur jaune, durcit et devient brillant. Ce stade est sensible aux conditions climatiques (Soltner, 1988).

## **I.4. Exigences de la culture de blé dur**

### **1.4.1 Exigences climatiques**

#### **a. Température**

La température conditionne à tout moment la physiologie du blé, une température supérieure à 0°C (zéro de végétation du blé) est exigée pour la germination des céréales comme elle conditionne la nitrification et l'activité végétative du blé au cours du tallage et de la montaison, en plus l'intensité de l'évaporation peut amener l'échaudage (Soltner, 2005). Un abaissement brutal de la température, associé à un dessèchement intense en surface, provoque les dégâts de nécroses (Soltner, 2005). La somme de température nécessaire durant le cycle du blé est de 2350°C (Baldy, 1986).

#### **b. Humidité**

En région méditerranéenne, la sécheresse est l'une des causes principales des pertes de rendement du blé dur, qui varient de 10 à 80% selon les années. Les besoins en eau de la culture du blé varient entre 450 et 650 mm selon le climat et la longueur du cycle végétatif (Baldy, 1974).

Au début du cycle, ces besoins sont relativement faibles. C'est à partir de la phase épi 1 cm jusqu'à la floraison qu'ils sont les plus importants. En effet, la période critique en eau se situe de 20 jours avant l'épiaison jusqu'à 30 à 35 jours après la floraison (Loué, 1982). Le manque d'eau a un effet pénalisant sur la physiologie de la plante et les composantes du rendement. Un déficit hydrique survenant au stade jeune tallage réduit surtout la croissance en hauteur et le nombre d'épis par unité de surface. Par contre, lorsque ce déficit survient aux stades gonflement, il réduit plutôt le poids des épis et le rendement en grain. C'est cependant le stade juste avant épiaison qui demeure le plus sensible au déficit hydrique puisqu'une sécheresse survenant à ce stade peut réduire les rendements en grains d'environ 70% (Ben Naceur et *al.*, 1999).

### **c. Lumière**

Une certaine durée du jour (photopériodisme) est nécessaire pour la réalisation du stade B précédant la montaison (Soltner, 2005). Quant à l'intensité lumineuse et à l'aération, elles agissent directement sur l'intensité de la photosynthèse, dont dépend à la fois à la résistance des tiges à la verse et au rendement (Soltner, 2005).

#### **I.4.2. Exigences édaphiques**

Céréale la plus cultivée dans le monde, le blé s'accommode aux terres bien différentes si l'on emploie les fumures et variétés appropriées, et éventuellement l'irrigation, notant que les trois caractéristiques qui font une bonne terre à blé : la texture fine : limono argileuse, qui assurera aux racines fasciculées la structure stable, qui résiste à la dégradation par les pluies d'hiver et la structure stable, qui résiste à la dégradation par les pluies d'hiver. Le blé n'y souffrira pas d'asphyxie et la nitrification sera bonne au printemps et enfin une bonne profondeur et une richesse suffisante (Soltner, 2005).

### **I.5. Contraintes de la production de blé en Algérie**

#### **I.5.1. Contraintes climatiques**

##### **A. Stress thermique**

En zones arides et semi-arides d'altitude, le stress thermique peut intervenir même en début du cycle. L'effet des hautes températures au semis se manifeste par une réduction de la longueur de la coléoptile (Hazmoune, 2000). Wardlaw *et al.*, (1995), montrent que la température optimale pour le développement et le remplissage du grain varie de 12 à 15°C pour de nombreux génotypes de céréale à paille. Ils observent une diminution de 3 à 5 % du poids du grain pour chaque degré d'augmentation de la température à partir de la base des 12 à 15°C. Dans cet écart de températures, une réduction de la durée de remplissage est compensée par une augmentation du taux de remplissage, avec pour effet peu de variation du poids moyen du grain (Wardlaw *et al.*, 1995).

L'altitude et un climat de type méditerranéen imposent un hiver très froid et pluvieux, le froid hivernal limite la croissance au moment où l'eau est disponible et allonge le cycle de la plante pour l'exposer à la sécheresse du début de l'été (Chenaffi *et al.*, 2006). Les dégâts de gel tardif sont très fréquents sur les céréales, rendant l'adoption des variétés précoces trop risquée (Bouzerzour et Benmahammed, 1994). L'adoption de la stratégie de l'esquive comme moyen pour échapper au stress thermique de fin de cycle, est peu opérante dans le cas où les

génotypes précoces sélectionnés ne sont pas génétiquement résistants au froid (Mekhlouf *et al.*, 2006).

## **B. Stress hydrique**

Le stress hydrique est l'un des stress environnementaux les plus importants, affectant la productivité agricole autour du monde (Boyer, 1982). Il occupe et continuera d'occuper une très grande place dans les chroniques agro-économiques. C'est un problème sérieux dans beaucoup d'environnements arides et semi-arides, où les précipitations changent d'année en année et où les plantes sont soumises à des périodes plus ou moins longues de déficit hydrique (Boyer, 1982).

Il existe de nombreuses définitions du stress hydrique ; en agriculture, il est défini comme un déficit marqué et ce compte tenu des précipitations qui réduisent significativement les productions agricoles par rapport à la normale pour une région de grande étendue (Mackay, 1978 *in* Bootsma *et al.*, 1996). En effet, on assiste à un stress hydrique lorsque la demande en eau dépasse la quantité disponible pendant une certaine période ou lorsque sa mauvaise qualité en limite l'usage (Madhava Rao *et al.*, 2006).

### **I.5.2. Contraintes édaphiques**

Selon Kribaa (2003), les contraintes édaphiques s'agissent par une profondeur du sol réduite par des accumulations calcaires dures, limitant la réserve hydrique et le développement racinaire. Elles agissent également par l'état structural de l'horizon de surface qui détermine en grande partie le fonctionnement hydrique du sol. Les caractéristiques chimiques, biochimiques et biologiques du sol peuvent constituer également des contraintes.

## **I.6 Efficience d'utilisation de l'eau**

### **I.6.1 Définitions**

L'efficience de l'utilisation de l'eau est définie par le rendement par unité d'eau. L'efficience optimale est obtenue en minimisant les pertes dues à l'évaporation, au ruissellement et à l'infiltration.

L'efficience d'utilisation de l'eau (EUE) a été définie différemment dans la littérature (Passioura, 1977; Turner, 1986). Étant une cible de production, l'efficience d'utilisation de l'eau pourrait être définie de plusieurs manières, selon les mesures et les unités de l'échange prises en considération (Condon *et al.*, 2004). Toutes les définitions potentielles consistent en une certaine quantité de l'eau utilisée pour une certaine unité de production. Selon les

agronomes, elle est définie comme étant le rendement à la récolte obtenu à partir de l'eau rendue disponible par les précipitations et/ou l'irrigation (Condon *et al.*, 2004).

### **I.6.2 Amélioration de l'efficience d'utilisation de l'eau**

L'amélioration de l'efficience d'utilisation de l'eau des productions végétales aussi bien irriguées que pluviales paraît être une urgence impérative (Hamdy *et al.*, 2003). Pour cette fin, plusieurs méthodes ont été suggérées à savoir: un semis précoce (French et Schulz, 1984), l'utilisation des fertilisants azotés, la densité élevée de plantation, l'inclusion des génotypes précoces, la bonne gestion des sols et conduite des rotations offre également la possibilité d'augmenter l'utilisation de l'eau surtout que les racines de certaines espèces ont le potentiel de pénétrer plus profond dans le sol que d'autres (Hamblin et Hamblin, 1985), comme le cas des variétés locales. Dans les dernières décennies, les agriculteurs australiens ont adopté des aménagements afin d'obtenir une meilleure efficience d'utilisation de l'eau. Ces pratiques se résument dans l'emploi des niveaux élevés des fertilisants spécialement l'azote et le phosphore, le semis direct et l'usage des rotations afin d'améliorer la nutrition et la pénétration des racines chez les céréales (Turner, 1997, Benniou *et al.*, 2018).

## Chapitre II : Synthèse sur les techniques culturales

### II.1 Notion sur les itinéraires techniques

L'itinéraire technique est une combinaison logique et ordonnée des étapes à suivre afin d'atteindre un objectif de rendement bien déterminé. L'itinéraire technique consiste sur le choix des outils, les interventions successives et les décisions d'apport des fertilisants et des traitements phytosanitaires de la mise en place d'une culture à sa récolte (Sebillote, 1978 ; Cedra, 1993). Le choix d'un itinéraire technique repose sur certains nombres de critères dont les principaux sont :

- **La culture considérée:** en effet, chaque culture a ses exigences spécifiques quant aux techniques à lui appliquer ; de la présentation du sol (sol plus ou moins ameubli), à la mise en place de la culture (semis direct ou semis en pépinière puis implantation), jusqu'à la récolte (récolte mécanisable ou non).
- **Les pratiques culturales:** celles-ci diffèrent des techniques culturales par le fait que sont des opérations culturales liées souvent à l'environnement économique ou socioculturel d'une région donnée (Prevost, 2006).

### II.2 Technique de travail du sol classique

#### II.2.1 Travail conventionnel

##### *A. Le labour*

Le labour est un travail du sol profond avec retournement de la bande de terre (Soltner, 1988). Théoriquement, il consiste à découper une bande de terre de section rectangulaire par un soc et à la faire retourner par un versoir (Candelou, 1981 in Amghar et Leftaha, 2009). Le labour s'effectue sur un sol qui n'a pas été travaillé depuis l'année agricole précédente. Le labour s'effectue par des charrues simples ou réversibles.

##### *B. Reprise de labour*

Le travail secondaire est un ameublissement du sol sans retournement ; c'est-à-dire la réduction de la taille des mottes issue du labour (Diehl, 1995). La reprise de labour se fait par des outils à disques (cover crop) ou des outils à dents (cultivateur) en fonction de l'état du sol.

##### *C. Préparation de lit de semence*

La préparation de lit de semences est la dernière étape du travail conventionnel. Cette opération dont l'action est superficielle et affiner la préparation de lit de semence. Elle

consiste à réaliser un hersage-roulage (Biosgontier, 1999). La préparation du lit de semences consiste en un ensemble d'opération de travail du sol superficiel (5 à 10 cm) réalisées à l'aide d'outil attelés à dents (cultivateurs légers), ou à pointes (herse). Elle peut se faire aussi par des rouleaux ou avec d'outil animés par la prise de force du tracteur (houe rotative, machine à bêcher, herse alternative, herse rotative). Le but de cette opération est d'obtenir une couche superficielle du sol favorable à la germination et à la levée des cultures.

### **II.2.1.1 Avantages et inconvénients de travail conventionnel**

#### ***A. Avantages***

Le travail conventionnel avec le travail du sol profond assure:

- ✓ Bon ameublissement du sol sur la profondeur travaillée ; ce qui engendre une meilleure infiltration de l'eau dans le sol et un bon développement racinaire suite à l'amélioration de la porosité du sol (Abouddar, 2009).
- ✓ Enfouissement des semences des adventices, ce qui réduit l'infestation des cultures par celles-ci et diminue l'utilisation des herbicides chimiques et améliore le rendement (Abouddar, 2009).
- ✓ Mise en place et implantation des cultures en favorisant l'approvisionnement en eau, en augmentant la circulation de l'air dans le sol, en régulent la température et en réduisent les anomalies structurales: tassement, battance, lissage.
- ✓ Enfouissement de la matière organique ce qui favorise un environnement adéquat pour les micro-organismes.

Et enfin, le labour mélange des engrais chimiques et organiques du profil, et crée une structure légèrement motteuse surtout dans les sols limono-sableux (Chopart et Pitrot, 2009).

#### ***B. Inconvénients***

- ✓ Un retournement excessif du sol, remonte de la terre infertile en surface.
- ✓ Un travail en sol humide, provoque une compaction importante du sol.
- ✓ Un travail trop rapide produisant beaucoup de terre fine, ce qui peut bouleverser l'équilibre biologique du sol, facteur important d'amélioration de la structure (Chopart et Pitrot, 2009).

## II.2.2 Travail culturales simplifiées

### II.2.2.1 Définition

Les techniques culturales simplifiées (TCS) sont appelées aussi les techniques de conservation des sols (TCS). Les TCS consistent à supprimer le labour profond et réduire les travaux de préparation du sol pour la mise en place des cultures. Il s'agit en fait, de travailler la terre superficiellement (du genre déchaumage ou scarifiage) pour l'enfouissement d'une partie des résidus de récolte par des outils spécifiques à ces techniques dont la profondeur de travail ne dépasse pas 10 cm.

### II.2.2.2 Le principe de la technique culturale simplifiée ou le travail minimum du sol

Le travail minimum du sol est une pratique agro-environnementale permet de garder une partie des résidus de récoltes sur au moins 30% de la surface du sol après le semis. Ce système est moins intensif que le travail du sol conventionnel. La notion de retournement du sol n'existe plus dans le travail minimum. On privilégie l'utilisation des outils à dent ou à disque, parfois des outils animés par la prise de force.

En Algérie, surtout dans les zones où les sols sont pauvres, peu profond et très sensibles à l'érosion éolienne, leur travail nécessite un soin particulier. La préparation du sol est réalisée soit à l'aide d'un passage de chisel suivi d'un passage de cultivateur ou directement en utilisant un cultivateur à dents (Mahdi, 2004). Dans ce contexte, les outils à dent les plus utilisés sont: le chisel (pour le travail profond entre 25 et 30 cm), le cultivateur à dent (pour le travail moyen entre 10 et 15 cm), la herse (pour le travail superficiel entre 5 et 8 cm).

Le travail réduit du sol se divise en deux grandes étapes :

- ✓ Travail primaire : consiste à briser ou soulever le sol plutôt que le retourner.
- ✓ Travail secondaire : c'est la préparation du lit de semence, le nivellement de la surface du sol et l'incorporation des herbicides (Mathieu, 2004).

### II.2.2.3 Avantages et Inconvénients

#### A. Avantages

Le travail minimum du sol contribue à :

- ✓ La conservation de la ressource sol à travers l'amélioration de l'infiltration de l'eau dans le sol surtout si les résidus de surface sont maintenus en surface et la limitation de la dégradation de la surface du sol (comptage, tassement) due aux passages successifs des engins agricoles ;

- ✓ La conservation de la ressource eau en améliorant son efficacité à travers l'infiltration de l'eau et la réduction de l'évaporation. Ces phénomènes sont accentués par la présence de résidus de culture en surface ;
- ✓ L'amélioration de la rentabilité des cultures à travers l'économie d'énergie et du temps due aux façons culturales simplifiées ;
- ✓ La durabilité des systèmes de culture (Aboudrare, 2009).

### **B. Inconvénients**

Les inconvénients des TCS peuvent être résumés dans les points suivants :

- ✓ Elles ne s'adaptent pas à tous les types de sol et de culture, ce qui pose le problème de leurs applications.
- ✓ La suppression des adventices est insuffisante, ce qui implique une lutte chimique.

## **II.2.3 Semis direct**

### **II.2.3.1 Définition**

Selon Mrabet (2001), le semis direct est un système conservatoire de gestion des sols et des cultures, dans lequel les semences sont placées directement dans le sol qui n'est pas travaillé. Dans le système de semis direct, les opérations se limitent à l'ensemencement de la culture sans travail du sol. Le non labour, ou agriculture sans labour et zéro-labour sont des synonymes du semis direct dans le contexte de l'agriculture de conservation, qui est un nouveau mode d'exploitation des ressources naturelles du sol et de l'eau. Cette agriculture a été mondialement diffusée au nom du développement durable (Seguy et *al.*, 2001 ; Ares, 2006, Grosclaude et *al.*, 2006 ; Lahmar, 2006 ; FAO, 2007 ; Almarie et *al.*, 2008 ; EL-Aissaoui et *al.* ; 2009, El brahli et *al.*, 2009, Serpantie, 2009).

Les techniques culturales simplifiées et le semis direct sous couvert végétal apparaissent comme des alternatives à même de corriger l'impact négatif des systèmes de reproduction adoptés par les agriculteurs. Ces techniques arrivent à mieux contrôler l'érosion, stocker la matière organique, améliorer l'efficacité hydrique et restructurer le sol sous l'effet d'une meilleure activité biologique (Mrabet, 2000; Benniou, 2012).

### **II.2.3.2 L'objectif du semis direct**

L'objectif essentiel du semis direct est de conserver, améliorer et utiliser les ressources naturelles d'une façon plus efficace par la gestion intégrée du sol, de l'eau, des agents biologiques et des apports de produits externes. L'objectif final est de mettre en place une

agriculture durable qui ne dégrade pas les ressources naturelles, sans renoncer pour autant à maintenir les niveaux de production (Atres, 2006).

### II.2.3.3 Aperçu historique de système de semis direct en Algérie

En Algérie, les premiers essais en agriculture de conservation remontent à l'année 2004, plus précisément, après la tenue de deux rencontres méditerranéennes du semis direct à Tabarka en Tunisie (essai longue durée à la ferme de démonstration et de production de semences d'Oued Smar, Alger), et ce afin d'évaluer l'effet du mode de gestion du sol sur le comportement du blé et sur l'évolution de la structure du sol et la conservation en eau (Abdellaoui et Zaghouane, 2011).

### II.2.3.4 Types de semis direct

On peut constater différents types de semis direct :

a. **Travail du sol par bandes** : les planteurs et les semoirs dotés d'un ou de plusieurs côutres par rangée de semis et parfois de sarcleuses pour préparer les bandes peut être adapté à de nombreuses conditions, peu importe la culture.

b. **Semis en sillons** : un sillon est creusé dans le sol non labouré et les semences y sont déposées à une profondeur opportune. Plusieurs combinaisons d'accessoires de tassement des semences et roues plumbeuses servent à remplir le sillon afin d'assurer un bon contact semences-sol. Il s'agit du semis direct dans sa forme la plus pure ; il est idéal pour le soya, le blé et d'autres céréales dans de nombreux types de sols. Le semis en sillons n'est pas très efficace dans les résidus de cultures abondants et dans les sols humides à texture fine.

c. **Travail préliminaire du sol** : une étroite bande de sol est labourée à l'aide de divers accessoires. Ce processus aide les résidus à s'amollir et à se décomposer pendant l'hiver et accélère l'assèchement au printemps. Les sols sont donc prêts pour le semis plus tôt au printemps. Les bandes labourées d'avance font accélérer la germination et levée et facilitent la rotation des céréales.

d. **Billonnage** : à l'aide de socs à ailes ouvertes, de disque rayonneurs, de côutres ou de sarcleuses, le billon est dégagé pour le semis. Les résidus restent à la surface, entre les rangées. La température plus élevée du sol aide les semis des billons à sortir du sol plus tôt. Les billons reformés par le travail du sol, ce qui permet de lutter contre les mauvaises-herbes de façon mécanique et de réduire l'utilisation d'herbicides. Le billonnage exige une limite de

la circulation et empêche l'encroutement du lit de semence. Il convient bien aux sols à texture fine, surtout lors des printemps froids et humides.

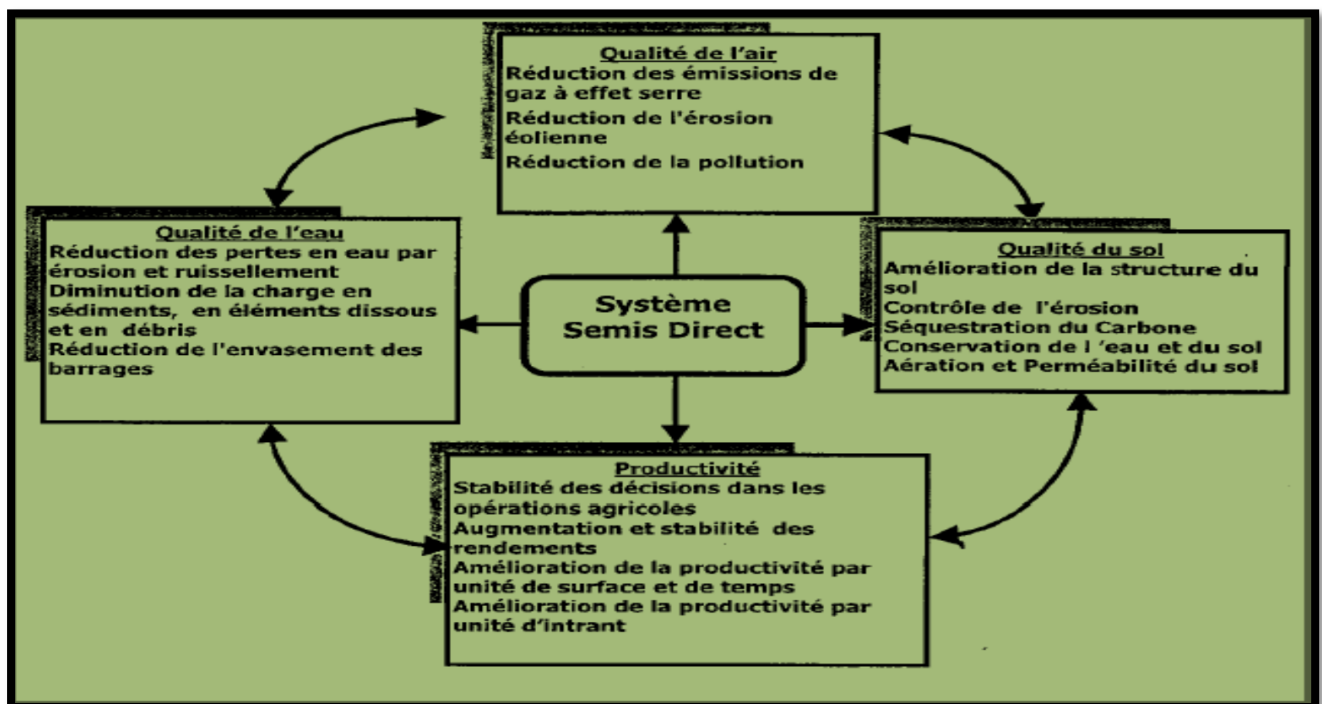
### II.2.3.5 Avantages et inconvénients de semis direct

#### A. Avantages

- Le semis direct est le meilleur moyen pour protéger les sols et leurs activités biologiques. Cependant et dans le but de redresser rapidement l'organisation structurale, il faut bien recycler et produire des éléments minéraux, améliorer l'activité biologique et recharger le sol en carbone (Thomas, 2006).

- Réduction des coûts de production: en renonçons au labour, on réduit de façon importante les coûts de production par réduction des dépenses d'énergies (diminution consommation de carburant par hectare). Et de mains d'œuvre et d'équipement (baisse d'investissement en machines et une augmentation des longévités tracteurs) (Mrabet, 2001).

-Diminution du temps de travail: La suppression totale du labour engendre une réduction de temps du travail mais elle implique cependant une grande disponibilité de la main d'œuvre. De fait, pour réaliser un lit de semence de qualité de travail doit être effectué en condition optimales (Anonyme, 2005).



**Figure 02:** Relation système de semis direct, composantes de l'environnement et décisions agricoles (Mrabet, 2001)

***Inconvénients***

- ✓ Une grande quantité de résidus en surface peut rendre le sol plus froid et la croissance de la plante cultivée plus lente.
- ✓ Un compactage superficiel du sol peut être généralement causé par le passage de la machine, ou par le piétinement du bétail lorsque le sol est humide. Les vers et les taupes peuvent également causer des dommages.
- ✓ La fraîcheur et l'humidité élevée du sol qui vont de pair avec le labour de conservation peuvent augmenter l'incidence de maladies causées par des champignons du sol.
- ✓ Les résidus de récolte peuvent poser des difficultés de gestion (Aibar, 2006).
- ✓ La lutte contre les mauvaises herbes présente les plus grands inconvénients. (Anonyme 2002).
- ✓ Ne convient pas au terrain mal drainé.
- ✓ Nécessite une lutte plus attentive contre les mauvaises herbes et d'utiliser davantage de pesticides (Anonyme 2006).

**II.2.3.6 Impact du semis direct sur l'environnement**

Le semis direct par la présence de résidus en surface, limite fortement l'érosion grâce à la protection qu'ils fournissent au sol (réduction de l'impact des gouttes de pluie) et la présence d'agrégats plus stables. De plus, le semis direct conserve l'humidité et réduit le ruissellement (Attahk et Boame, 2015). D'un autre côté, l'érosion mécanique se caractérise par les pertes directes de terre engendrées par les techniques culturales. En semis direct, le fait de ne plus travailler le sol et d'implanter sur une couverture végétale, permet une meilleure stabilité du sol. Il semble que le ruissellement érosif diminue de façon significative après l'abandon du labour (Delaunois, 2004).

**II.2.3.7 Impact du semis direct sur le sol****a. Structure du sol**

La structure du sol est l'agencement dans l'espace de ses constituants. Elle est déterminée par la forme des agrégats - les plus petits éléments indivisibles du sol. Ci-contre, les principales structures des sols .

La structure du sol est le résultat de l'équilibre entre les phénomènes de tassement, d'une part: par le passage d'engins agricoles, les conditions humides au cours des interventions et de la fragmentation et d'autre part, par le climat, la faune et le travail du sol (Roger-Estrade et *al.*, 2002). Il en résulte que la structure est très variable au sein des couches

de sol cultivées, non seulement dans le temps (sous l'action des système de culture, du climat), mais aussi dans l'espace, présente donc une forte variabilité spatiale des conditions locales de circulation d'eau, d'activité biologique et d'aération (Boizard et *al.*, 2004). En effet, des résultats d'essais de différentes techniques de semis du blé dur ayant montré que la stabilité structurale est meilleure dans le semis direct car, en surface, la matière organique y est plus abondante (Benniou, 2008 ; Bellemou, 2012). Tandis que la porosité qui est un indicateur de la qualité du sol, est influencée par les différentes techniques culturales (Iahlou, et *al.*, 2005). Dans les premiers centimètres de sol, la distribution de la taille des pores est modifiée en l'absence de travail du sol. La méso porosité et/ou la macroporosité diminuent dans un sol en semis direct par rapport un sol labouré (Hill, 1990 ; Pierce et *al.*, 1994; Hussain et *al.*, 1998; Ferreras et *al.*, 2000). Alors, l'humidité du sol est maintenue par le couvert végétal qui aide à prolonger la durée du dessèchement de la surface du sol et de le maintenir plus humide pour une longue période (Mrabet, 1997). Abdellaoui et *al.*, (2010), affirment que le semis direct et les travaux simplifiés permettent une meilleure rétention en eau par rapport au labour conventionnel avec la charrue à soc.

### **b. Matière organique**

La matière organique est une composante importante dans le sol ; c'est un indicateur de la fertilité des sols. Elle assure un bon équilibre physico-chimique et biologique pour le bon développement des végétaux.

Le semis direct permet de conserver la matière organique dans les sols et par conséquent conserver leurs capacités potentielles (Xanxo et *al.*, 2006). Plusieurs résultats de recherche concernant des études comparatives des techniques de travail du sol montrent que les meilleurs teneurs en matière organique dans le sol sont mesurés en non labour (Abdellaoui et *al.*, 2010). Selon Daniel et Galardon (2008) et Mrabet, (2001), le non travail du sol et sa faible perturbation en présence des résidus en surface, sont des conditions favorables au développement de la biodiversité et au recyclage de la matière organique.

### **c. Composante biologique**

Les conditions climatiques favorables en semis direct, avec des écarts en eau plus élevés sont très bénéfiques à l'activité biologique et à l'augmentation de la biomasse microbienne dans les premiers centimètres de sol (Kladivko, 2001 ; Roper et Gupta, 1995). Cette augmentation s'observe pour la population bactérienne comme pour la population fongique (Wardle, 1995). De nombreuses études montrent qu'en semis direct, la biomasse

microbienne présente une forte stratification verticale, tandis qu'elle est répartie de façon homogène sur la profondeur de la couche de sol labourée (Andrade et *al.*, 2003). L'augmentation de la matière organique en surface grâce au semis direct favorise donc la biomasse et la diversité microbienne dans la partie superficielle du sol. En effet, la zone 0-5 cm se caractérise par une augmentation significative des bactéries mais aussi l'apparition de nouvelles espèces non présentes en labour.

### **II.2.3.8 Impact du semis direct sur le plan agronomique**

#### **a. Adventices**

Le système non-labour ne peut être durable que par la maîtrise de la propagation des adventices. Plusieurs auteurs soulignent que le semis direct favorise le développement des graminées annuelles et des adventices vivaces (Debaeke et Orlando, 1994). Les grains des mauvaises-herbes enfouies dans le sol ne sont pas exposées à la surface comme c'est le cas par les labours, alors, la banque de graines de mauvaises-herbes semble diminuer en semis direct, mais elle est concentrée en surface, car aucun travail du sol ramène les graines à la surface (Elbrahli et *al.*, 1997 in Chevrier et Barbier, 2001).

#### **b. Maladies cryptogamiques**

Des études réalisées sur la relation des maladies cryptogamiques et le travail du sol portées sur le blé, ont montré que la présence d'une quantité importante de matière organique en surface en non labour, constitue un milieu favorable à la phase saprophyte des champignons (Chevrier et Barbier, 2001). La plupart des études qui ont porté sur le blé montrent un risque d'accroissement d'attaque de la fusariose en semis direct. Selon (Golderg, 2006), il est recommandé d'éviter les précédents favorables telles que le maïs, le sorgho, en choisissant une variété peu sensible aux fusarioses.

## Deuxième partie: Etude Expérimentale

### Chapitre I: Matériels et Méthodes

#### 2.1.1 Objectif de l'étude

L'objectif de notre travail est de comparer l'effet de quatre technologies du travail du sol, à savoir: le semis direct à dent, le semis direct à disque, la technique culturale simplifiée (ou le travail minimum) et le travail conventionnel sur quelques propriétés physicochimiques, hydriques, biologiques du sol et sur le comportement de la culture de blé dur (*Triticum durum* Desf.), en zone semi-aride, cas de la région céréalière de la zone centre de Sétif.

#### 2.1.2. Description du site expérimental

La parcelle expérimentale est située à la ferme de la station expérimentale de l'Institut Technique des Grandes Cultures (ITGC) de Sétif, au lieu dit R'mada dans la commune de Mezlog, qui fait partie de la daïra de Ain-Arnet. La station appartenant à l'étage semi-aride central à climat méditerranéen, nettement continental, caractérisé par un été sec et chaud, un hiver froid et humide et un printemps relativement sec avec des fréquentes gelées tardives. La saison sèche peut s'étaler sur 4 à 5 mois de mars à septembre, avec risque précoce de sirocco.

#### 2.1.3. Caractéristiques pédoclimatiques du site

##### 2.1.3.1. Conditions climatiques durant la campagne d'étude

Il est important de donner un aperçu sur les conditions climatiques afin d'étudier la variabilité et l'effet des facteurs environnementaux sur la culture de blé dur. Parmi les facteurs climatiques nous intéressons aux températures, les précipitations, l'humidité et les gelées.

##### a. Température

D'après les relevées des températures de la campagne agricole 2018-2019, enregistrées dans le tableau 3, prélevées entre septembre–juin montrent que la température minimale a été observée au mois de février, d'une valeur  $-0,06^{\circ}\text{C}$ . A partir de mois de mars, on enregistre l'augmentation progressive de températures minimales jusqu'à  $17,71^{\circ}\text{C}$ . La température maximale a été enregistrée en moins de juin, d'une valeur de  $33,60^{\circ}\text{C}$ .

**Tableau 3** : Relevée des températures mensuelle de la campagne agricole 2018-2019

Nature	Sep	Oct.	Nov.	Déc.	Jan	Fév.	Mars	Avril	Mai	JUIN
<b>T. Min (°C)</b>	16,00	9 ,60	4,60	1,64	-0 ,52	-0,06	3,35	6,30	8,08	17,21
<b>T. Max (°C)</b>	28,40	19,40	14 ,50	12 ,90	7,74	11 ,12	15,17	18 ,21	20,90	33 ,60
<b>T. Moy (°C)</b>	21,60	14,10	9 ,30	6,85	3,35	5,30	8,75	11,83	14,38	25,60

Source : ONM, Aéroport de Sétif (2019)

### b. Précipitations

D'après les données pluviométriques enregistrées dans le tableau n°04, le cumule des précipitations s'élève à 346 mm, avec une répartition variée dans le temps selon le cycle physiologique de la culture céréalière. Le mois de janvier a été le plus pluvieux, avec 77,10 mm et qui a coïncidé avec le stade levée. On enregistre également les chutes de neige durant les mois de décembre, janvier et février. Selon les quantités mensuelles, on peut estimer que la répartition pluviométrique été bonne vis-à-vis du cycle physiologique de la céréale surtout en début et fin de cycle.

**Tableau 4** : pluviométrie mensuelle durant la campagne agricole 2018-2019 (U : mm)

	Sep	Oct.	Nov.	Déc.	Jan	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Totale
<b>Pluviométrie</b>	25,00	63,70	25,70	10 ,80	<b>77,10</b>	15 ,10	26,80	43,80	58,60	00,00	<b>345,9</b>

Source: ONM, Aéroport de Sétif (2019)

### c. Gelées

Les gelées sont un phénomène ordinaire mais qui ne sont pas moins préjudiciable selon le moment où elles se produisent, elles peuvent avoir des conséquences plus ou moins importantes. Les gelées sont celles qui déposent une couche de glace à la surface des plantes et du sol. Elles ont lieu quand l'atmosphère humide et les températures baissent, permettant la congélation de l'eau.

L'altitude et un climat de type méditerranéen imposent un hiver très froid et pluvieux, le froid hivernal limite la croissance au moment où l'eau est disponible et allonge le cycle de la plante pour l'exposer à la sécheresse du début de l'été (Chenaffi et *al.*, 2006). Les dégâts de gel tardif sont très fréquents sur les céréales, rendant l'adoption des variétés précoces trop risquée (Bouzerzour et Benmahammed, 1994). L'adoption de la stratégie de l'esquive comme moyen pour échapper au stress thermique de fin de cycle, est peu opérante dans le cas où les génotypes précoces sélectionnés ne sont pas génétiquement résistants au froid (Mekhlouf et *al.*, 2006).

D'après les données de la station météorologique de Sétif comme le montre le tableau 5, les gelées sont enregistrées 5 jours au mois de novembre et 16 jours au mois de janvier et février avec chute de neige 8 jours au janvier. Ces gelées peuvent être préjudiciables sur la culture si elles coïncident avec le stade épiaison comme le cas chez la variété Bousselam.

Tableau 5: Nombre de jours gelés neigés durant la campagne agricole 2018-2019

Nature	Sep	Oct.	Nov.	Déc.	Jan	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Total
Gelée	00	00	05	14	16	16	06	06	00	00	63
Neige	00	00	00	1	8	2	00	01	00	00	12

Source: ONM, Aéroport de Sétif, (2019)

#### d. Vent

Le vent est le déplacement d'air qui se produit dans les couches basses de l'atmosphère ; c'est un phénomène courant dans toutes les régions dont l'action des vents a sur les plantes un effet favorable sur l'enracinement et empêche la stratification de l'air et les gelées par radiation. Les données du tableau 6, cité ci-dessous présentent des vitesses du vent variées. Durant les mois de mai et juin la vitesse est relativement élevée, mais moyennement faible : 03,65 et 03,60 m/s (tableau 6).

Tableau 6 : vitesse de vents mensuelles durant la campagne agricole 2018-2019 (m/s)

Mois	Sep	Oct.	Nov.	Déc.	Jan	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin
Vent m/s	02,68	03,32	03,13	02,39	<b>03,65</b>	03 ,45	03,25	03,44	03,54	<b>03,60</b>

Source: ONM, Aéroport de Sétif, (2019)

#### 2.1.3.2. Analyses physico-chimiques du sol

Les échantillons du sol soumis à l'analyse ont été prélevés à deux niveaux de profondeurs: 0-20 cm et 20-40 cm. L'échantillon d'analyse est la somme de trois échantillons élémentaires réalisés diagonalement dans l'ensemble de traitements (12 traitements). Les explications des différentes analyses effectuées seront traitées dans le point 2.3.1 relatif aux notations du sol.

## Chapitre II : Mise en place de l'essai

### II.1. Matériel végétal utilisé

L'étude a porté sur une culture de céréale, en utilisant une seule variété de blé dur dénommée *Bousselam*. La variété *Bousselam* est caractérisée par un gros grain (PMG = 39,4 g), de couleur jaune-clair. L'épi de la plante est blanc avec une barbe noir-grise, long et robuste, à forte tallage, la hauteur de la plante est moyennement entre 90-100 cm ; c'est une variété résistante aux maladies cryptogamiques, tolérante au froid, à la sécheresse et à la verse. Le cycle végétatif est mi-tardif comparée à la variété Waha et mi-précoce en comparant à la variété Mohamed Ben Bachir qui est considérée comme variété tardive locale. La variété *Bousselam* est originaire de l'ICARDA (Syrie) et sélectionnée par la station expérimentale de l'ITGC de Sétif (ITGC, 2009).

### II.2. Matériel agricole

Quatre techniques de travail du sol ont été comparées. Ces techniques se différencient par leur degré de fragmentation de la couche arable, par l'effet de retournement ou non de la couche du sol travaillée, par leur degré de mélange de la matière organique au sol et par le tassement du sol qu'ils engendrent.

#### A. Travail conventionnel

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

#### B. Technique culturale simplifiée (travail minimum)

Le travail du sol a été réalisé à l'aide de cultivateur à dent, de cover-crop et d'une herse. 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.

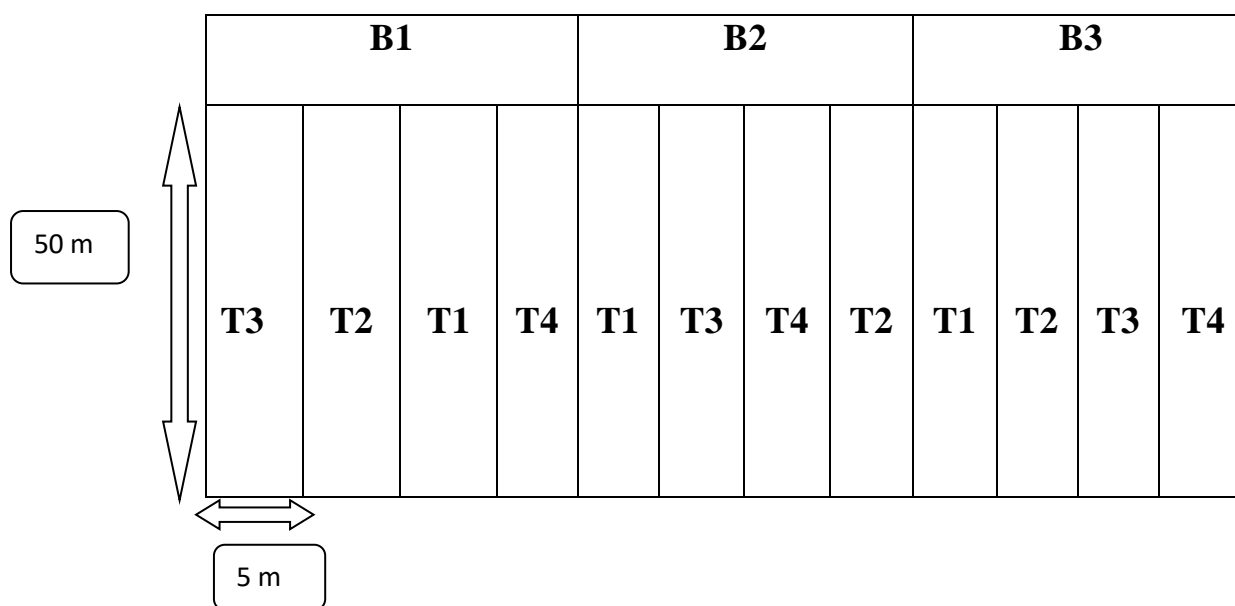
#### C. Le semis direct (à dent et à disque)

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 annexe II).

### II.3 Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental adopté est un bloc à un seul facteur, avec trois répétitions (3 blocs). Il comporte quatre niveaux: le semis direct (SD), avec semoir à disque (SDD) noté T1, le semis direct avec semoir à dent (SDT), noté T2, le travail conventionnel (TC), noté T3 et la technique culturale simplifiée (TCS), noté T4, et une seule espèce, qui est le blé dur en tant qu'espèce stratégique, avec variété *Bousselam*. De fait, le nombre total des traitements étudiés s'élève à 12 traitements = (4 techniques X une culture) X 3 répétitions.

Les traitements ont été semés sur une parcelle homogène de 250 m<sup>2</sup>. La parcelle est divisée en parcelles parallèles, organisée en trois blocs, chaque bloc a été divisé en quatre traitements répartis aléatoirement. La dimension de l'unité expérimentale est de (50 m x 5 m), 0,5 m est la distance entre les unités expérimentales (Figure n°03).



**Figure 03** : Schéma du dispositif expérimental adopté.

### II.4. Itinéraires techniques

#### II.4.1. Précédent cultural

Pour l'ensemble de traitements, le précédent cultural est le blé dur, variété *Bousselam*. Pour le travail du sol; la même technique a été pratiquée précédemment sur chaque micro-parcelle : TC/TC, TCS/TCS; SDT/ SDT, SDD/SDD.

### II.4.2. Préparation du sol

**A. Semis direct (SD):** Aucune préparation du sol 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 25/10/2018, suivi par un passage de la charrue à dent le 02/12/2018, suivi par un passage de cover-crop le 03/12/2018 et un hersage le 12/12/2018.

**C. Technique culturale simplifié (TCS) ou travail minimum (TM):** un passage de cultivateur à dents réalisé le 02/12/2018, suivi par un passage de cover-crop, réalisé le 03/12/2018 et un hersage qui a été réalisé le 12/12/2018.

### II.4.3. Mise en place de culture

La mise en place de l'essai a été réalisée le 19/ 12/ 2018. La profondeur de semis a été 03 cm pour le semis direct à dent et à disque et un peu plus (4 cm) pour le travail conventionnel et le travail culturale simplifié. Alors, la dose de semis appliquée, pour les quatre traitements s'élève à 131,3 kg/ ha, afin d'obtenir une densité de semis de 300 graines/ m<sup>2</sup> comme préconisé dans l'étage semi-aride central dans la région de Sétif.

### II.4.4. Entretien de la culture

#### A. Fertilisation du sol

L'épandage d'engrais de couverture sous forme Urée 46% a été réalisé mécaniquement en deux fractions ; la première fraction au stade trois feuilles (le 27/ 03/ 2019) à raison de 40 kg/ ha et le deuxième apport a été réalisé au stade épi un centimètre (le 14/ 04/ 2019) à raison de 60 kg/ ha (soit 5 unité d'azote), Tableau n°7.

**Tableau 7:** fertilisation azotée de l'essai

Type d'engrais	Engrais utilisé	Dose (Kg/ ha)	Stade et Date de réalisation
Engrais de couverture	Urée 46 %	40 Kg / ha	Stade trois feuille 27/03/2019
		60 Kg / ha	Stade épi un centimètre 14/04/2019

**B. Désherbage**

Afin d'éliminer l'ensemble des adventices de l'essai, l'opération de désherbage a été effectuée en deux passages pour le système semis direct et un seul passage pour le système conventionnel (Tableau n°08).

**Tableau 8:** opération de désherbage chimique de l'essai par technique

Traitements	Herbicide utilisé	Dose	Date
<b>Semis direct (SDD et SDT)</b>	Herbicide total : Glyphosate	3 litres/ ha	Avant semis 02/12/2018
	Double action : pallas+adjivli 700	0.5 litre/ ha et 1l/ ha	Après semis tallage 14/04/2019
<b>Système conventionnel</b>	Double action : pallas+adjiv li 700	0.5 litre/ ha et 1l/ ha	tallage 14/04/2019
<b>Système TCS</b>	Double action : pallas+adjiv li 700	0.5 litre/ ha et 1l/ ha	tallage 14/04/2019

## Chapitre III : Notations effectuées

### III.1 Notations relatives au sol

#### III.1.1 Caractéristiques physico-chimiques du sol

##### III.1.1.1 Propriété chimiques

###### A. Dosage du calcaire total

En rappel, le calcaire total est défini comme étant la totalité du calcaire dosé par destruction à l'Hcl. Il est réalisé par la méthode du calcimètre de BERNARD. Le principe de dosage repose sur la décomposition du carbonate de calcium par l'acide chlorhydrique et la mesure du volume de CO<sub>2</sub> obtenu.



**Figure 04 :** les étapes de mesure du calcaire total par la méthode du calcimètre de BERNARD.

###### B. Calcaire actif

Le principe consiste à titrer l'excès de l'oxalate, par la manganimétrie et par la différence avec le résultat obtenu par l'oxalate d'ammonium départ (témoin), on estime le nombre d'ion gramme d'oxalate précipités et par la suite le nombre de mole de calcaire actif extrait.

###### C. Mesure de la conductivité électrique

Elle permet d'obtenir rapidement la teneur globale en sels dissous ; elle est mesurée à l'aide d'un conductivimètre, exprimé en mmhos/ cm .



**Figure 05 :** Mesure de la conductivité électrique

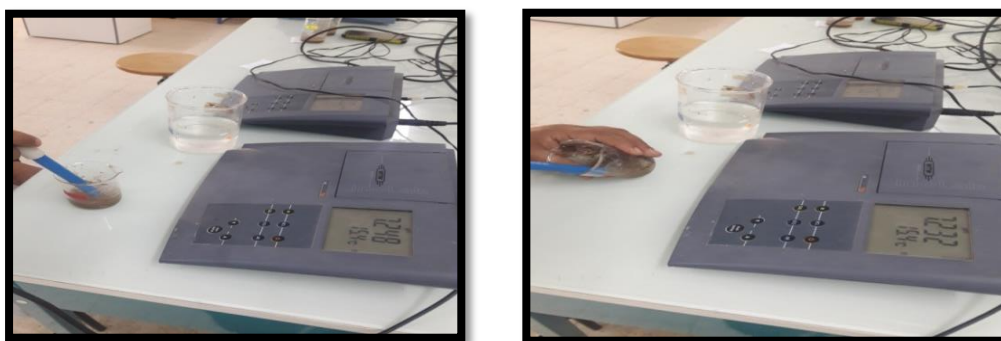
#### **D. Dosage de l'acidité du sol (pH)**

A été réalisée à travers la mesure des pH-eau et pH KCl

Le pH est le coefficient caractérisant l'état acide ou basique d'une solution. La mesure est effectuée par voie électrique sur une suspension de 20 g de terre fine dans 50 ml d'eau dégagée. On obtient le pH de l'eau ou acidité actuelle qui est la quantité d'ions  $H^+$  libres qu'elle contient.

La mesure du pH du sol est réalisée couramment selon deux méthodes :

- le pH eau correspond au pH d'une suspension de terre dans l'eau,
- le pH KCl correspond au pH d'une suspension de terre dans une solution de chlorure de potassium. Le pH KCl donne des valeurs inférieures au pH eau de 0,5 à 1 unité. Mais ces deux mesures sont redondantes et le pH eau , suffit à lui seul pour le diagnostic.



**Figure 06 :** Mesure des pH-eau et pH KCl

### III.1.1.2 Propriétés physico-chimiques

#### A. Dosage de la matière organique

La mesure de la matière organique a été réalisée par des prélèvements de 24 échantillons sur deux profondeurs (0-20 cm, 20-40 cm). La prise des échantillons du sol a été réalisée avec une tarière.

La matière organique a été évaluée au cours de la culture à partir de la méthode walkely et black.

La méthode Walkley-Black repose sur le principe que le bichromate de potassium oxyde le carbone contenu dans le sol. Le bichromate de potassium change de couleur selon la quantité de produits réduits et ce changement de couleur peut être comparé à la quantité de carbone organique présent dans le sol. Cette méthode permet de mesurer le carbone organique. Elle ne peut être utilisée si les sols contiennent plus de 20 % de matière organique.



**Figure 07** : Les étapes de détermination du taux matière organique dans le sol par la méthode walkely et black 1934

#### III.1.1.3 Propriétés biologiques du sol

Nous venons de voir dans la partie précédente les caractéristiques et propriétés physiques du sol. Pour certaines, elles vont être en lien direct avec les êtres vivants du sol ; mais nous allons voir que ceux-ci peuvent aussi modifier les caractéristiques et propriétés chimiques du sol. Exemple : comme les vers de terre.

### A. Les vers de terre

Les vers de terre transforment les débris végétaux en compost. Ils avalent les débris végétaux des plantes mortes ; des feuilles qui tombent des arbres et ils les transforment en les digérant en une matière que l'on appelle le compost.

Nous nous sommes intéressés à l'évaluation de l'activité biologique du sol vu nos observations visuelles sur le champ dont on a constaté des individus de vers de terre. A noter que durant la période de prélèvement (28/ 04/ 2019) le sol n'était pas humide.

#### Les étapes de prélèvements

- Marcher délicatement pour faire le moins possible de vibrations qui pourraient faire fuir les vers en profondeur et ne pas marcher sur la zone de prélèvements.
- Délimiter une placette d'un mètre carré dans une zone représentative de la parcelle, couper délicatement la végétation et l'exporter, sans gratter la surface du sol.
- Dans un arrosoir de 10 litres, dilué 300 grammes de moutarde fine et forte.
- Brasser et verser les 10 litres sur la placette, puis chronométrer 15 minutes.
- Pendant ce temps, préparer un deuxième arrosoir puis, avec des pinces, ramasser les vers qui sortent et les mettre dans une boîte de 10 cm de haut minimum contenant de l'eau.
- Répéter les opérations 4 et 5 fois au même endroit 15 minutes après avoir vidé le premier arrosoir. Une fois les 2 arrosages réalisés, recommencé les opérations 1 à 6 sur une deuxième placette (*à 6 mètres minimum de la première placette*), puis sur une troisième. Si la parcelle est très hétérogène, il est possible de faire plus de placettes. A chaque fois, les vers des différentes placettes sont placés dans un récipient différent. Pour chaque récipient, trier les vers par catégories écologiques (*épigés, anéciques tête rouge, anéciques tête noire et endogés*), en faisant la distinction entre adultes et juvéniles. Les compter et remplir la fiche de terrain. Les prendre en photo, puis les relâcher ou les envoyer au laboratoire.



Figure 08 : protocole de verre de terre

### III.1.2. Les résidus de culture

Les résidus de culture sont les parties aériennes des végétaux non récoltées et laissées sur le sol dans les champs ou les vergers au moment de la récolte: les tiges et les chaumes, feuilles et les gousses par exemple. Les résidus représentent une quantité importante de matière organique, souvent plus importante que celle des produits récoltés.

Ce paramètre a concerné le poids des résidus de tiges et feuilles de la culture précédente (blé dur), par mètre carré dans chacune des parcelles élémentaires.



**Figure 09** : Résidus de tiges et feuilles de blé après la récolte.

### III.1.3. L'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, sur deux profondeurs : 0-20 cm, 20-40 cm. Les prises des échantillons ont été réalisées à l'aide d'une tarière. Les échantillons sont placés sur le champ dans des boîtes métallique et mis à l'étuve après avoir été pesés. Après une durée de 24 heures, à une température de 105°C, ces échantillons sont à nouveau pesés et le calcul du pourcentage d'humidité relative au poids sec du sol est donné par la formule suivante (Baize, 2000).

$$\text{Humidité pondérale (\%)} = (\text{Poids humide} - \text{Poids sec} / \text{Poids sec}) * 100$$

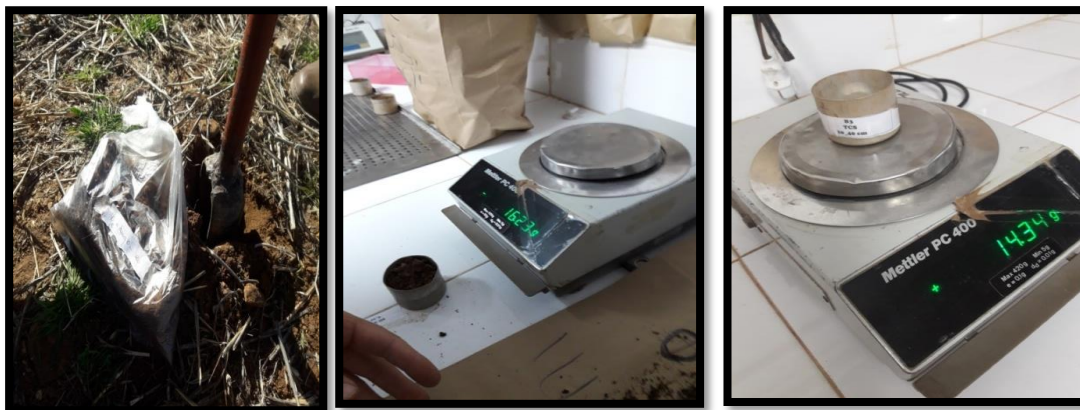


Figure 10 : Mesure de l'humidité de sol

#### III.1.4. 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 trois profondeurs (0-5 cm, 5-10 cm et 10-15 cm), avec trois répétitions pour chaque traitement. La masse volumique du sol ( $\text{g.cm}^{-3}$ ) est calculée selon l'équation (Baize, 2000).

$$(Da) = P / V$$

Da: la densité apparente;

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

V: le volume du cylindre utilisé exprimé en  $\text{cm}^3$ .

**Masse volumique du sol (da) = masse totale du sol sec / volume du cylindre**



Figure 11: méthode de prélèvement du sol de la densité apparente du sol

### III.1.5 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), avec trois répétitions pour chaque traitement comme le montre la figure 12.

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).

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

$R_p$  : résistance pénétrométrique

N : Lecture sur l'écran

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



**Figure 12** : Photo représentative de la mesure par pénétromètre

### III.1.6 Paramètres de salissement

Ce paramètre a concerné le suivi des mauvaises-herbes émergés par traitement. Il s'agit de dénombrer les plantes des adventices afin d'évaluer leur densité par mètre carré dans chacune des parcelles élémentaires. Le comptage a concerné toutes les espèces qui sont classées par famille botanique. L'observation des adventices a été réalisée au début de la phase végétative, au stade **tallage**, juste avant le deuxième désherbage chimique.

## III.2 Notations relatives à la culture

### III.2.1. Paramètres morphologiques de la plante

#### III.2.1.1 Taille des chaumes

On a mesuré la hauteur moyenne des tiges par prélèvement de cinq (05) tiges prises au hasard par chaque unité expérimentale et à l'aide d'une règle graduée, on a mesuré la hauteur de chaque tige en centimètres à partir du niveau de sol jusqu'à l'extrémité de l'épi.

#### III.2.1.2 Extension du système racinaire

La mesure de la longueur moyenne des racines a été effectuée à partir de collet jusqu'à l'extrémité. Elle a concerné l'ensemble de traitements, dont 15 plantes ont été prises au hasard et mesurées à l'aide d'une règle graduée-centimètres.

#### III.2.1.3 Profondeur de la semence

Un semis profond retarde l'émergence et peut même conduire à la mort des plantules (et ce d'autant plus facilement que la graine est petite). Il doit être évité, sauf dans le cas où l'on souhaite semer une plante de couverture tôt (éventuellement en même temps que la culture principale) pour des raisons d'accessibilité à la parcelle, mais où la levée de cette plante ne doit pas être trop précoce pour éviter qu'elle entre en compétition avec la culture.

Cette pratique nécessite cependant une bonne maîtrise technique du semis, et ne peut se faire qu'avec des plantes supportant un semis profond.

### III.2.2 Les paramètres physiologiques

#### III.2.2.1 La teneur relative en eau

Elle est déterminée sur la feuille étandard par la méthode décrite par Stocker (1929). Cinq feuilles de chaque parcelle élémentaire sont coupées à la base du limbe et pesées immédiatement à l'aide d'une balance de précision pour avoir le poids frais (PF). Les feuilles sont mises, par la suite, dans des tubes à essai contenant de l'eau distillée et placées à l'obscurité. Après 4 heures, les feuilles sont pesées de nouveau, après avoir pris soin de les essuyer de l'eau restante à la surface avec du papier buvard pour obtenir le poids turgide (PT). Les feuilles sont enfin mises à l'étuve à 85°C pendant 48 heures et pesées pour avoir leur poids sec (PS), Figure n° 13. La teneur relative en eau est calculée par la formule de (Matin, 1998) comme suit :

$$TRE (\%) = [(PF - PS) / (PT - PS)] \times 100$$



**Figure 13** : tubes à essai de la teneur relative en eau

### III.2.2.2 La teneur en chlorophylle

La teneur en chlorophylle totale présente dans les feuilles a été déterminée à l'aide d'un chlorophyllomètre plante digital de type SPAD 501, qui donne des lectures en unité SPAD. Le SPAD-501 est un appareil compact facile à utiliser pour mesurer la teneur en chlorophylle des feuilles des plantes sans les détériorer. Il est utilisé pour évaluer la teneur en azote des feuilles puisque la majeure partie de l'azote est contenue dans la chlorophylle. Le principe repose sur la mesure de la fraction de la lumière transmise par la feuille à deux ondes (650 nm et 940 nm) sur une surface de 2 mm × 3 mm. Sur le milieu de la feuille étendard, nous avons mesuré la teneur moyenne en chlorophylle total à raison de dix plants par chaque traitement étudié

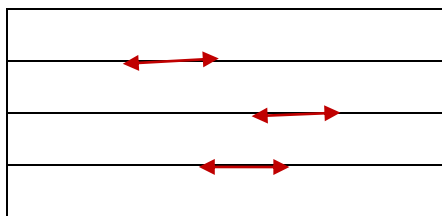
La chlorophylle est le pigment vert qui permet aux plantes de réaliser la photosynthèse.



**Figure 14:** Mesure du la teneur en chlorophylle

### III.2.2.3 Caractères agronomiques

Toutes les variables relatives à la culture ont été déterminées sur la base des mesures faites sur une station d'observation (échantillon de végétation) d'un mètre linéaire avec trois répétitions pour chaque traitement, puis les chiffres obtenus seront ramenés au mètre carré (Figure n°15).



**Figure 15** : schéma de fixation des stations de notation

#### a. 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.

#### b. Nombre de talles par m<sup>2</sup>

Cette mesure a été effectuée en stade tallage par le comptage du nombre de talles, produites par la culture.

#### C. Composantes de rendements

##### C1. Nombre d'épis par mètre carré (NE/ m<sup>2</sup>)

Au stade de maturation, on a mesuré le nombre d'épis par un mètre carré dans chaque parcelle élémentaire (traitement).

##### C2. Nombre de graines par épi (NGE)

À la fin de maturation des grains on a pris au hasard sur chaque traitement 10 épis, où on a effectué un comptage des grains par épis.

##### C3. Poids de mille grains (PMG)

À la récolte finale de grains en pleine maturation on a pesé 250 graines manuellement puis on a rapporté à 1000 graines, en multipliant par quatre, en unité grammes.

#### D. Rendement de la Biomasse

La matière sèche est mesurée à stade épiaison-floraison. La végétation échantillonnée est fauchée d'un segment de rang de 1 m de long par parcelle élémentaire. Le poids sec est déterminé après passage à l'étuve à une température de 105 C° pendant 24 heures. Les valeurs sont exprimées en g/m<sup>2</sup>.

#### E. Rendement en paille

La mesure du poids des tiges sans épis de chaque parcelle élémentaire a concerné l'ensemble de traitement.

**F. Le calcul du rendement théorique (q/ha):** le rendement théorique est calculé à partir de la formule suivante:

$$Rdt (q/ha) = [(nombre\ d'épis/m^2) \times (nombre\ de\ grains/épi) \times PMG] / 1000$$

**G. Rendement réel (q/ha):** Après la récolte de toutes les parcelles, nous avons procédé à la peser des grains et le rendement est rapporté à hectare en quintaux (q/ha).

#### K. Indice de récolte

L'indice de récolte est le rapport du rendement en grains sur le rendement en biomasse aérienne totale. (Bouzerzour, 1998) rapporte que dans les milieux variables, il faut assurer une production de biomasse aérienne suffisante pour garantir rendement acceptable.

$$IR = \text{rendement en grains} / \text{biomasse}$$

#### III.2.3. Traitement statistiques

Les analyses statistiques ont été réalisées à l'aide de logiciel COSTAT version 5. 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 %.

Une fois que les différences significatives ont été mises en évidence, on procède à la constitution des groupes de traitements homogènes grâce au test de *NEWMAN KEULS*. Ce dernier classe les groupes de traitements homogènes en se basant sur les plus petites amplitudes significatives (*ppas*). Lorsque l'amplitude observée entre les moyennes extrêmes d'un groupe de (*K*) moyennes est inférieure à la *ppas*, alors on en déduit que les (*K*) moyennes constituent des groupes homogènes.

## Chapitre IV: Résultats et discussion

### IV.1 Paramètres liées au sol

#### IV.1.1 Paramètres physico-chimiques du sol

##### a. Texture

Le sol du site expérimenté est moyennement profond, sa profondeur varie de 40 à 70 cm. Le sol est situé en surface plane et caillouteuse, caractérisé par une texture fine limono-argileuse (tableau 09), Le taux du calcaire total (22,3%), révèle que le sol est fortement calcaire, avec un taux élevé de calcaire actif (9,02 %), comme s'est confirmé par Laabad et *al.* 2018..

##### b. pH et conductivité électrique

Selon les normes adoptées par Baize (1988), la parcelle expérimentale présente un pH peu alcalin (7,75) comme le montre le tableau 09. Quant à la conductivité électrique mentionnée dans le (tableau 09), on peut dire que notre sol est non salé.

**Tableau 09:** Propriétés physico-chimiques du sol de la parcelle expérimentale

Caractéristiques du sol	Profondeur		Moyenne
	0-20 cm	20- 40 cm	
<b>Granulométrie</b>	limono-argileuse		
<b>Argile (%)</b>	35.72		35.72
<b>Limon (%)</b>	37.82		37.82
<b>Sable (%)</b>	26.45		26.45
<b>pH eau</b>	7.8	7.75	7.75
<b>pH kcl</b>	7.15	7.17	7.16
<b>Calcaire totale (%)</b>	21,48	23,08	22,28
<b>Calcaire actif(%)</b>	8,87	9,16	9,02
<b>Conductivité électrique <math>\mu\text{s/cm}</math></b>	110	132.85	121,425

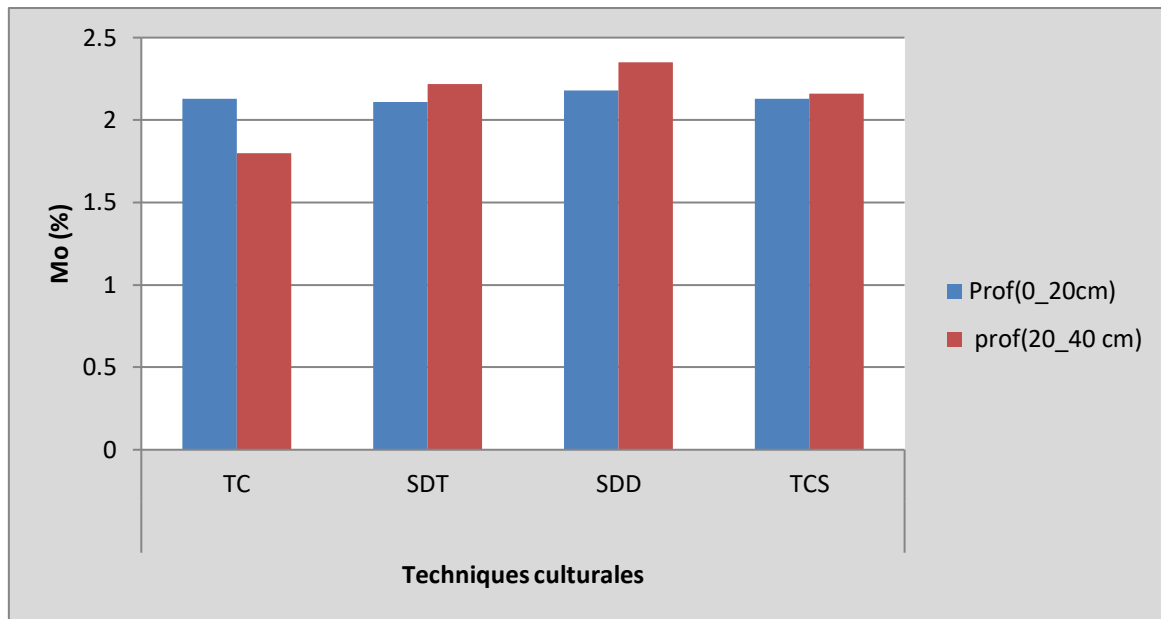
#### IV.1.2 Matière organique (MO %)

Les résultats obtenus illustrés par les histogrammes de (la figure n° 16) montrent que le semis direct à disque (SDD) et à dent SDT) ont en moyenne une matière organique élevée (2,26 % et 2,16 %) comparé à celle du travail cultural simplifié (TCS) et du travail conventionnel (TC), respectivement: 2,14 % et 1,96 %. Ceci peut probablement être dû à l'effet cumulatif de la matière organique durant ces trois dernières années, date de début de l'expérimentation et la minéralisation plus prononcée chez le travail conventionnel et technique culturale simplifiée.

Par profondeur, on remarque qu'en moyenne, le taux de matière organique en surface (P1: 0-20 cm) s'élève à 2,14 %, qui avoisine ce de la partie sous jacente (P2: 20-40 cm): 2,13 %.

La combinaison entre la technique culturale et la profondeur du sol, montre que en semis direct à disque, la partie supérieur (P1: 0-20 cm) présente un pourcentage en matière organique moyennement élevé (2,18%), comparé à ce de la partie inférieure (P2: 20-40 cm) : 2,35 %. En second position, on souligne que le semis direct à dent est relativement élevé en surface (PI: 2,11%) comparé à ce de la partie inférieure (P2: 2,22 %). En troisième position, le travail cultural simplifié (TCS) en surface (PI: 2,13 %) est légèrement élevé comparé à ce de la partie inférieure (P2: 2,16 %). Cependant, en travail conventionnel, la présence de la matière organique demeure plus élevé en partie superficielle (P1: 2,13 %), comparée à la partie inférieure (P2: 1,8 %).

On peut dire, qu'en général, la tendance de la présence de la matière organique est semblable pour les deux profondeurs (2,14% et 2,13 %). Seulement, à la troisième année d'expérimentation, nous remarquons qu'en semis direct (à disque et à dent), la matière organique l'égerment élevée en partie sous jacente comparée à la partie superficielle est due par l'effet de la stabilité de cette dernière et d'accumulation ces dernières années. En technique culturale simplifiée, la matière organique, reste aussi élevée en partie inférieure par l'effet des résidus des cultures précédentes qui restent enfouilles profondément. Par contre, en travail conventionnel, la matière organique est plus ramenée en surface par l'effet de retournement du sol. Pour le semis direct, cette tendance va être probablement accentuée après plusieurs années d'expérimentation, vue l'intérêt du semis direct sur l'accumulation de la matière organique en surface. De fait, les effets positifs du semis direct sur la structure du sol, les activités biologiques et les niveaux de rendement ne se manifestent donc pas immédiatement, mais après quelques années (Adrien, 2007).



**Légende:** SDD: semis direct à disque, SDT : semis direct à dent, TC : travail conventionnel, TCS : travail cultural simplifié

**Figure n° 16:** teneur en matière organique des techniques culturales (%).

#### IV.1.3 Profil hydrique dans le sol

La conservation de l'eau est un paramètre important de la qualité du sol. Elle constitue souvent un facteur limitant dans la productivité en agriculture. Plusieurs travaux de recherche rapportent que le non labour améliore les propriétés de rétention en eau du sol en comparaison avec la technique conventionnelle (Benniou et *al.*, 2018 ; Belgueri et *al.*, 2007 ; Chikhi et *al.*, 2009 ; Maamri et *al.*, 2010).

On rappelle, pour mettre en évidence l'effet des quatre techniques culturales (SDD, SDT, TC, TSC) sur ce paramètre, à savoir l'évolution d'humidité du sol cultivé a été réalisée au cours du cycle végétatif de la culture de blé dur au niveau deux profondeurs: 0-20 cm et 20-40 cm. Dans l'ensemble quatorze (14) prélèvements ont été réalisés durant tout le cycle végétatif.

Le suivi de l'évolution de l'humidité pondérale du sol dans les quatre techniques culturales à travers les deux profondeurs (0-20 cm et 20-40 cm), illustrées par les histogrammes de la figure n° 17 montrent des variations plus au moins importantes par rapport aux techniques culturales et phases et stades physiologiques de la céréale (blé dur).

Par technique culturale, on note que le cumule d'humidité est plus élevé en semis direct à disque, avec 18,90 %, suivi par la technique culturale simplifiée (18,50 %) et le travail conventionnel (18,08 %) et le semis direct à dent (18,05 %). Ceci est dû

essentiellement à la couverture du sol par la matière organique ; ce dernier qui a permis l'infiltration de l'eau par l'effet de la couverture du sol, et l'empêchement de l'évaporation du sol comme dans le cas du travail conventionnel suite à l'ouverture du sol.

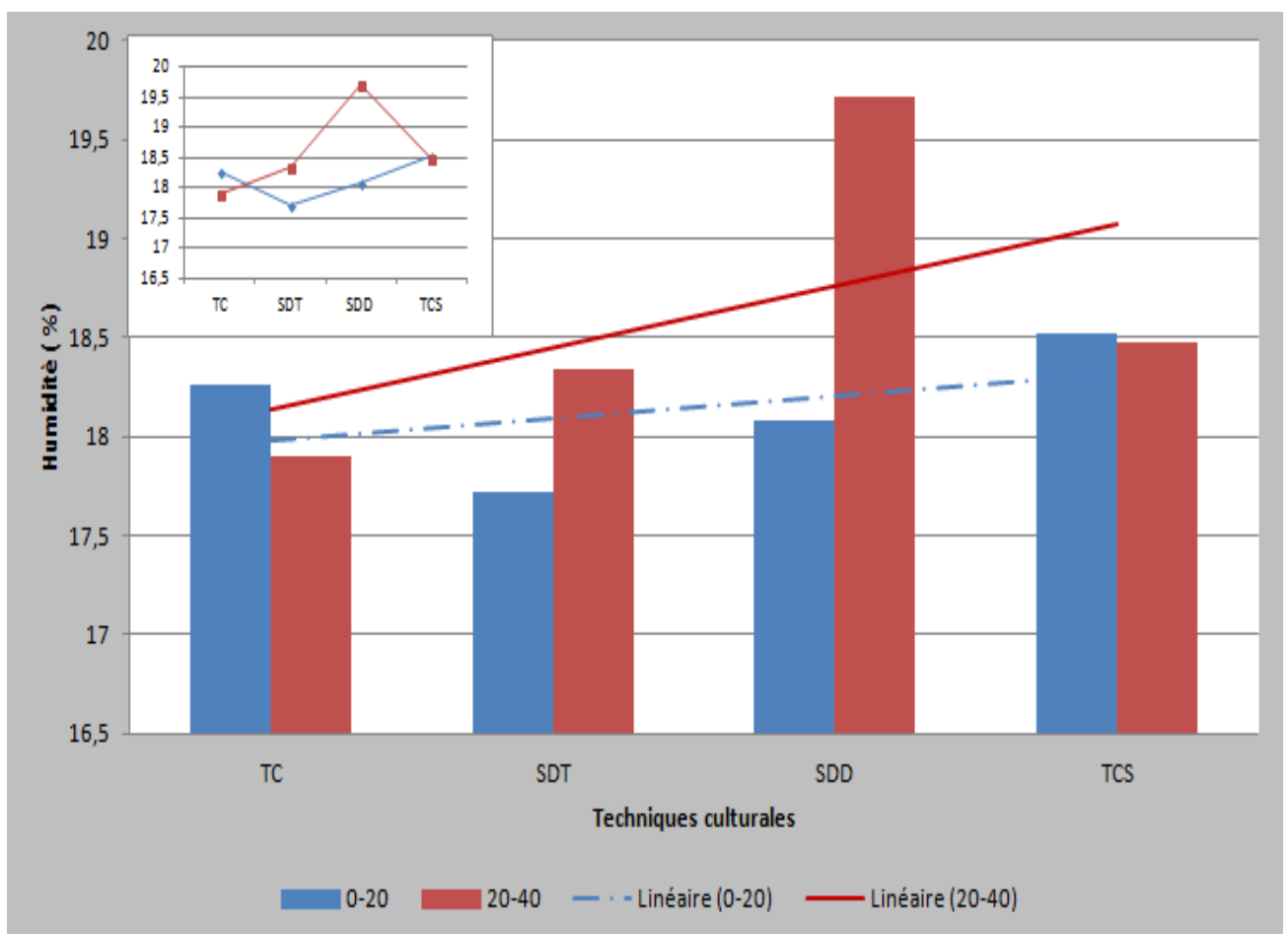
Par profondeur du sol, les histogrammes et les courbes de tendance linéaires figure n° 17 montrent que la partie sous jacente (20-40 cm) accumule plus de l'eau (18,61 %) que la partie supérieure (0-20 cm), 18,14 %. Alors, la combinaison, profondeur du sol et technique culturale est à la faveur du semis direct par rapport au technique culturale simplifiée et travail conventionnel. Ceci montre clairement l'intérêt du semis direct dans l'accumulation de l'eau dans les parties sous jacentes du sol.

Par rapport au cycle culturale, les histogrammes des figures n° 18 et 19 nous fait remarquer que l'humidité dans le sol varie en fonction de technique culturale. En surface (0-20 cm), le semis direct à disque (SDD) a donné au début du cycle végétatif (au stade levé) une humidité moyenne relativement élevée: 18,69 %, suivi par la technique culturale simplifiée (TCS): 18,50 %, le travail conventionnel (TC): 17,79 % et en dernier lieu le semis direct à dent (SDT): 15,76 %. En profondeur (20-40 cm), le SDT (à dent) qui accapare la première place (19,12 %) est suivi par le TCS (18,06 %), SDD (17,50%), et le TC, avec 16,98 %.

Au stade montaison, on enregistre une augmentation de taux d'humidité en TCS (21,50 %), en profondeur 0-20 cm et de 23,42 % pour la profondeur 20-40 cm. Cependant, en fin du cycle végétatif, essentiellement au stade de maturité, dans les deux profondeurs, le semis direct à disque suivi par le semis direct à dent a donné des résultats meilleurs par rapport respectivement à la technique culturale simplifiée et au travail conventionnel ; ceci montre l'importance de la technique non labour (semis direct) dans l'emménagement de l'eau en fin du cycle. De fait, le semis direct garde une proportion plus élevée d'humidité, surtout en semis direct à dent dans les deux profondeurs (0-20 cm, 20-40 cm), respectivement: le semis direct à disque (11,35 % et 14,97 %), suivi par le semis direct à dent (11,34 % et 12,13 %) en comparaison à la technique culturale simplifiée (10,82 % et 11,67 %) et le travail conventionnel (11,06 % et 11,64 %). Cette différence est due à plusieurs effets: le rôle de semis direct permet de créer, d'entretenir et de préserver une bonne structure du sol dans tout le profil cultural, et permettre de garder un bon profil hydrique (Benniou et *al.*, 2018 et Belgueri et *al.*, 2007). Ce profil hydrique, différencie par la teneur en eau ; il est plus élevé en semis direct (SD) et il serait le résultat de l'évaporation réduite et du faible écoulement de l'eau due à la présence des résidus de culture à la surface et/ ou de la plus grande rétention en eau (Shukla, 2003) ; ce qui traduit un taux d'humidité élevée. De fait, le système semis direct limite les pertes en eau, permettant ainsi, une meilleure alimentation hydrique des cultures

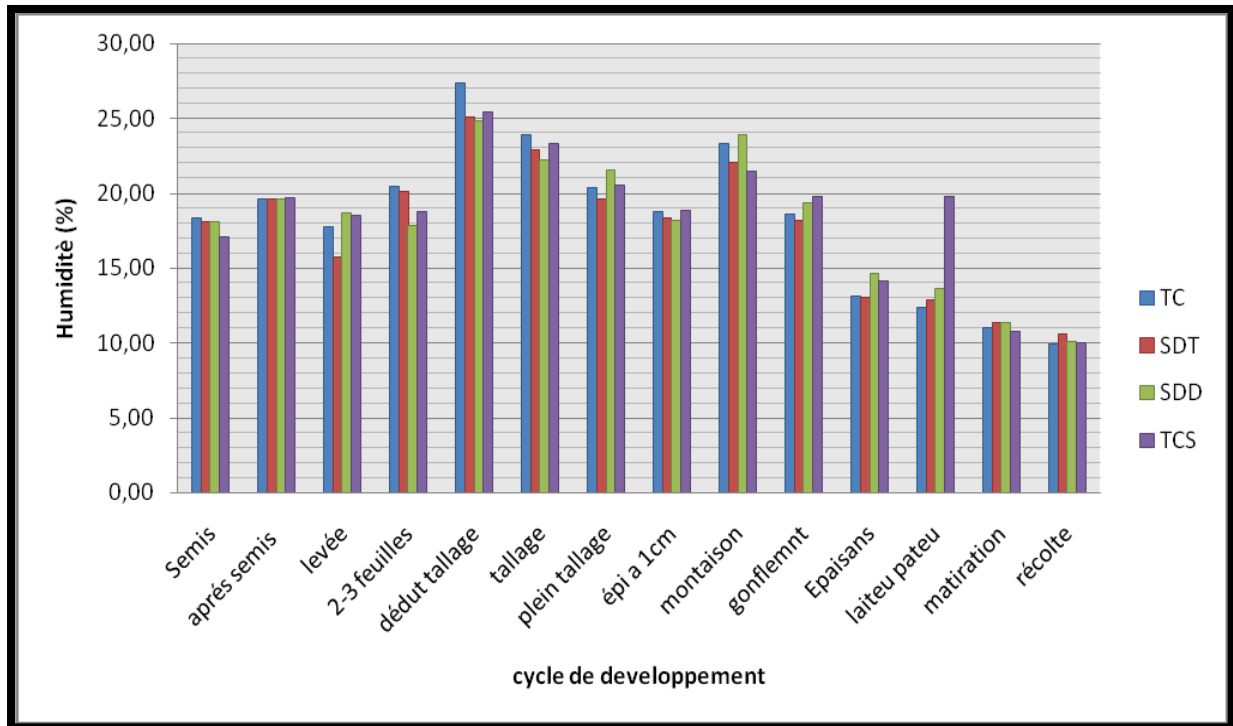
surtout en fin de cycle végétatif des cultures surtout en partie sous jacente .En plus, la réduction de ruissellement est suite à une meilleure protection de la surface du sol contre la battance du sol.

On conclu que durant tout cycle végétatif, le semis direct (soit à dent ou à disque), a présenté le plus élevé taux d'humidité même en conditions de sécheresse ou en conditions pluvieuses et dont sa bonne répartition a caractérisé presque toute la campagne agricole. Selon Mrabet (1997), la non manipulation du sol et le maintien d'un couvert végétal aident à prolonger la durée de dessèchement de la surface et gardent le sol plus humide sur une période du temps plus longue, notamment en profondeur.



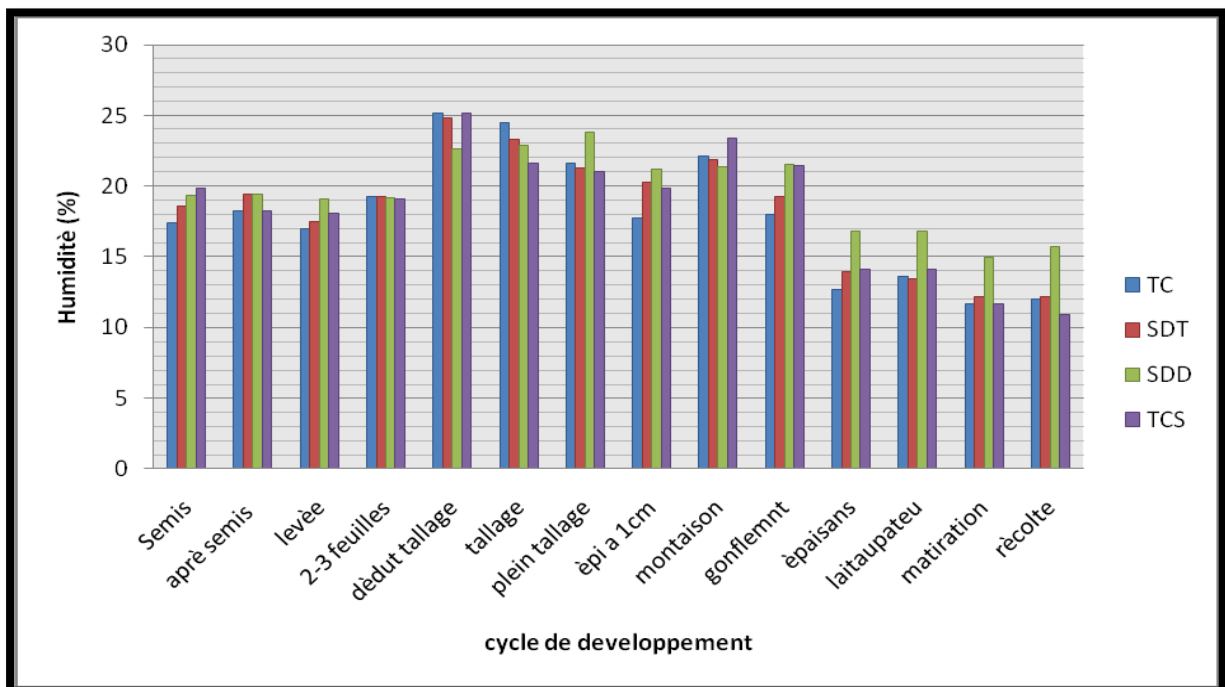
**Légende:** SDD: semis direct à disque, SDT : semis direct à dent, TC: travail conventionnel, TCS: travail cultural simplifié

**Figure 17 :** le taux de l'humidité pondérale du sol par technique culturale et la profondeur du sol (%).



**Légende:** SDD: semis direct à disque, SDT : semis direct à dent, TC: travail conventionnel, TCS: travail cultural simplifié

**Figure18 :** Evolution de taux de l’humidité pondérale dans le sol (profondeur 0-20 cm).



**Légende :** SDD: semis direct à disque, SDT: semis direct à dent, TC: travail conventionnel, TCS: travail cultural simplifié

**Figure 19:** Evolution de taux de l’humidité pondérale dans le sol (profondeur 20-40 cm).

#### IV.1.4 Résistance pénétrométrique du sol: R (N/cm<sup>2</sup>)

Les résultats de l'analyse agronomiques de la résistance pénétrométrique du sol révèlent des différences entre les systèmes de culture et la profondeur du sol également l'interaction technique et profondeur du sol (tableau 2 annex I) .

Par technique culturale, on note que le semis direct à dent (SDT) accapare la première place, suivi par le semis direct à disque (SDD), technique culturale simplifiée (TCS) et en dernier le travail conventionnel (TC) comme le montre la figure n° 20. Par profondeur, on note en premier lieu, la profondeur du sol 10-15 cm (730,33 N/cm<sup>2</sup>), suivi par la profondeur 5-10 (672,50 N/cm<sup>2</sup>), et en dernier lieu la profondeur 0-5 cm dont la moyenne est de 490,83 N/cm<sup>2</sup> comme le montre la figure n° 20.

Par profondeur, fonction des techniques culturales, on signale qu'en profondeur 0-5 cm dont la moyenne générale est de 490,83 N/cm<sup>2</sup>, l'analyse des moyennes a dégagé trois groupes de techniques culturales. Le premier groupe, englobe le semis direct à disque (620 N/cm<sup>2</sup>) et le semis direct à dents (546,66 N/cm<sup>2</sup>). En deuxième et troisième position vient le travail conventionnel (426,66 N/cm<sup>2</sup>) et technique culturale simplifiée (370 N/cm<sup>2</sup>) comme le montre la figure n° 21.

Pour la profondeur 5-10 cm, dont la moyenne générale est de 672,50 N/cm<sup>2</sup>, Le classement des moyennes indique également trois groupes ; ensemble, le semis direct à dent (756,66 N/ cm<sup>2</sup>), le semis direct à disques (690 N/ cm<sup>2</sup>), suivi par la technique culturale simplifiée avec 690 N/ cm<sup>2</sup> et enfin le travail conventionnel (573,33N/ cm<sup>2</sup>), figure n° 22.

Pour la profondeur 10-15, dont la moyenne générale est de 730,33 N/cm<sup>2</sup>. L'analyse agronomique révèle que le classement des moyennes indique trois groupes en faveur du semis direct. Ensemble, le semis direct à dent (790 N /cm<sup>2</sup>) et le semis direct à disque (733,33 N/ cm<sup>2</sup>), suivi par la technique culturale simplifiée (718 N/ cm<sup>2</sup>) et enfin le travail conventionnel (680 N/ cm<sup>2</sup>), figure n°23.

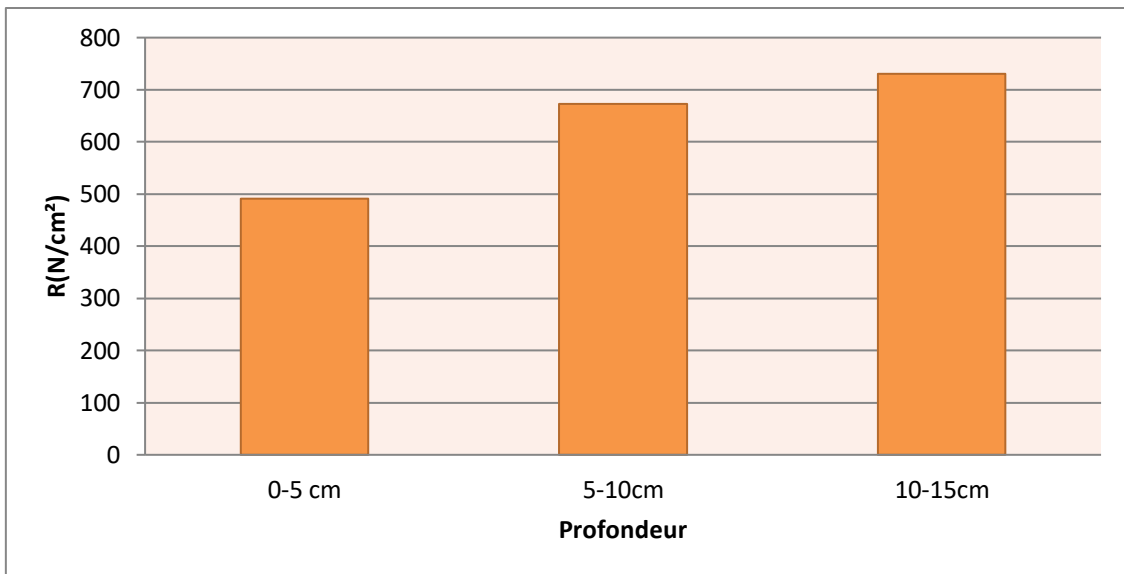
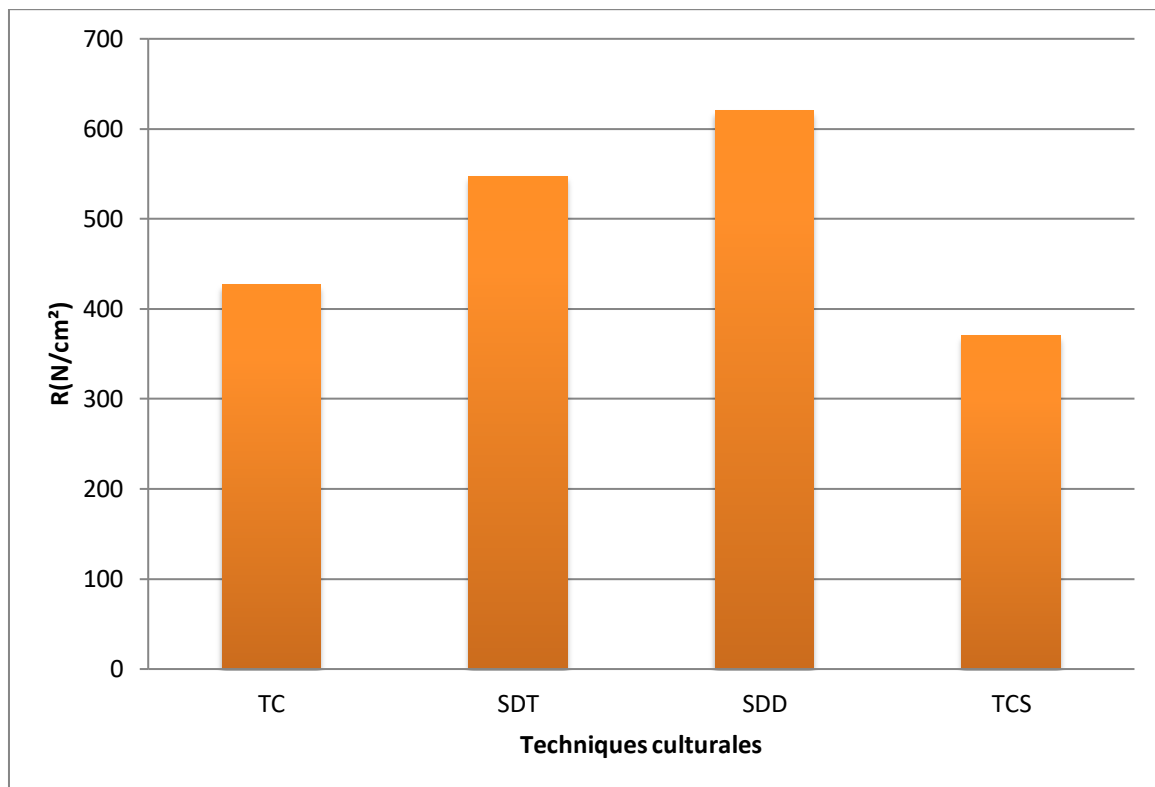
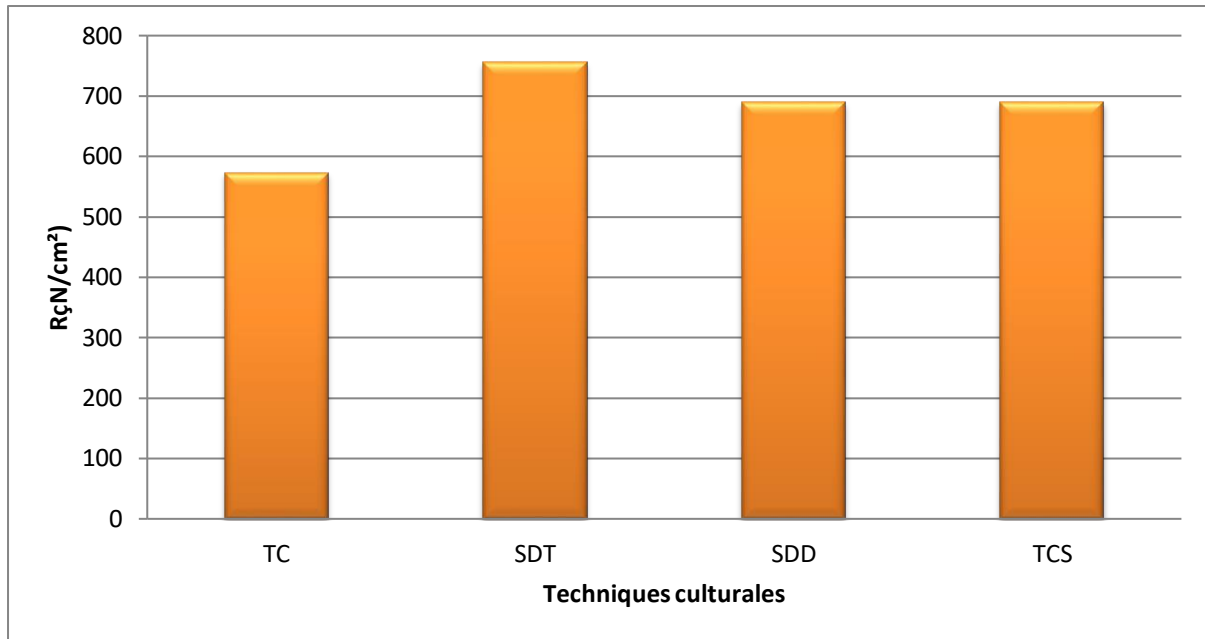


Figure 20 : Effet de technologie culturale sur la résistance au pénétromètre par profondeur.



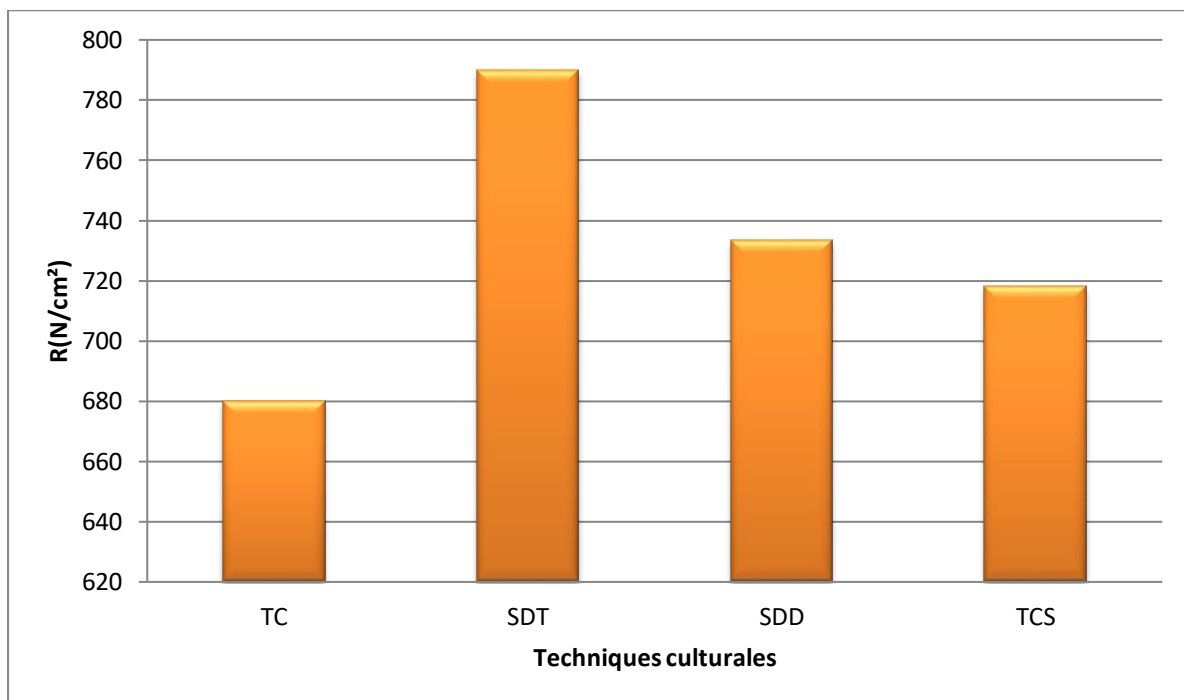
Légendes: *SDD*: semis direct à disque, *SDT*: semis direct à dent *TC* : travail conventionnel, *TCS*: techniques culturales simplifiées

Figure 21 : la résistance au pénétromètre (0-5 cm) entre les systèmes de travail du sol.



**Légendes:** *SDD*: semis direct à disque, *SDT*: semis direct à dent *TC*: travail conventionnel, *TCS*: techniques culturales simplifiées

**Figure 22** : la résistance au pénétromètre (5-10 cm) entre les systèmes de travail du sol.



**Légendes:** *SDD*: semis direct à disque, *SDT*: semis direct à dent *TC*: travail conventionnel, *TCS*: techniques culturales simplifiées

**Figure 23** : la résistance au pénétromètre (10-15 cm) entre les systèmes de travail du sol.

#### IV.1.5 Densité apparente

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

Par technique culturale, la densité apparente a été relativement élevée en semis direct à dent ( $1,25 \text{ g/cm}^3$ ), suivi par le travail cultural simplifié ( $1,24 \text{ g/cm}^3$ ), semis direct à disque ( $1,20 \text{ g/cm}^3$ ) et en dernier lieu le travail conventionnel ( $1,11 \text{ g/cm}^3$ ).

Par profondeur, en fonction de la technique culturale, on note trois groupes de technique culturale dans chacune des trois profondeurs (0-5 cm, 5-10 cm et 10-15 cm). En premier lieu, pour la profondeur du sol (5-10 cm), on note une densité de  $1,26 \text{ g/cm}^3$ , suivi par la profondeur (10-15 cm) :  $1,235 \text{ g/cm}^3$  et en dernier lieu la profondeur (0-5 cm) dont la moyenne est  $1,099 \text{ g/cm}^3$  comme le montre la figure n° 24.

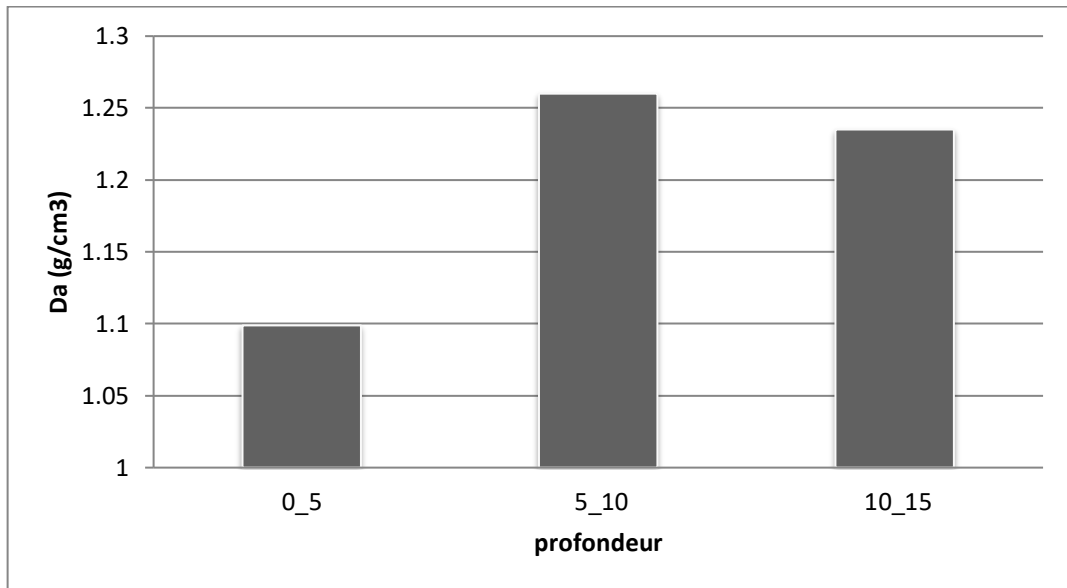
Pour la profondeur du sol, en surface (0-5 cm), la moyenne de l'essai en densité apparente du sol s'élève à  $1,099 \text{ g/cm}^3$  avec un écart type de  $0,091 \text{ g/cm}^3$ . Alors, on distingue en premier le semis direct à dent ( $1,14 \text{ g/cm}^3$ ), suivi par la technique culturale simplifiée ( $1,133 \text{ g/cm}^3$ ) et en dernier respectivement le travail conventionnel et le semis direct à disque:  $1,08 \text{ g/cm}^3$  et  $1,043 \text{ g/cm}^3$  (figure n° 25).

Pour la profondeur du sol 5-10 cm, la moyenne de l'essai pour les quatre technologies culturales s'élève à  $1,26 \text{ g/cm}^3$ , avec un écart type de  $0,069 \text{ g/cm}^3$ . Alors, à partir des histogrammes de la figure n°26 on observe l'effet de la technologie culturale sur la densité apparente du sol. Cette dernière est la plus élevée en semis direct à dent avec  $1,37 \text{ g/cm}^3$ , suivi par technique culturale simplifiée ( $1,27 \text{ g/cm}^3$ ), et le semis direct à disque ( $1,26 \text{ g/cm}^3$ ) et enfin le travail conventionnel ( $1,137 \text{ g/cm}^3$ ).

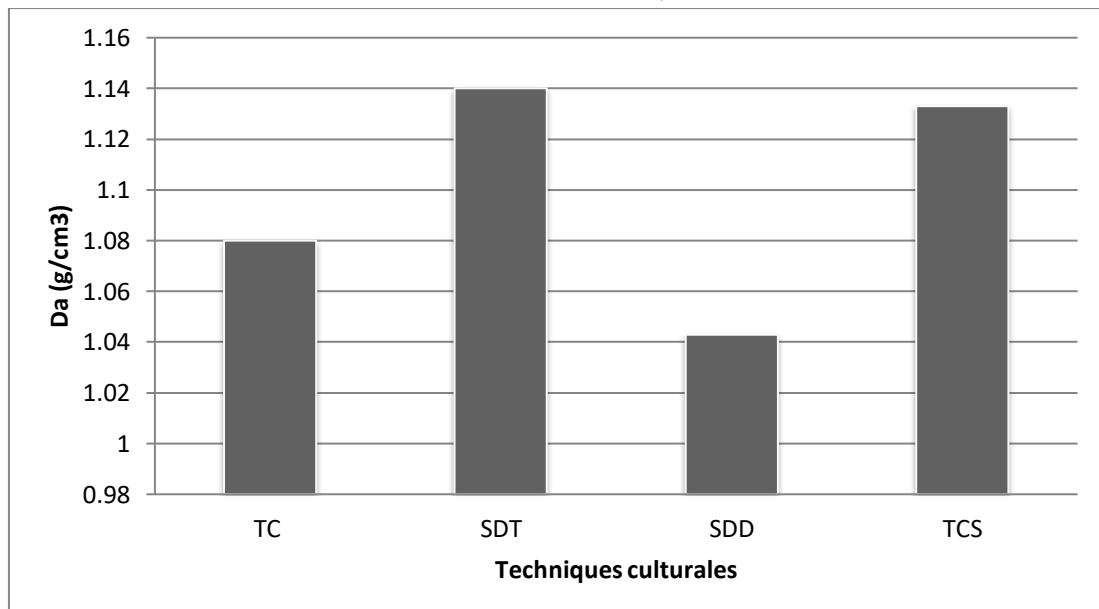
Pour la profondeur (10-15 cm), la moyenne de l'essai s'élève à  $1,235 \text{ g/cm}^3$ , avec un écart type de  $0,066 \text{ g/cm}^3$ . Alors, à partir des histogrammes de la figure n° 27, on observe l'effet de la technologie culturale sur la densité apparente du sol. Cette dernière est la plus élevée en technique culturale simplifiée ( $1,323 \text{ g/cm}^3$ ), suivie par le semis direct à disque, avec  $1,257 \text{ g/cm}^3$  et le semis direct à dent ( $1,237 \text{ g/cm}^3$ ) et le travail conventionnel ( $1,123 \text{ g/cm}^3$ ).

De nombreuses études réalisées dans des conditions pédoclimatiques variées concluent tous à une augmentation de la densité apparente en semis direct, dans les cinq à dix premiers centimètres de sol (Ehlers *et al.*, 1983 ; Hammel, 1989 ; Hill, 1990 ; Grant et Lafond, 1993 ; Unger et Jones, 1998 ; Lampurlanes et Cantero-Martinez, 2003 ; Basic *et al.*, 2004). L'augmentation de la densité apparente du sol est toutefois moins importante dans le système de travail du sol réduit (TCS) comparé au système de semis direct (Key et Vandan Bygaard,

2002). Tebrugge et 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 culturale. Le non retournement des couches de sols par la charrue ou les techniques de travail superficiel, surtout les techniques de semis direct, favorisent l'activité fouisseuse de la faune du sol, et la présence de bio-pores contribue donc à diminuer les effets de ces techniques sur la densité apparente du sol sur le long terme (au-delà de 10 années de l'adoption de ces techniques).

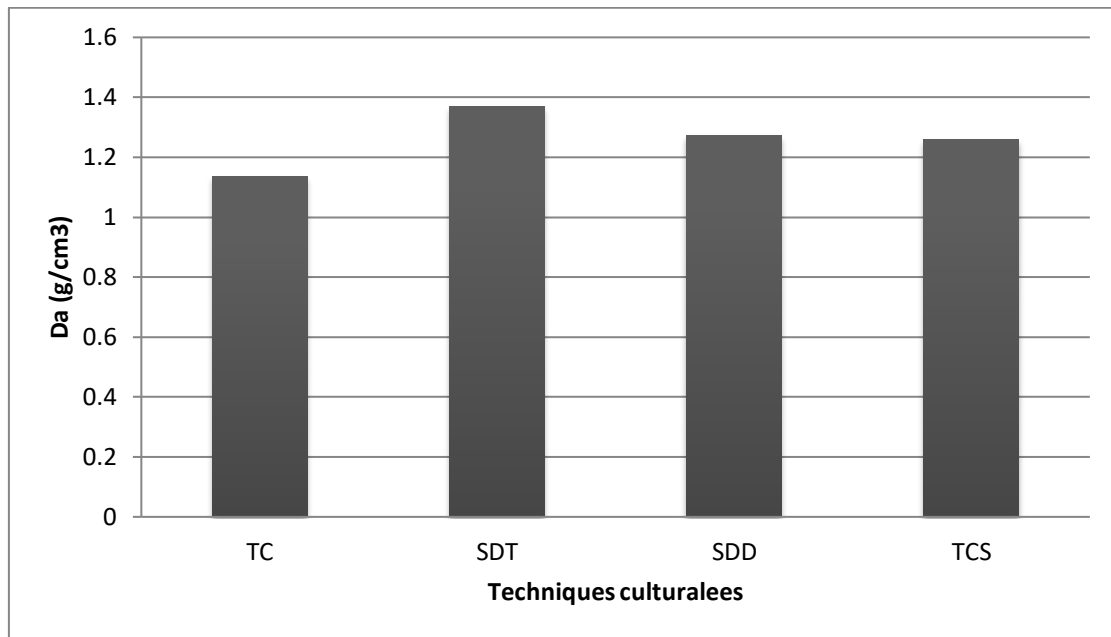


**Figure 24 :** Effet de technologie culturale sur la densité apparente en profondeur (0-5 cm ; 5-10 cm ; 10-15 cm).



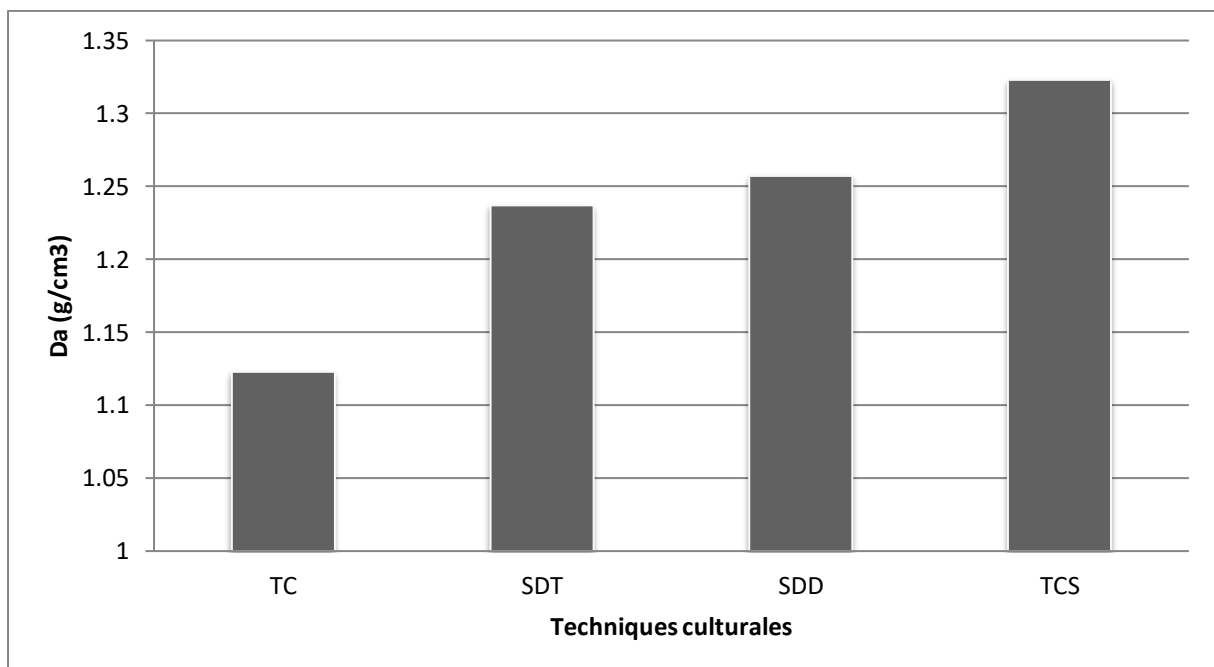
**Légendes:** *SDT*: semis direct à dent, *SDD*: semis direct à Disque *TCS*: technique culturale simplifiée, *TC*: travail conventionnel.

**Figure 25 :** l'effet de technologie culturale sur la densité apparente en profondeur (0-5 cm).



**Légendes:** *SDT*: semis direct à dent, *SDD*: semis direct à Disque *TCS*: technique culturale simplifiée, *TC*: travail conventionnel.

**Figure 26:** l'effet de technologie culturale sur la densité apparente en profondeur (5\_10 cm).



**Légendes:** *SDT*: semis direct à dent, *SDD* : semis direct a disque ; *TC*: travail conventionnel, *TCS*: techniques culturales simplifiés

**Figure 27 :** l'effet de technologie culturale sur la densité apparente en profondeur (10\_15 cm).

## IV.1.2 Paramètres biologiques du sol

### IV.1.2.1. Vers de terre

On rappelle que les vers de terre se composent en trois catégories écologiques : **(i)** les Épigés : espèces de petite taille (*1 à 5 cm*), de couleur rouge sombre. Ils vivent dans l'horizon superficiel organique du sol ou dans les amas organiques (*fumier, compost, litières de feuilles, écorces, bouses...*) et sont donc peu présents en grandes cultures. **(ii)** les endogés: espèces de taille moyenne à grande (*1 à 20 cm*) et faiblement pigmentées (*rose, vert ou gris clair*), et **(iii)** Anéciques: ce sont les plus grosses espèces (*10 à 110 cm*). Leur couleur, plus intense du côté de la tête, varie du rouge-brun au gris-noir. (Marion Vigot et al., 2014).

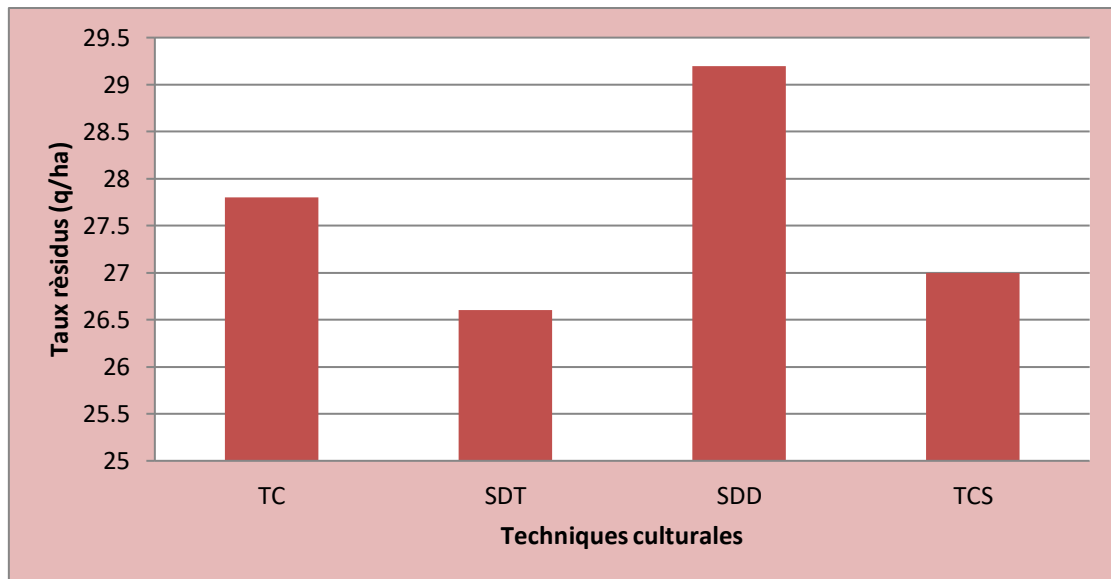
Concernant les résultats de notre essai, nous n'avons pas trouvé de vers de terre dans les différents traitements étudiés (SDD, SDT, TC et TCS). A noter que nous avons réalisé les prélèvements le mois d'avril au stade gonflement de la culture. A noter que ce paramètre a été pris en considération suite aux observations visuelles qui ont bien montré la présence des vers de terre essentiellement dans certains blocs de nos essais comme celles de semis direct.

### IV.1.2.2. Les résidus de cultures

Selon les résultats du tableau 10 et les histogrammes de la figure n° 28 cités ci-dessous montrent que le semis direct à disque accumule plus des résidus comparé respectivement au travail conventionnel, technique culturale simplifiée et le semis direct à dent. Ceci peut être expliqué par des accumulations des résidus des cultures précédentes durant ces trois dernières années d'expérimentation.

**Tableau 10:** moyennes des résidus de cultures par traitement (q/ha)

Technique culturale (unité)				Moy
TC	SDT (à dent)	SDD (à disque)	TCS	27,6
27,8	26,6	29,2	27,0	



**Légendes:** *SDT*: semis direct à dent, *SDD* : semis direct a disque ; *TC*: travail conventionnel, *TCS*: techniques culturales simplifiés

**Figure 28** : l'effet de technologie culturelle sur les résidus de cultures.

## IV.2. Paramètres de salissement

### IV.2.1. Mauvaises herbes

L'observation des adventices a été réalisée au début de la phase végétative, au stade tallage, juste avant le deuxième désherbage chimique. L'inventaire des espèces adventices a permis de recenser 09 espèces.

Les dicotylédones sont représentées par 07 familles, 07 espèces et 07 genres contre 2 familles, 2 genres et 2 espèces pour les monocotylédones. Le nombre total d'adventices s'élève à 543 plantes.

Au cours de cette étude les familles les plus fréquentes sont les Polygonacées qui présentent une densité de 271 plantes/ m<sup>2</sup> et la famille des poacées avec une densité de 161 plantes/ m<sup>2</sup>. Alors, la famille des fabacées une plantes/ m<sup>2</sup>, des Scrophulariceae 48 plantes/ m<sup>2</sup>, des Papaveraceae 18 plantes/ m<sup>2</sup>, des Asteraceae une plantes/ m<sup>2</sup>, des Brassicaceae 34 plantes/ m<sup>2</sup> et des Malvaceae 08 plantes/ m<sup>2</sup>.

Le traitement le plus infesté par les adventices est le semis direct à disque avec une densité de 199 plantes/ m<sup>2</sup>, suivi par le travail conventionnel (179 plantes/ m<sup>2</sup>), le semis direct à dents et le travail cultural simplifié (communément appelé travail minimum) présente chacun 96 et 69 plantes/ m<sup>2</sup> respectivement (tableau n°11).

**Tableau 11:** Evaluation des adventices par traitement et par famille au stade tallage en nombre de plantes/m<sup>2</sup>

	Famille	Espèce	TC	SDT	SDD	TCS	totale
<b>Monocotyledone</b>	Poaceae	<i>Bromus rubens L.</i>	41	54	55	9	159
		<i>Bromus rubens L.</i>	//	//	2	//	2
<b>Dicotyledones</b>	Polygonaceae	<i>Polygonum aviculare L.</i>	105	14	106	46	271
	Scrophulariceae	<i>Veronica persica Poiret.</i>	24	8	3	13	48
	Papaveraceae	<i>Papaver rhoeas L.</i>	8	6	3	1	18
	Asteraceae	<i>Cirsium arvense L.</i>	1	//	//	//	1
	Brassicaceae	<i>Sinapis arvensis L.</i>	//	4	30	//	34
	Malvaceae	<i>Malva sylvestris L.</i>	//	8	//	//	8
	Fabaceae	<i>Vicia sativa L.</i>	//	2	//	//	2
<b>Totale</b>	8 Familles	<b>9 espèces</b>	179	96	199	69	543

### IV.3. Paramètres morphologiques de la culture

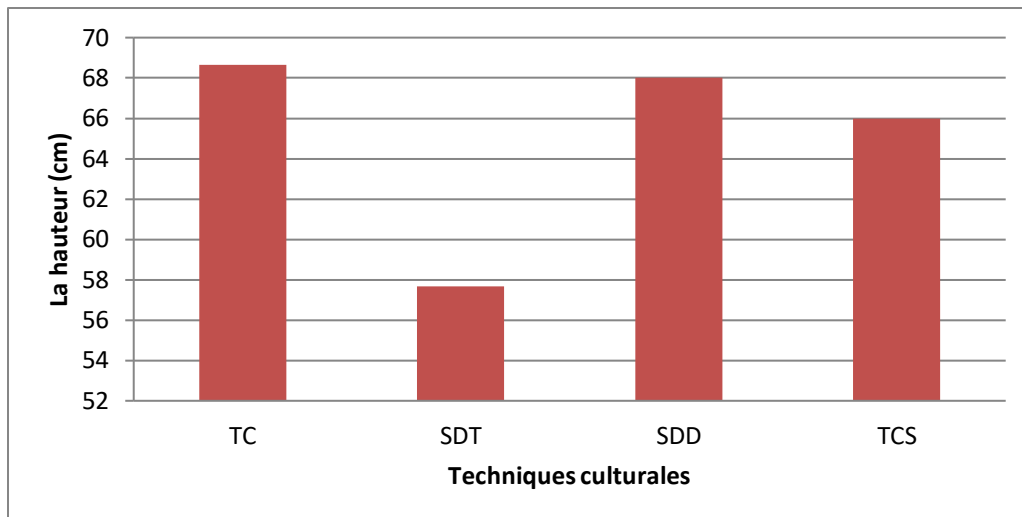
#### IV.3.1. Taille des chaumes (hauteur des tiges)

Les résultats de l'analyse de la variance au seuil de 5 %, montrent un effet non significatif entre les technologies culturales avec un coefficient de variance de 8,53% comme s'est présenté dans le tableau 12. Alors, la moyenne de l'essai est de 65,33 cm, avec un écart-type de 5,57 cm.

Par technologie culturale, on remarque selon les histogrammes de la figure n° 29 des variations notables. Les chaumes les plus longues sont enregistrés en travail conventionnel (68,66 cm), suivi par le semis direct à disque (68 cm), alors, qu'en technique culturale simplifiée (TCS), la taille des chaumes s'élève moyennement à 66 cm, quant à la taille la plus courte des chaumes est enregistrée en semis direct à dent, avec 57,66 cm. L'écart entre la hauteur la plus élevée et la plus petite est de 11 cm. La hauteur des chaumes peut être exprimée en fonction de conditions environnantes comme le climat (température, l'humidité).

**Tableau 12:** Analyse de la variance du la taille des chaumes (cm).

Technique culturale				Moy	ET	CV%
TC	SDT	SDD	TCS	65 ,33	5,57	8,53%
68,66	57,66	68	66			



**Légendes:** *SDT*: semis direct A dent, *SDD*: semis direct A Disque *TCS*: technique culturale simplifiée, *TC*: travail conventionnel.

**Figure 29 :** L'effet de technique culturelle sur la taille des chaumes.

### IV.3.2 Extension du système racinaire

#### IV.3.2 .1 Longueur des racines

On rappelle que les techniques culturales ont une grande influence sur le système racinaire. Certaines techniques agissent sur le développement et la croissance des racines, comme la forme et la longueur des racines des plantes ; car elles touchent de nombreux aspects de l'environnement racinaires, à savoir: l'humidité et la température du sol, l'espace entre les pores, la concentration en oxygène, la répartition de la matière organique, la mobilisation des substances nutritives et la configuration physiques du sol en surface (Tayeb-bey et Yahiaoui, 2017).

Les résultats obtenus relatives au développement des racines montrent que le développement du système racinaire varie entre les quatre technologies culturales; ceci a été bien observable durant presque tout le cycle végétatif.

Les résultats de l'analyse de variance de la longueur du système racinaire montre un effet non significatif entre les quatre technologies culturales avec un coefficient de variation (18,10 %), tableau 13. Alors, la moyenne de l'essai s'élève à 11,73 cm, avec un écart-type 2,12 cm.

Par technique culturelle, le travail conventionnel (TC) se classe en premier avec 13,4 cm, secondé par le semis direct à disque (SDD) avec 11,53 cm, suivi par le semis direct à dent (SDT) 11,13 cm et en dernier lieu, le travail cultural simplifié (TCS) (10,87 cm) tableau 13 et

les photos de la figure n° 31. Même si l'écart-type est faible entre les traitements, ceci revient logiquement à l'effet du labour profond du sol qui a plus favorisé l'allongement des racines.

**Tableau 13:** la longueur des racines par traitement (cm).

Technique culturale				MG	ET	CV%
TC	SDT	SDD	TCS	11,73	2,124	18,10%
13,4	11,13	11,53	10,867			



**Figure a:** système racinaire en TCS



**Figure b:** système racinaire en SDT



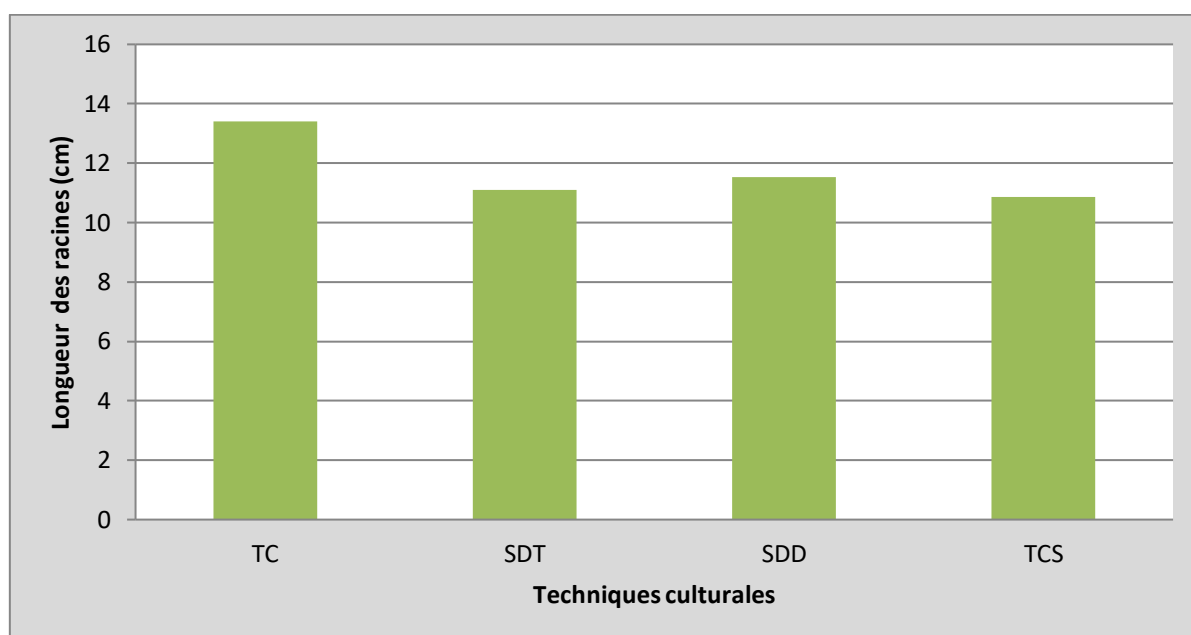
**Figure c:** système racinaire en TC



**Figure d:** système racinaire en SDD

**Légendes:** *SDT*: semis direct à dent, *SDD*: semis direct à Disque *TCS*: technique culturale simplifiée, *TC*: travail conventionnel.

**Figure 30:** photos de systèmes racinaires des différents traitements (photos originales, Khaoui et Merrouche, 2019).



**Légendes:** *SDT*: semis direct à dent, *SDD*: semis direct à disque *TCS*: technique culturale simplifiée, *TC*: travail conventionnel.

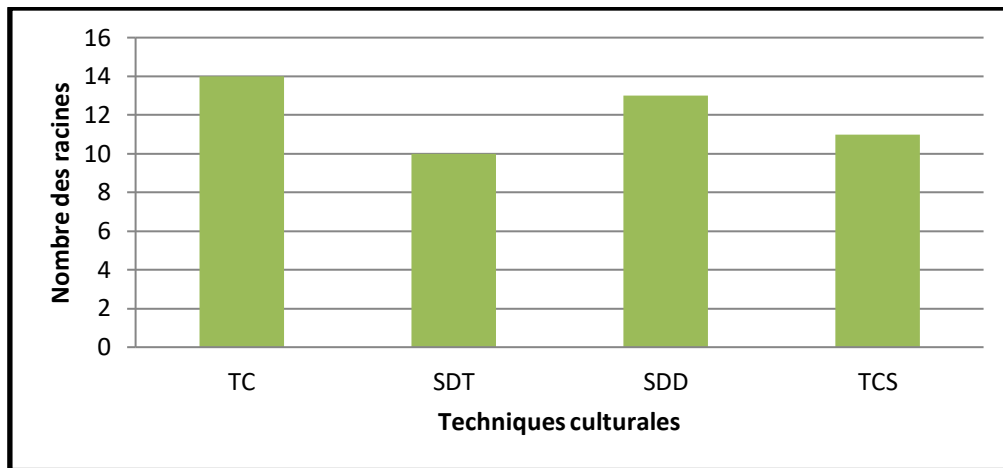
**Figure 31 :** effet de technique culturale sur la longueur des racines.

#### IV.3.2.2 Nombre des racines

Les résultats de l'analyse de la variance ont montré une différence non significative pour le nombre des racines entre les technologies culturales, avec un coefficient de variance (14,46 %).

La moyenne de l'essai en nombre de racines est de 12 racines par plante, avec un écart-type de 1,7 racine/ plante.

Par type de technologie culturale, on souligne que le travail conventionnel a émis plus de racines (14 racines), suivi par le semis direct à disque (13 racines). Egalement, la technique culturale simplifiée et semis direct à dent se rapprochent avec respectivement 11 et 10 racines par plante (figure n° 32).



**Légendes:** *SDT*: semis direct à dent, *SDD*: semis direct à disque *TCS*: technique culturale simplifiée, *TC*: travail conventionnel.

**Figure 32 :** effet de technique culturale sur le nombre des racines.

#### IV.3.2.3. Profondeur de la semence (cm)

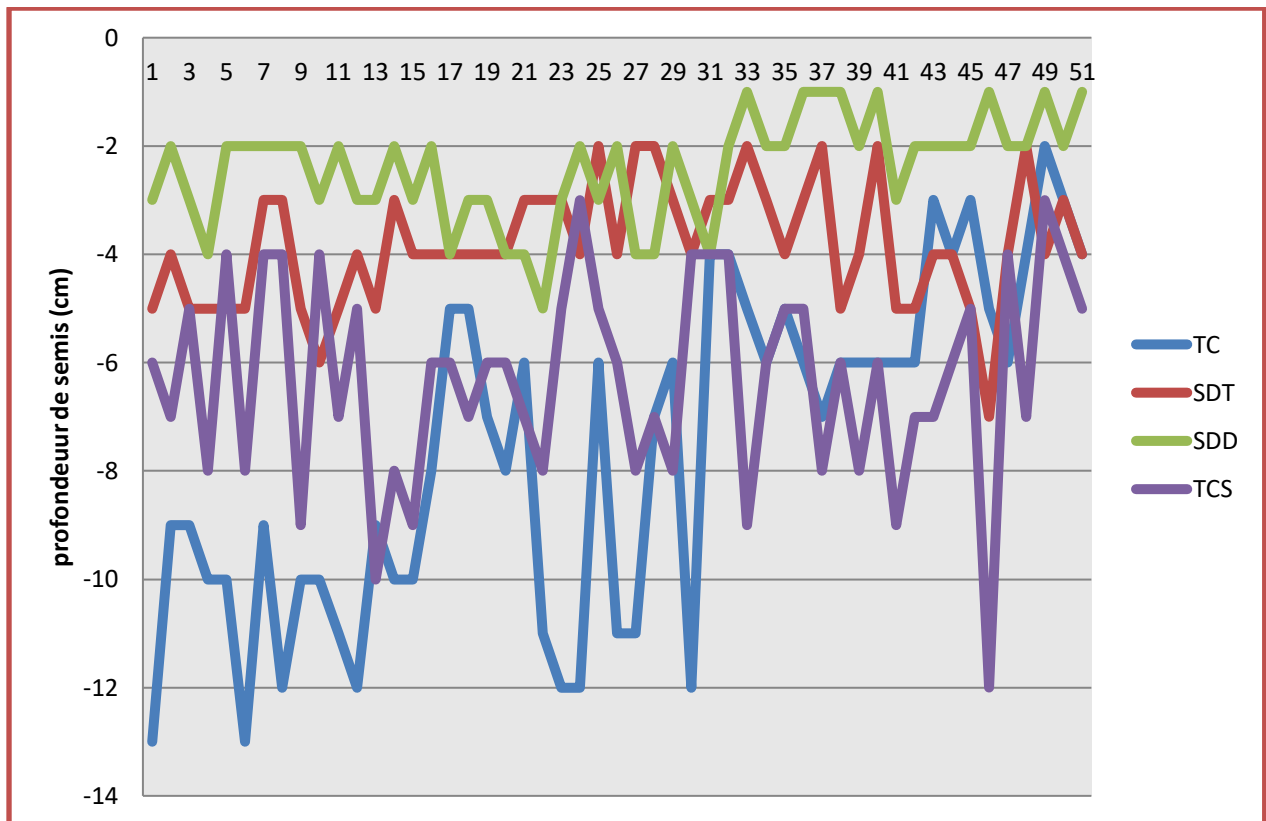
Généralement, les graines sont semées à une profondeur égale à une à trois fois leur diamètre. A cette profondeur, une humidité adéquate et une température optimum accélèrent leur germination. Un semis trop profond compromettra la sortie des plants.

La profondeur de semis est un des facteurs de réussite du cycle végétatif des cultures. De ce fait, la profondeur de semis a été mesurée au stade levée pour les quatre traitements (SDD, SDT, TCS et TC).

La tendance moyenne de la profondeur de semence est très variée. Selon le travail du sol, elle varie entre 8 à 12 en technique culturale simplifiée (TCS) et le travail conventionnel (TC). Tandis qu'en semis direct (SD), la profondeur de semis varie entre 3 à 5 cm en fonction de type de semoir utilisé et essentiellement de la préparation de lit de semence (Benniou, 2008). Généralement, la profondeur de semis dépend de la stabilité des organes d'enterrage dans le sol.

En travail conventionnel (TC) et technique culturale simplifiée (TCS), le sol est travaillé profondément et bien ameubli ; ce qui est expliqué par les valeurs de densité apparente mesurées (figure n° 33). De ce fait, les organes d'enterrages se pénètrent en profondeur. Par contre, en semis direct (SD) où le sol est plus ou moins compact, la mise en place des graines se fait au niveau des premiers centimètres du sol. Souvent, un semis profond engendre une germination tardive et des pertes à la levée. Selon les résultats de (Fellah et al. 2011), en semis direct, la levée est plus homogène et la profondeur de semis est plus régulière, alors qu'en technique conventionnelle les pertes à la levée sont très significatives. Par ailleurs, en

SD la profondeur de semis est légèrement élevée en utilisant le semoir à dents par rapport aux disques. Ce résultat est expliqué par l'étude technique faite par Mrabet (2001), qui conclut que quelles semoirs à dents ont la capacité à écarter les résidus et à placer la graine en profondeur en présence de la terre fine par rapport aux semoirs à disques .



**Légendes:** *SDT*: semis direct à dent, *SDD*: semis direct à disque *TCS*: technique culturale simplifiée, *TC*: travail conventionnel.

**Figure 33:** L'effet de technique culturale sur la profondeur de la semence .

#### IV.4. Paramètres physiologiques de la culture

Toutes les variables relatives à la culture ont été déterminées sur la base des mesures faites sur une station d'observation (échantillon de végétation) d'un mètre linéaire avec trois répétitions par traitement.

#### IV.4.1 Teneur en chlorophylle

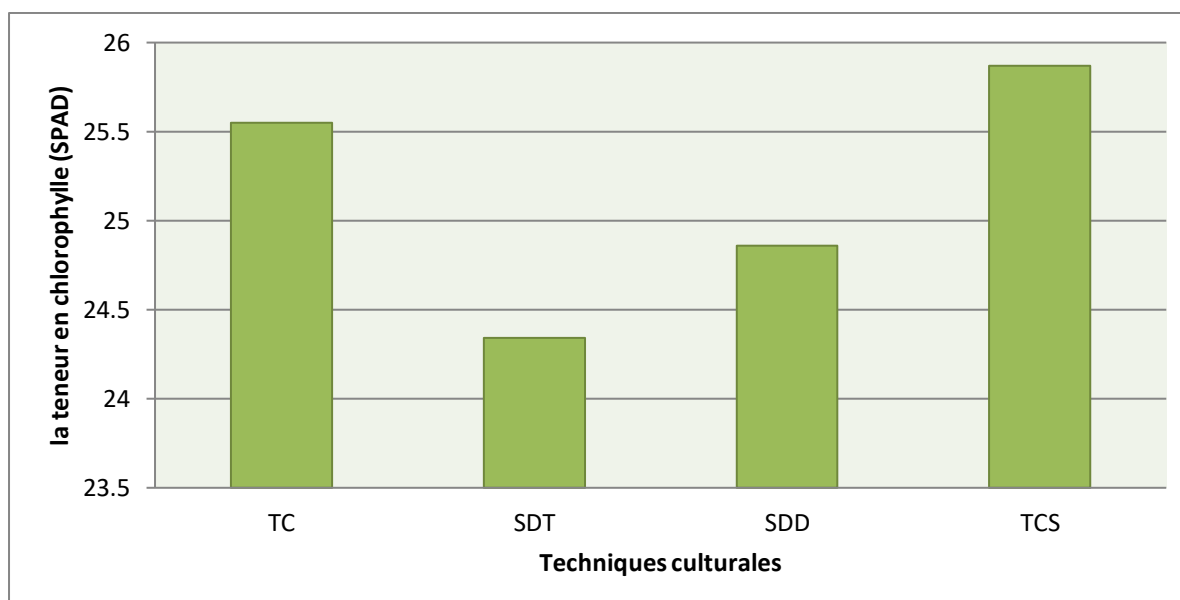
Les résultats de l'analyse de variance pour la teneur en chlorophylle de la variété *Boussellem* par rapport aux techniques culturales ont montré une différence non significative, avec un coefficient de variation de 8,19 % (tableau 14).

La moyenne de l'essai s'élève 25,16 SPAD, avec un écart type de 2,10 SPAD .

Alors par technique culturale, la moyenne varie peu entre les techniques : TCS (25,87 SPAD), TC (25,55 SPAD), SDD (24,86 SPAD) et SDT (24,34 SPAD), figure n° 34. Ceci est dû probablement que la teneur en chlorophylle dépend d'autres facteurs agronomiques que techniques. Ces résultats corroborent à ceux de Liu et Wiatrak (2012), qui montrent également que les systèmes de travail du sol n'ont eu aucun effet significatif sur la chlorophylle en moyenne dans les taux d'azote (N). La chlorophylle est le pigment vert qui permet aux plantes de réaliser la photosynthèse.

**Tableau 14** : Résultat statistique de la teneur en chlorophylle (SPAD).

Technique culturale				MG	ET	CV%
TC	SDT (à dent)	SDD (à disque)	TCS	25,15	2,062	8,19%
25,55	24,34	24,86	25,87			



**Légendes:** *SDT*: semis direct à dent, *SDD*: semis direct à disque *TCS*: technique culturale simplifiée, *TC*: travail conventionnel.

**Figure 34:** L'effet de technique culturale sur le teneur en chlorophylle.

#### IV.4.2 Teneur relative en eau (TRE) : ( %)

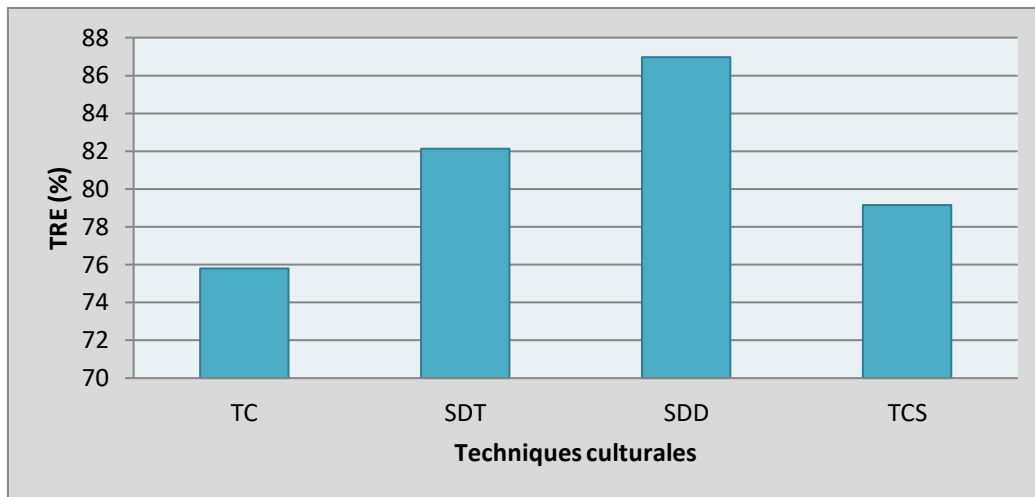
Les résultats de l'analyse de la variance pour la teneur relative en eau de la culture de la céréale, variété *Boussellem*, par rapport aux techniques culturales montrent une différence non significative, avec un coefficient de variation de 5,41% (tableau 15).

La moyenne de l'essai s'élève 81,1 %, avec un écart type de 4,39 % (tableau 15). Alors, par traitement la moyenne varie notablement selon la technique culturale: de 86,96 %, qui est la valeur la plus élevée obtenue par le semis direct à disque, suivie par le semis direct à dent (82,14 %), technique culturale simplifiée (79,13 %) et en dernier lieu le travail conventionnel (75,79 %), la valeur la moins élevée, soit un écart de 11,17 % avec la valeur la plus élevée. Les écarts de ces techniques par rapport à la moyenne de l'essai sont plus ou moins distinguées, sont respectivement: +5,86 %, +1,04 %, -1,97 % et -5,31 %.

Ces résultats montrent que les techniques culturales évaluées ont plus au moins une influence remarquable sur la teneur relative en eau (TRE), même si ce dernier demeure un caractère génétique lié uniquement à la variété (Araus *et al.*, 2003). Selon des travaux de recherche, la teneur relative en eau ou turgescence foliaire est une caractéristique génotypique qui est liée à la capacité de la plante à maintenir un niveau d'eau dans la feuille qui soit à même de garantir la continuité de l'activité métabolique dont, entre autres, la photosynthèse. Cette capacité est liée aux possibilités de la plante à s'alimenter, de manière constante (nombre et diamètres des stomates, résistance stomatique à la sortie de la vapeur d'eau) et à l'ajustement osmotique (Araus *et al.*, 2003). ***Egalement, les résultats de notre travail peuvent montrer que la mobilisation de l'eau dans le sol, à travers les techniques culturales peuvent contribuer à l'alimentation correcte de la plante.***

**Tableau 15:** Résultat statistique de La teneur relative en eau (%)

Technique culturale				Moy	ET	CV%
TC	SDT (à dent)	SDD (à disque)	TCS	81.1	4,39	5,41%
75,787	82,137	86,963	79,133			



**Légendes:** *SDT*: semis direct à dent, *SDD*: semis direct à disque *TCS*: technique culturale simplifiée, *TC*: travail conventionnel.

**Figure 35:** L'effet de technique culturale sur La teneur relative en eau (TRE) .

## IV.5 .Caractères agronomiques

### IV.5.1. Peuplement à la levée (Nombre de plants levés par m<sup>2</sup>)

Les résultats de l'analyse de la variance révèlent un effet de travail du sol très hautement significatif au seuil de 1%, avec un coefficient de variation de 9,40 % (Tableau 16).

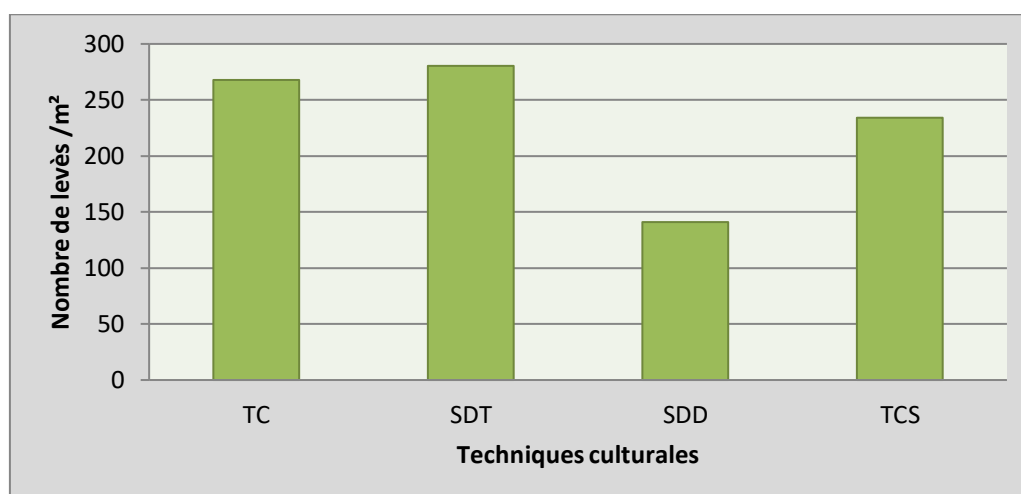
Alors, le test des moyennes a montré que la moyenne générale de l'essai s'élève à 230,83 plantes/ m<sup>2</sup>, avec un écart type de 21,71 plantes/ m<sup>2</sup>.

Par type de travail du sol, les moyennes varient notablement de la valeur la plus élevée (280,33 plantes/ m<sup>2</sup>) obtenue par le semis direct à dent à la moins faible (141 plantes/ m<sup>2</sup>) obtenue par le semis direct à disque (tableau 16). En deuxième position, le travail conventionnel (268 plantes/ m<sup>2</sup>), et en troisième position, c'est la technique culturale simplifiée (234 plantes/ m<sup>2</sup>). On rappelle que le nombre de plantes levées est souvent inférieure au nombre de graines semées ; ceci est dû en grande partie à plusieurs facteurs ; certains sont propres à la semence et au milieu, mais d'autres sont d'ordre technique. Les facteurs techniques sont souvent négligés ou mal maîtrisés lors de la mise en place des cultures telle que l'état de lit de semence, la profondeur de semis (Benniou, 2008). On signale que le mauvais recouvrement des grains au cours de l'installation et plus particulièrement chez le semoir semis direct à disque et la dureté de la couche superficielle du sol sont les causes essentielles de la faible levée. Selon Soltner (1998), le travail conventionnel du sol crée un milieu favorable pour la germination des graines et leur croissance. La préparation du

lit de semences par la technique culturale simplifiée a permis de créer un milieu favorable pour la germination des graines lorsque le taux de recouvrement des terres est homogène. Par contre, dans le semis direct sauvent la présence des résidus des cultures précédentes non décomposées sur la surface pose problème de mauvais recouvrement des graines et aussi la présence des adventices qui agit négativement sur la levée de la céréale, mais ceci n'est pas notre cas.

**Tableau 16:** Résultat statistique La nombre de plants levés par m<sup>2</sup>.

Technique culturale				Moy	ET	CV%
TC	SDT (à dent)	SDD (à disque)	TCS	230,83	21,71	9,40%
268	280,33	141	234			



**Légendes:** *SDD*: semis direct à disque, *SDT*: semis direct à dent, *TCS*: technique culturale simplifiée, *TC*: travail conventionnel.

**Figure 36 :** Effet de technologie culturale le nombre de plantes levées/ m<sup>2</sup>.

#### IV.5.2. Nombre de talles par mètre carré

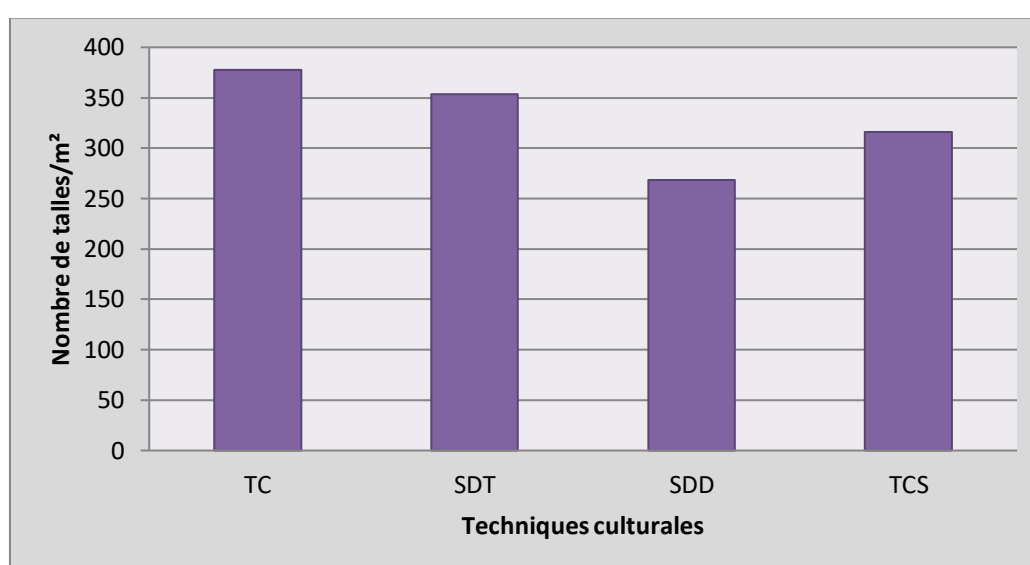
Les résultats de l'analyse de la variance montrent un effet non significatif au tallage des plantes par mètre carré pour les techniques culturales, avec un coefficient de variation 12,57 % comme le montre le tableau 17.

La moyenne de l'essai du nombre de talles par mètre carré s'élève à 328,92 talles/ m<sup>2</sup>, avec un écart type de 41,35 talles/ m<sup>2</sup>. Le travail conventionnel présente le nombre le plus élevé des talles (377,33 talles/ m<sup>2</sup>), suivi par le semis direct à dent (353,67 talles/ m<sup>2</sup>), la technique culturale simplifiée (316,00 talles/ m<sup>2</sup>) et enfin le semis direct à disque (268,67

talles/ m<sup>2</sup>), figure n° 37. L'écart type de chaque valeur par rapport à la moyenne de l'essai est respectivement comme suit : 19,6 talles/ m<sup>2</sup>, 30,10 talles/ m<sup>2</sup>, 37,58 talles/ m<sup>2</sup> et 49,28 talles/ m<sup>2</sup>. Cette différence peut être expliquée par la densité du nombre de plantes levées par unité de surface pour chaque système de culture.

**Tableau 17** : Résultat statistique La nombre de talles par m<sup>2</sup>.

Technique culturale				Moy	ET	CV%
TC	SDT (à dent)	SDD (à disque)	TCS	328,92	41,35	12,57%
377,33	353,67	268,67	316,00			



**Légendes:** *SDT*: semis direct à dent, *SDD*: semis direct à Disque *TCS*: technique culturale simplifiée, *TC*: travail conventionnel.

**Figure 37:** L'effet de technique culturale sur le nombre de talles par m<sup>2</sup>.

#### IV.5.3. Nombre de graines par épis (NGE)

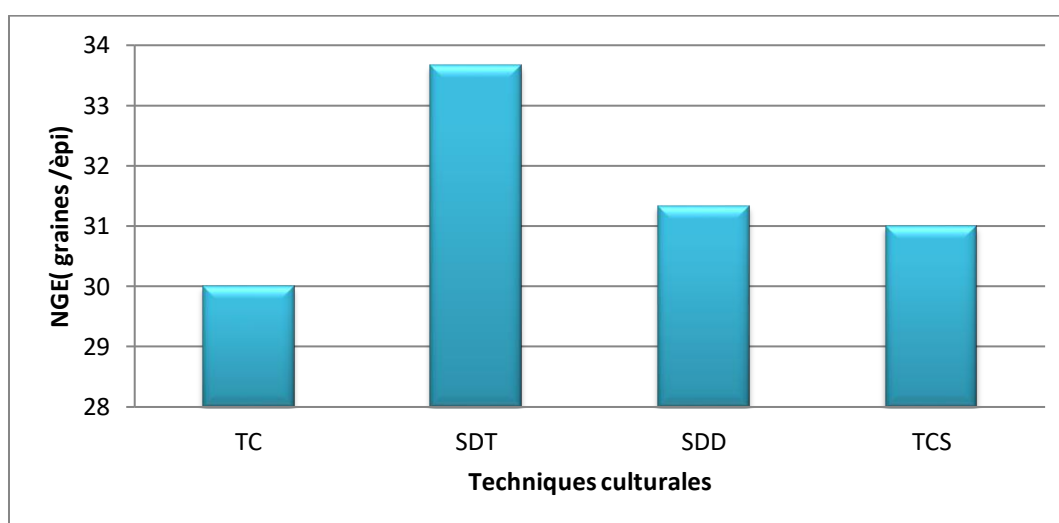
Les résultats d'analyse de la variance pour le nombre de grains/ épi montrent une différence non significative entre les différentes techniques culturales, avec un coefficient de variation de 7,65% (Tableau 18).

Alors, la moyenne de l'essai s'élève 31,5 graines/ épi avec un écart-type de 2,41 graines/ épi. Le semis direct à dent est classé en premier avec 33,67 graines/ épis suivi par le semis direct à disque 31,33 graines/ épi et la technique culturale simplifiée (31 graines/ épi) et en dernier lieu le travail conventionnel avec (30 graines/ épi). Nous distinguons deux groupes: le premier groupe représenté par le SDD (à disque) et le SDT (à dent) et le deuxième groupe,

représenté par la technique culturale simplifiée (TCS) et le travail conventionnel (TC). Cette différence est probablement en fonction de remplissage de grains en période d'épiaison où le profil hydrique été en faveur du semis direct.

**Tableau 18:** Résultat statistique le nombre de graines par épis (NGE)

Technique culturale				Moy	ET	CV%
TC	SDT (à dent)	SDD (à disque)	TCS	31.5	2,41	7,65%
30	33,67	31,33	31			



**Légendes:** *SDD*: semis direct à disque, *SDT*: semis direct à dent *TCS*: technique culturale simplifiée, *TC*: travail conventionnel.

**Figure 38 :** Effet de la technique culturale sur le nombre de graines par épis (NGE)

#### IV.5.4 Poids de mille grains (PMG)

Les résultats de l'analyse de la variance pour le poids de mille grains (PMG) montrent un effet non significatif pour les quatre systèmes de culture avec un coefficient de variation de 8,09 % (Tableau 19).

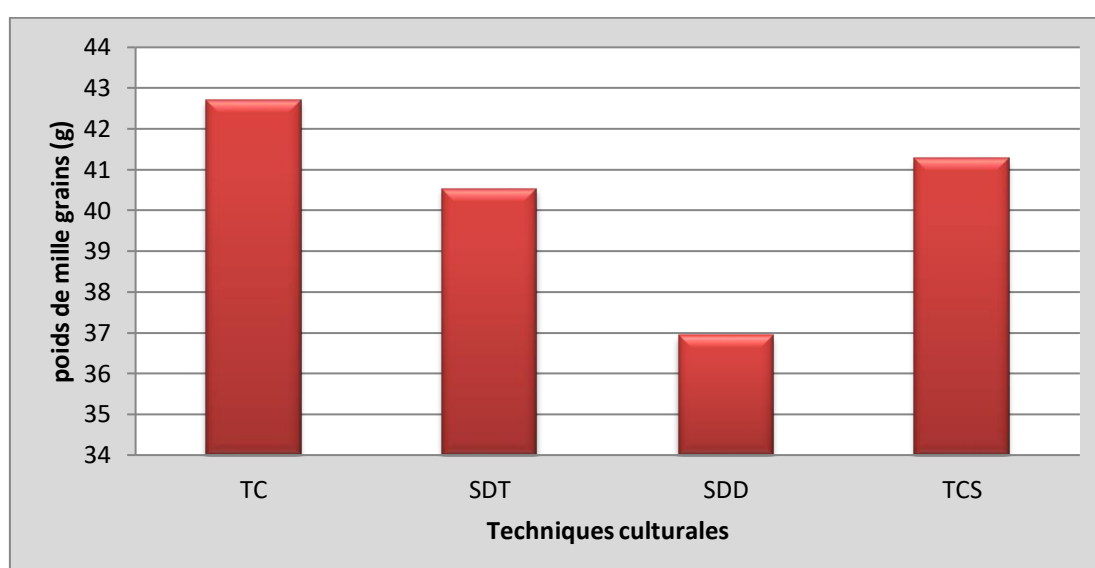
Quant à la moyenne de l'essai, elle s'élève à 40,36 g, avec un écart-type 3,26 g (Tableau 19) ; ceci montre clairement l'effet de la bonne année comparativement au poids de mille grains de la variété *Boussallem* (39,4 g).

Par type de travail du sol, le poids de mille grains le plus élevé est obtenu chez le travail conventionnel (42,71g), suivi par la TCS (41,28 g) et le semis direct à dent (40,53 g) et dernier le semis direct à disques (36,93 g). Du coup, la faible variabilité des valeurs de PMG ainsi que la qualité des grains obtenus entre les différentes techniques peut être expliqué par la

bonne augure de l'année (pluvieuse : 349,9 mm) et sa bonne répartition enregistré durant toute la campagne agricole (2018/ 2019), essentiellement durant le stade de remplissage.

**Tableau 19** : Résultat statistique du poids de mille grains.

Technique culturale				Moy	ET	CV%
TC	SDT (à dent)	SDD (à disque)	TCS	40.36	3,26	8,09%
42,71	40,53	36,93	41,28			



**Légendes:** *SDD*: semis direct à disque, *SDT*: semis direct à dent *TCS*: technique culturale simplifiée, *TC* : travail conventionnel.

**Figure 39:** Effet de technique culturale sur le PMG.

#### IV.5.5 Rendement théorique ou calculé de grains (q/ ha)

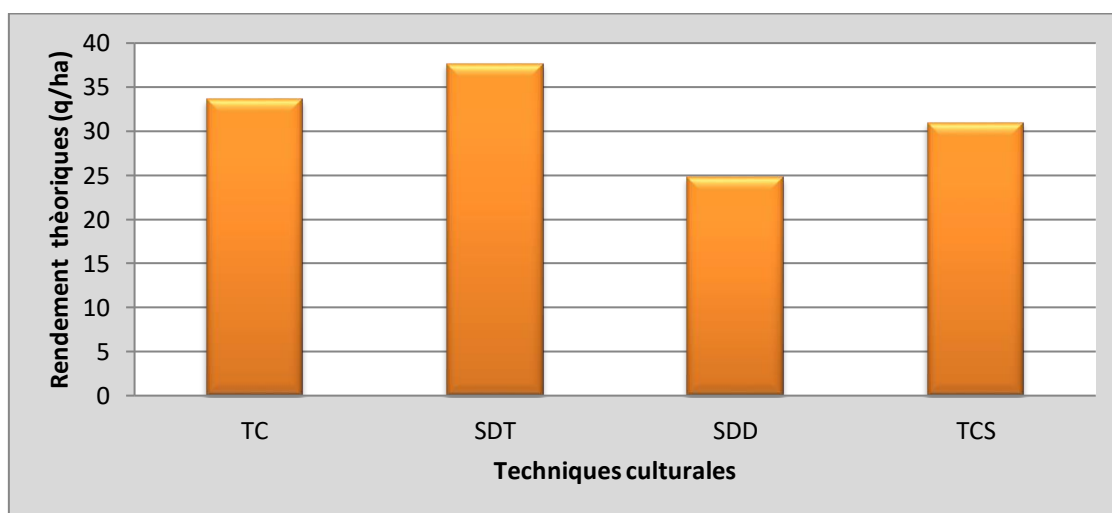
On a procédé au calcul du rendement théorique de grains à partir des composantes de rendement, à savoir le nombre d'épis/ m<sup>2</sup>, nombre de grains par épi et le poids de mille grains et ce dans chaque traitement.

Les résultats d'analyse de la variance de rendement calculé obtenus montrent un effet non significatif, avec un coefficient de variation 15,12 % comme s'est mentionné dans le tableau 20. La moyenne de l'essai s'élève à 31,77 q/ ha en grains avec un écart type de 4,8 à q/ ha.

Par traitement, le semis direct à dent présente le rendement le plus élevé avec 37,69 q/ha comparé respectivement au travail conventionnel, la technique culturale simplifiée et au semis direct à disque: 33,65 q/ha, 30,97 q/ha et 24,8 q/ha. Les écarts entre la moyenne générale et la moyenne de chaque traitement sont respectivement : +5,92 q/ha, +1,88 q/ha, -0,80 q/ha, -6,97 q/ha. Ces différences sont dues au nombre d'épis par mètre carré, le nombre de grains par épis et le poids de mille grains. On peut dire que les résultats des essais obtenus ont montré que le semis direct à dent a permis de bon rendement en grains de blé largement plus élevé comparé à ceux obtenus avec les façons culturales conventionnelles. De même, on peut conclure que même le semis direct à disque, avec l'écart de 6,97 q/ha comparée à la moyenne est considérée satisfaisante si on tient compte de coût économique de travail du sol (31,77 q/ha) et la préservation du sol par l'accumulation de la matière organique (durabilité des systèmes de production).

**Tableau 20:** Résultats statistiques du rendement théorique en grains

Technique culturale				Moy	ET	CV%
TC	SDT (à dent)	SDD (à disque)	TCS	31,77	4,804	15,12%
33,65	37,69	24,8	30,97			



**Légendes:** *SDD*: semis direct à disque, *SDT*: semis direct à dent *TCS*: technique culturale simplifiée, *TC*: travail conventionnel.

**Figure 40:** Effet de technique culturale sur le rendement théorique en grains (q/ha).

#### IV.5.6 Rendement réelle en grains (q/ ha)

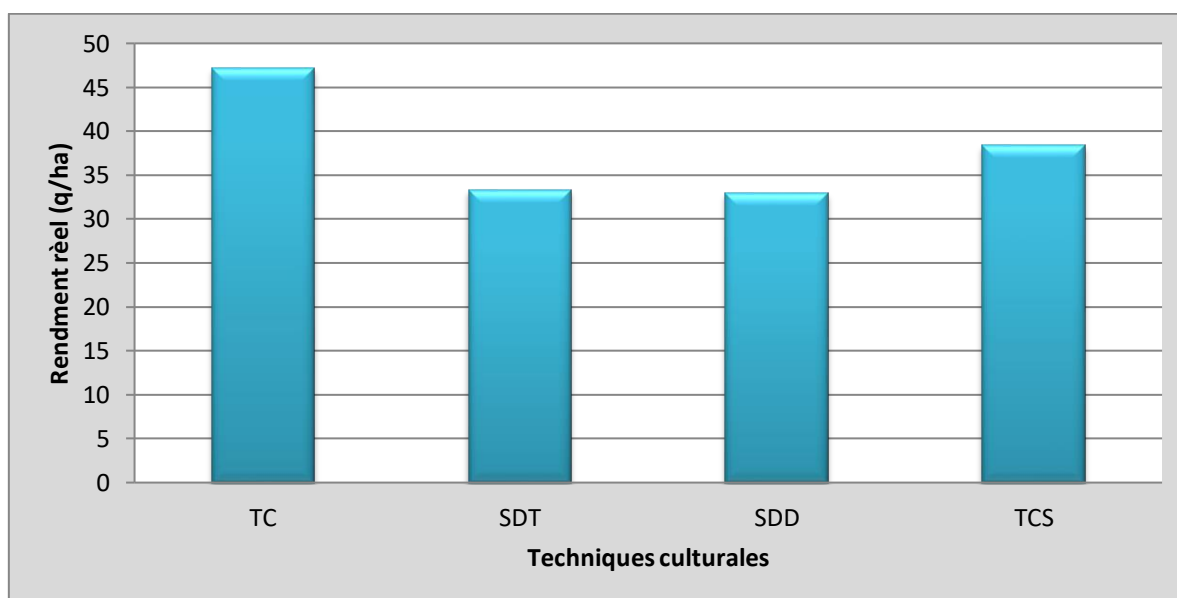
Les résultats de l'analyse de la variance pour le rendement en grains obtenu montrent un effet non significatif au seuil de 5%, entre les techniques de travail du sol, avec un coefficient de variation de 27,46 % (tableau 21).

Alors, l'analyse des moyennes montrent que la moyenne de l'essai en rendement final en grains s'élève 37,93 q/ ha et un écart type de 10,41 q/ ha.

Par technique, la comparaison des moyennes distingue des différences plus au moins appréciable. De fait, les rendements obtenus varient entre 47,18 q/ ha pour le travail conventionnel, suivi par le TCS (38,35 q/ ha), le semis direct à dent (33,29 q/ ha) et enfin, le semis direct à disque (32,89 q/ha). L'écart entre la moyenne générale et les différents techniques sont respectivement comme suit: +9,23 q/ ha, +0,42 q/ ha, - 4,64 q/ ha et - 5,04 q/ha.

**Tableau 21** : Résultats statistiques du Rendement réelle en grains.

Technique culturale				Moy	ET	CV%
TC	SDT (à dent)	SDD (à disque)	TCS	37,929	10,414	27,46%
47,18	33,293	32,893	38,35			



**Légendes:** *SDD*: semis direct a disque, *SDT*: semis direct à dent *TCS*: technique culturale simplifiée, *TC*: travail conventionnel.

**Figure 41** : Effet de technique culturale sur de Rendement réelle en grains.

#### IV.5.7 Rendement de la biomasse (q/ ha)

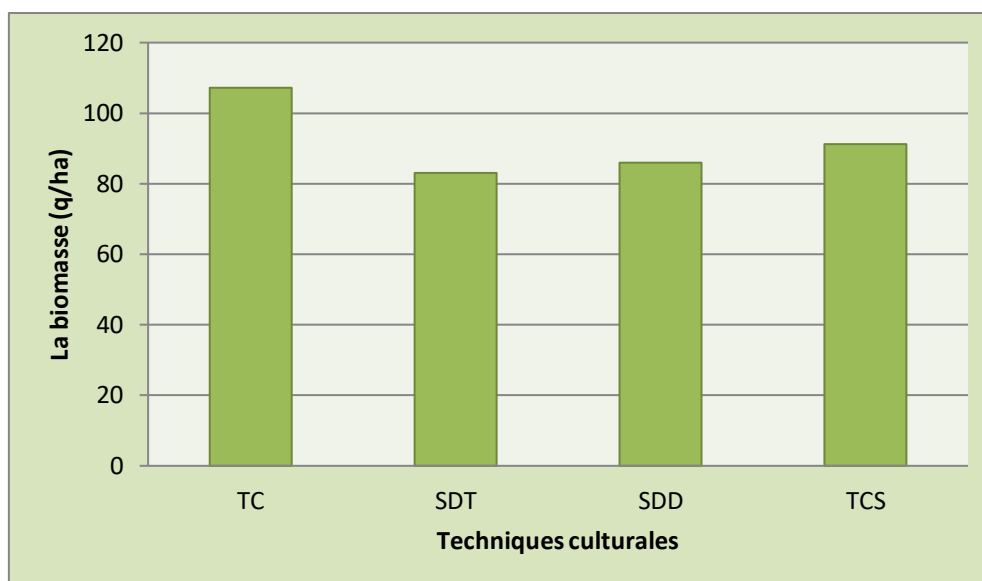
L'analyse de la variance a montré une différence non significative pour la biomasse totale, avec un coefficient de variation de 27,94 % (tableau 22). La moyenne générale de l'essai s'élève à 91,86 q/ ha et un écart type de 25,6 q/ ha.

De fait, le classement des moyennes n'indique aucun groupe homogène. Les moyennes varient de 107,2 q/ ha comme valeur extrême pour le travail conventionnel, technique culturale simplifiée (91,3 q/ ha), et semis direct à disque (85,97 q/ ha), et enfin, valeur minimale pour le semis direct à dent (8,297 T/ ha).

Ces résultats montrent que dans les conditions de la présente expérimentation, le travail conventionnel du sol a favorisé la production de biomasse. En semis direct, l'accroissement de la production de la biomasse est fonction du taux de la couverture du sol. Plusieurs auteurs ont rapporté l'amélioration du confort hydrique de la culture semée sous la couverture végétale. Relativement à un sol nu, l'augmentation des résidus facilite l'infiltration, réduit la vitesse du vent et du ruissellement. Elle limite l'évaporation et la remontée par capillarité de l'eau des profondeurs du sol, maintenant une humidité supplémentaire dans le sol qui est valorisée par la culture (Mrabet, 2002 ; Findeling et al., 2003 ; Khaledian et al., 2006). Le rythme de croissance de la céréale est plus élevé en TC qu'en SD. En SD, le taux de croissance de la culture augmente en fonction de la quantité des résidus (Fellahi, Z. et al.2013).

**Tableau 22** : Résultat des moyennes de la biomasse (q/ ha).

Technique culturale				Moy	ET	CV%
TC	SDT (à dent)	SDD (à disque)	TCS	91,86	25,66	27,94%
107,2	82,97	85,97	91,3			



**Légendes:** *SDD*: semis direct à disque, *SDT*: semis direct à dent *TCS*: technique culturale simplifiée, *TC*: travail conventionnel.

**Figure 42:** Effet de technique culturale sur la biomasse (q/ ha).

#### IV.5.8 Rendement en paille (q/ha)

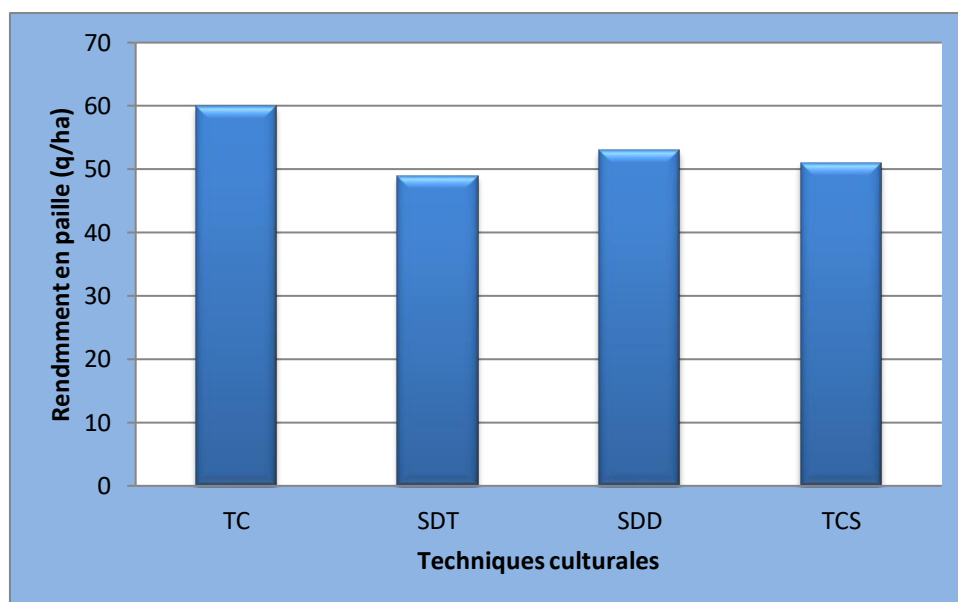
L'analyse de la variance de rendement en paille montre un effet non significatif pour les quatre techniques culturales avec un coefficient de variation 30,83 % (Tableau 23).

Alors, la moyenne de l'essai s'élève à 53,52 q/ ha, avec un écart type de 16,5 q/ ha comme le montre le tableau 23.

Quant à l'analyse agronomique des valeurs obtenues par technique culturale montre que le travail conventionnel présente un rendement en paille important (60 q/ ha), suivi par le semis direct à disque (53,1 q/ ha) et le TCS (51 q/ ha), tandis que le rendement en paille est faible en semis direct à dent (49,7 q/ ha).

**Tableau 23 :** Résultats des moyennes pour le rendement en paille (q/ ha).

Technique culturale				Moy	ET	CV%
TC	SDT (à dent)	SDD (à disque)	TCS	5.352	1,65	30,83%
60,0	49,7	53,1	51,0			



**Légendes:** *SDD*: semis direct à disque, *SDT*: semis direct à dent *TCS*: technique culturale simplifiée, *TC* : travail conventionnel.

**Figure 43 :** Effet de technique culturale sur de rendement en paille (q / ha).

#### IV.5.9 Indice de récolte (%)

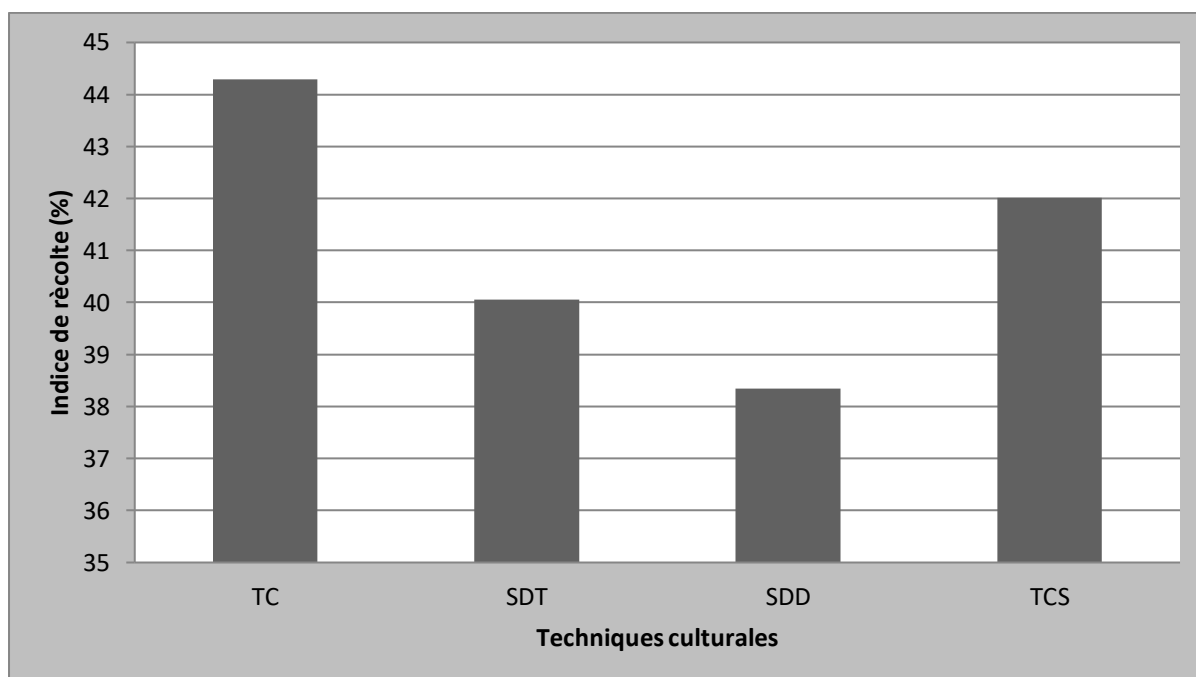
On rappelle que l'indice de récolte est le rapport du rendement en grains sur le rendement en biomasse aérienne totale. Bouzerzour, (1998), rapporte que dans les milieux variables, il faut assurer une production de biomasse aérienne suffisante pour garantir un rendement acceptable.

Les résultats de l'analyse de variance pour l'indice de récolte ont montré un effet non significatif pour les quatre technologies culturales, avec un coefficient de variation 9,83 % comme le montre le tableau 24. Alors, l'analyse des moyennes montrent que la moyenne générale de l'essai s'élève à 41,17 %, avec un écart type de 4,05 %.

Alors, les moyennes par type de technologie et qui sont illustrées par es histogrammes de la figure n° 44, révèlent des différences agronomiques appréciables. Pour la culture de céréale, présenté par variété *Bousselam*, l'indice de récolte le plus élevé est constaté en travail conventionnel, avec 44,29 %, suivi par technique culturale simplifiée (42,01 %), le semis direct à dent (40,05 %) enfin, le semis direct à disque (38,34 %). *Ceci, montre que l'intérêt d'adopter un bon itinéraire technique et surtout certaines opérations qui ont des effets bénéfiques sur la production d'une manière générale (en grains et paille), notamment la fertilisation en combinaison avec l'irrigation.*

**Tableau 24:** Résultat statistique de l'indice de récolte (%).

Technique culturale				Moy	ET	CV%
TC	SD (à dent)	SD (à disque)	TCS	41.172	4,048	9,83%
44,29	40,05	38,34	42,01			



**Légendes:** *SDD*: semis direct à disque, *SDT*: semis direct à dent *TCS*: technique culturale simplifiée, *TC*: travail conventionnel.

**Figure 44:** Effet de technique culturale sur de l'indice de récolte.

## **Conclusion**

Comme évoqué précédemment, l'objectif de ce travail est d'étudier les effets de quatre techniques culturales du travail du sol (TC, SDD, SDT et TCS) sur quelques propriétés physico-chimiques, mécaniques, biologiques et ainsi le comportement physiologique et agronomique de la culture de blé dur en zone semi-aride.

A spécifier essentiellement que la pluviométrie en tant que facteur déterminant de la croissance des plantes, de la productivité et par conséquent de la croissance économique, la campagne agricole 2018/ 2019 s'est caractérisée comme favorable et pluvieuse. Le cumule pluviométrique s'élève à 346 mm, avec des variabilités des précipitations généralement satisfaisantes par rapport aux besoins du cycle physiologique de la culture de blé. Par contre, il s'agit de signaler la faible précipitation enregistrée au mois de décembre mais qui n'as pas affecté le niveau de réserve hydrique du sol.

Premièrement, l'examen de l'ensemble des résultats portés sur l'effet des techniques culturales sur les propriétés du sol et ces conséquences sur le rendement des céréales permet de tirer les conclusions suivantes :

Pour le suivi du profil hydrique du sol en tant que l'une des variables les plus importantes de notre étude, dont on a procédé à une douzaine de prélèvements (14 prélèvements), à une fréquence moyenne de 15 jours, en fonction du cycle cultural, on peut souligner que le taux d'humidité a été plus élevé en semis direct à disque (18,90 %), suivi par la technique culturale simplifiée (18,50 %) et le travail conventionnel (18,08 %) et enfin le semis direct à dent (18,05 %). Ceci est dû essentiellement à la couverture du sol par la matière organique et par le degré de perturbation du sol. La matière organique a permis l'infiltration de l'eau par l'effet de la couverture du sol, et l'empêchement de l'évaporation du sol comme dans le cas du travail conventionnel suite à l'ouverture du sol. Les techniques de préparation du sol modifient nettement le comportement du sol vis- à-vis de la porosité, la densité, la résistance pénétrométrique et particulièrement sur la conservation de l'eau comme on vient de le voire. Le choix des techniques a donc un des effets certain sur les propriétés du sol.

La densité apparente du sol a été relativement élevée en semis direct à dent ( $1,25 \text{ g/ cm}^3$ ) et la technique culturale simplifiée par rapport au travail conventionnel ( $1,11 \text{ g/ cm}^3$ ).

La teneur de la matière organique, les résidus, la densité et la résistance pénétrométrique sont à la faveur du semis direct. Pour la matière organique le semis direct (SDD et SDT) se montre meilleur (2,26 % et 2,16 %) comparé au TSC et TC (2,14 %, 1,96) ; ceci montre clairement l'effet cumulatif de la matière organique et la minéralisation qui est probablement plus prononcée chez le TC et TCS.

Pour les résidus de culture, le SDD accumule plus des résidus comparé au TC, TCS et SDT, ce qui montre l'accumulation des résidus des cultures précédentes durant ces trois dernières années d'expérimentation.

Pour la résistance pénétrométrique du sol, en fonction de la profondeur du sol, le semis direct (SDT, SDD) accapare la première place, suivi par la technique culturale simplifiée (TCS) et le travail conventionnel (TC). Ceci joue un rôle important sur la maîtrise de la mise en place de la culture surtout pour les cultures à petits grains.

Deuxièmement, le comportement physiologique et agronomique de la culture de blé dur a révélé des résultats significatives pour le nombre des plants levés par type de technique culturale à la faveur de semis direct à dent et le contraire pour le semis direct à disque ; ce qui montre que la mise en place de la culture céréalière dépend de plusieurs paramètres d'ordre environnemental et technique.

Donc, à la lecture de l'ensemble des paramètres étudiés, il est clairement le semis direct à dent (SDT), comparé aux autres techniques, a été plus favorable au démarrage du cycle végétatif, en donnant un nombre élevé en plants levés ( $280,33 \text{ plants/m}^2$ ) et un en nombre de talles élevées ( $353,67 \text{ talles/ m}^2$ ). Cependant, la teneur en chlorophylle a été au profit de la technique culturale simplifiée (TCS) comparée aux autres techniques. Pour la teneur relative en eau, elle a été en faveur de semis direct à disque (SDD). La TRE peut montrer que la mobilisation de l'eau dans le sol, à travers les techniques culturales peut contribuer à l'alimentation correcte de la plante.

Pour le salissement ou l'infestation en "mauvaises-herbes", la culture de blé conduite en technique SDD marque une infestation plus élevée ( $199 \text{ plantes/ m}^2$ ) ; ceci est dû probablement au stock semencier au niveau de sol qui a pas été travaillé ces

trois dernières années. Ce nombre devrait être révisé à la baisse à partir de plusieurs années de l'application du semis direct. Néanmoins, ceci nécessite une bonne maîtrise technique, comme choix des cultures, choix de désherbant et période de désherbage. A noter, que le travail conventionnel (TC), avec la lutte mécanique et chimique, le nombre d'adventices s'élève à 179 plantes/ m<sup>2</sup>, soit un écart de 20 plantes/ m<sup>2</sup> comparé au semis direct à disque (SDD). Tout fois, à noter qu'en semis direct, seule l'option chimique a été adoptée en plus, les rotations culturales ne sont pas judicieuses (céréales/ céréales/ céréales).

Concernant le rendement en grains, ce dernier s'est mieux exprimé en conduite semis direct à dent (SDT: 37,69 q/ ha) comparé respectivement au travail conventionnel (TC), technique culturale simplifiée (TCS) et semis direct à disque (SDD): 33,65 q/ ha, 30,97 q/ ha et 24,8 q/ ha. Des différences agronomiques appréciables, qui sont tous au profit du semis direct et technique culturale simplifiée. Enfin, l'indice de récolte pour la culture du blé dur, présenté par variété *Bossela*, en fonction des techniques culturales montre des variations plus au moins faibles. L'indice de récolte a été plus élevé en TC (44,29 %), suivi par le SDT (40,05 %), TCS (42,01 %) et enfin, SDD (38,34 %). Ceci, montre que l'intérêt certes d'adopter un bon itinéraire technique et surtout certaines opérations comme le labour ont des effets bénéfiques sur la productivité, notamment la fertilisation en combinaison avec le niveau de la réserve hydrique dans le sol. Ici, on revient aux précipitations enregistrées sur l'ensemble du cycle physiologique de la culture, qui a permis de relever le niveau de la réserve hydrique (profil hydrique) du sol de manière appréciable et qui a été cette année en faveur de l'itinéraire technique conventionnelle. Au contraire à des conditions de sécheresses, ceci doit favoriser le stockage de l'eau dans le sol, qui permettra dans une large mesure de répondre aux besoins en eau des céréales sur une longue période (surtout période de reprise de la végétation). Quant aux précipitations recueillies durant les mois d'avril et Mai (43,80 et 58,60 mm) ont permis à la culture de blé de poursuivre leur cycle de développement dans un confort hydrique dans la mesure où les besoins sont en diminution et le stade critique dépassé.

A l'appréciation de l'ensemble de nos résultats, nous estimons que les techniques culturales simplifiées (SD et TCS) ont répondu favorablement aux

paramètres édaphiques et culturaux en zones semi-aride et essentiellement à préservation du sol par l'augmentation de la matière organique, la stabilité du sol et aussi sur la productivité des cultures et cela malgré la monoculture pratiquée sur trois années consécutives. D'après de nombreux chercheurs (Benniou, 2012 ; Thomas, 2006 et Mrabet, 2001 ). un minimum d'une rotation triennale est nécessaire pour observer des différences significatives et commencer à apprécier les bénéfices du semis direct. Il faut retenir aussi, l'aspect économique de non labour qui est représenté par la suppression des coûts du labour et des façons superficielles et par l'économie du temps et du carburant réalisé. La protection de l'environnement gagne aussi, avec moins de pollution, ce qui assure la durabilité des systèmes de production.

Grâce aux résultats tangibles obtenus dans ce travail, ce dernier aurait donné de meilleures indications sur les techniques culturales si la durée de l'expérimentation était plus allongée dans le temps et dans l'espace. Il sera très intéressant de compléter cette étude par d'autres essais mais dans d'autres zones d'études différentes afin de répondre aux soucis des agriculteurs algériens le mieux possible.

Ce travail mérite donc, une continuité pour mieux comprendre les avantages et les inconvénients du non labour avant de l'adopter comme alternative au semis conventionnel.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

**Abbas K., Madani T., Benniou R. 2001.** Contribution au repérage de la diversité des systèmes agricoles régionaux dans les zones semi-arides algériennes. Acte du Séminaire «la problématique de l'agriculture dans les zones arides et la reconversion», Sidi Bel Abbas 11 p.

**Abdellaoui Z., Tissekrat H., Belhadj A. et Zaghouane O., 2010.** Etude comparative de l'effet du travail conventionnel, semis direct et travail minimum sur le comportement du blé dur. Actes du 4<sup>ème</sup> rencontre méditerranéen du semis direct. Sétif, Algérie, du 3 à 5 mai 2010, pp: 68-82.

**Aboudrare A. 2009.** Agronomie durable : principe et pratique, Ed. Rapport de formation continue. Adaptation des variétés de blé dur (*Triticum durum*, Desf.) au climat semis- aride. Sécheresse, p 46

**Almmarie N., Brezillon M., C R F. faiq, M. Schroeder, A., 2008.** La vulgarisation de l'agro-écologie : de la théorie au terrain. Octobre 2008 Projet INPENSAT/ Sol agro .pp1-4.

**Andrade D.S., Colozzi-Filho A. et Giller K.E., 2003.** Contribution à l'étude des effets du semis direct sur l'efficacité d'utilisation de l'eau et le comportement variétal de la culture de blé en région semi-aride, Mémoire de magistère : université de Sétif, 33p.

**ANONYME 2006.** Choix d'une méthode de travail du sol pour sa ferme In Ministère de l'agriculture et l'aquaculture Ontario ; <http://www.gov.on.ca/OMAFRA/French/environnement/no-till.html>.

**Anonyme, 2008.** Bilan des activités agro-techniques de l'institut technique des Grandes Cultures, Algérie ITGC p13.

**ANONYME, 2005.** Utilisation des engrais par culture en Algérie. 1<sup>ère</sup>. Ed. FAO. Pp: 19-20.

**Ares E., 2006.** Le semis direct économique et écologique. Le coopérateur agricole juillet-août 2006 ; la coop fédérée [www.lacoop.coop](http://www.lacoop.coop); pp: 22-30.

**Atares P. 2006.** Semis direct dans la vallée moyenne de l'Ebre: résumé des résultats et analyse économique. Troisièmes rencontres méditerranéennes du semis direct-Zaragoza. Ed : Options méditerranéennes, série A, n 69, pp 77-80.

## B

**Bahlouli F., Bouzerzour H., Benmahammed A. et Hassous K. L. 2005.** Selection of high yielding and risk efficient durum wheat (*Triticum durum* Desf.) cultivars under semi-arid conditions. Agronomy Journal.4, pp: 360-365

**Baldy C. 1986.** Effets du climat sur la croissance et le stress hydrique des blés en méditerranée occidentale in: tolérance à la sécheresse des céréales en zones méditerranéenne.

**Bellemou A., 2012.** Etude des résultats d'essais de différentes techniques de semis du blé dur (CHEN'S), mémoire de magistère : INA-Alger : 123p.

**Benniou R., TAYEB-BEY H., et YAHIAOUI S., 2018 .**Comparaison des différentes techniques (SD, TCS, TC) sur l'efficacité d'utilisation de l'eau chez le blé dur en conditions pluviales en semi-aride. Revue agriculture

**Benniou R., 2008.** Les systèmes de production dans les milieux semi-arides en Algérie : analyse agronomique de leur diversité et des systèmes de culture céréalières dans les Hautes Plaines Sétifiennes. Thèse de Doctorat, INA-Alger ; 293 p.

**Benniou R., 2012.** Agriculture conservation roll of moisture and soil organic matter semi-arid journ. Of Mat. Envsc, n:3(1): 91-98p.

**Biosgontier D., 1999.** Etude des effets de l'agriculture de conservation par apport à l'agriculture traditionnelle, à compléter, revue,.....pp12-14.

**Biozard H., Richard G., Defossez P., Roger- Estrade J. et Boiffin J. 2004.** Contribution à l'étude des effets de semis direct sur l'efficacité de l'utilisation de l'eau et le comportement variétale de la culture de blé en région semi-aride, revue

**Bootsma A., Boisvert J. B., Dejong R. et Baier W. 1996.** La sécheresse et l'agriculture canadienne. Sécheresse, pp: 277-285.

**Boufenar- Zaghouane F. et Zaghouane O., 2006.** Guide des principales variétés de céréales à paille en Algérie (blé dur, blé tendre, orge et avoine). ITGC, ICARDA., Alger. 154 p.

**Bouzerzour H., Irekti H., Vadon B.4.** Rencontres Méditerranéennes du Semis Direct. Zaragoza : CIHEAM / ATU-PAM / INRAA / ITGC / FERT, 2011. p. 7 1 -87 (Option s Méditerranéennes : Série A. Article Séminaires Méditerranéennes ; n. 9 6)

**Bouzerzour H. et Benmahammed A. 1994.** Environnemental factors limiting barley grain yield in the high plateaux of eastern Algeria. Rachis, 12 : 11-14.

**Bouzrara S ; Ferroukh , M.E.H.O ; Bouguendouz, A., 2011.** Effect of direct drilling and simplified tillage on the soil properties of Sersour Pilot farm (Setif).

**Boyer J. S. 1982.** Plant productivity and environment. Sci, New series. 218: 443 - 448 p.

## C

**CADI, A., 2005.** Caractérisation des zones céréalières potentielles à travers le Nord de l'Algérie. Rév. ITGC. Céréaliculture n° 44: 36-39

**Candelou A., 1981.** Les machines agricoles, Ed. j. b bailere, vol.2 Parise, 180p. CCCE(France)- Projet céréales (Algérie). 183p.

**CDSR. 2001.** Le semis direct ; potential et limites pour une agriculture durable en Afrique du nord. Commission économique pour l'Afrique. Nations unis décembre 2001.

**Cedra C., 1993.** Les matériels de travail du sol, semis et plantation, Ed Tec, Doc. Volume III : pp : 384.

**Chenafi H., Bouzerzour H., Aidaoui A. et Saci A. 2006.** Yield response of durum wheat (Triticum durum, Desf) cultivar Waha to deficit irrigation under semi arid growth conditions. Asian Journal plant Science., 5: 854-860.

**Chevrier A., et Barbier S., 2001.** Performance économiques et environnementales des techniques agricoles de conservation des sols Création d'un référentiel et premier résultat.

**Condon A. G., Richards R. A., Rebetzke G. J. et Farquhar GD. 2004.** Breeding for high water-use efficiency. Journal of Experimental Botany 55, pp: 2447-2460.

**Couvreur F . ,1981** .La culture du blé se raisonne, cultivar. Juin 1981,ITCF.pp,39-41.culture, Algérie ITGC p 13.

## D

**Daniel et Ga lardon., 2008** Technique culturale sans labour en Bretagne. Guide pratique, Ed ARVALIS, 43p.

**Debak D., Orlando D., 1994.** Simplification du travail du sol et évolution de la flore adventice : conséquence pour le désherbage à l'échelle de la rotation .In manié. THERENET G LESAFFRE B. aides, simplification du travail du sol, INRA, Ed. PARIS. France, pp210.

**Diehl R., 1995.** Agriculture générale 2eme édition, Béliers. Paris pp 362-364. Différents techniques de travail de la jachère sur les caractéristiques structurales et direct sur la production céréalière en milieu semi-aride. Cas de la région de Béni- Fouda – diversité génétique et amélioration variétale. Les colloquent, n° 64, Montpellier .Ed .INRA, Paris 1993.

**Djermoun, 2009** La production céréalière en Algérie : les principales caractéristiques. Nat. Tech., Juin 2009, 01, pp : 45-53

## E

**EI Aissaoui A., A El Brahli, O El Gharras, N. El Hantaoui, 2009.** Le semis direct pour une agriculture pluviale de conservation. Symposium internationale (agriculture durable en région méditerranéenne(AGDUMED) ), Rabat, Maroc, pp :249-256.

**EI Brahli A.,O El Gharras, N. El Hantaoui,2009.** Le système semis direct. Nouveau mode de production et modèle d'agrégation pour une agriculture pluviale durable au Maroc Transfert de Technologie en Agriculture n° 182.

**Eliard JL., 1979.** Manuel d'agriculture générale. Bases de la production végétale. Ed. J.B. Baillièrre. Environnent. I. The relation between yield, water use and climate, 344 p.

## F

**FAO. 1997.** Production. Ann., Vol. 51, 239 p.

**FAO., 2007.** AG : Agriculture de conservation (<http://www.fao.org/ag/ca/la.htm>),42p.

**FELIACHI, K., 2000.** Programme de développement de la céréaliculture en Algérie. In proc. Symposium blé 2000, enjeux et stratégie Algérie: 21-27.

**Fellahi Z , Hannachi A , Chennafi H , Makhlouf M , Bouzerzour H. ,2013.** Effets des résidus et du travail du sol sur la production de la biomasse et le rendement du blé dur (*Triticum durum* Desf., variété MBB) en lien avec l'utilisation de l'eau dans les conditions semi-arides des Hautes Plaines Sétifiennes Revue agriculture.

**Ferreras L.A., Costa J.L Garcia F.O. et Pecorari C., 2000.** Effect of no-tillage on some soil physical properties of a structural degraded Ptrocalcic Peleudoll of the southern (Pampa) of Argentina. Soil & Tillage Research, 54, pp: 31-39Fifth International wheat Genetics Symposium, New Delhi, (india), S. Raman jam) ; pp:875-894.

**Findeling, A., Ruy S., Scopel E., 2003.** Modeling the effects of a partial residue mulch on runoff using a physically based approach. J. Hydrol., 275: 49-66.

**Fortas B., Mekhlouf A., Hamsi K., Boudiar R., Laouar A. M., Djaidraa 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.

**French R. J . and Schulz, J. E . 1984** Water use efficiency of wheat in a Mediterranean-type environment. The relation between yield, water use and climate. Australian Journal Agricultural Research 35, pp: 743-764

**Friedrich T, 2000** concept et objectif de labour dans une agriculture de conservation, Ed

## G

**Gate P., 1995..** Ecophysiologie du blé. Technique et documentation. Lavoisier, Paris, 351 p.

**Gate Ph. et Giban M., 2003.** Stade du blé. Edition ITCF, Paris. 68 p.

**Grasclaude J-Y., J CH. Deberre, M-A. Martin, G. Matheron., 2006.** Le semis direct sur couverture végétale permanente (SCV) une solution alternative aux systèmes de culture conventionnels dans les pays de sud.ACT.

## H

**Habtegebrial, K., Singh, B-R., and Haile, M. 2007.** Impact of tillage and nitrogen fertilization on yield, nitrogen efficiency of tef (*Eragrostis tef* (Zucc.) Trotter) and soil properties. Soil Till. Res., n° 94, pp : 55–63.

**Haddad L.2010.** Contribution a l'étude de la stabilité des rendements du blé dur (*Triticum durum*. Desf) sous climat méditerranéen. Mémoire de magister, université Ferhat Abbas, Sétif. 73 p/

**Hamblin AP. et Hamblin J., 1985.** Root characteristics of some temperate legume species and varieties on deep, free-draining anti-sols. Australian journal of agricultural research 36: 63-72.

**Hamdy A., Ragab R., Scarascia-Mugnozza E., 2003.** Coping with water scarcity: water saving and increasing water productivity. Irrigation and Drainage 52, pp: 3-20.

**Hussain I., Olson K.R. et Siemens J.C. 1998. Hazmoune T. 2000.** Etude comparée de l'appareil racinaire de quelques variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.). 1er Symposium International sur la filière blé. Enjeux et Stratégie du 07 au 09 fev. Alger. P 181-185.

**Hill R.L. 1990.** Long- term conventional and no-tillage effects on selected soil physical properties. Soil Science Society of America Journal, 54, pp: 161-166.

**Huang, J., Rozelle, S., Pray, C. & Wang, Q., 2002.** Plant Biotechnology in China. Sci., 25, pp: 676.

## K

**Kladivko E.J, 2001.** Etude des résultats d'essais de différentes techniques de semis du blé dur (*Chenopodium*), Mémoire de magistère : INRA, 35p.

**Khaledian, M.R., Ruelle P., Mailhol J.C., Delage L., Rosique P., 2006.** Evaluating direct seeding on mulch on a field scale. Options Méditerranéennes, 69: 125-129.

**Kribaa M., 2003.** Effet de la jachère sur les sols en céréaliculture pluviale dans les zones semi-arides méditerranéennes. Cas des hautes plaines sétifiennes en Algérie. Impact des

différentes techniques de travail de la jachère sur les caractéristiques structurales et hydrodynamiques du sol. Thèse de doctorat. INA El-Harrach Alger P 121.

## L

**Labad R., Hartani T., Gopal Uttamrao Shinde., 2018.** Optimum Herbicide Dose Management in Direct Seeding for Cereals Production: Case of Semi-arid Area of Algeria.

**Lahlou S., M. Ouadia, O. Malamlssa, Y. Le Bissonnais et R. Mrabet. 2005.** La porosité du sol charge en culture technique de conservation dans la zone semi-aride marocaine. Etude et gestation des sols, volume 12, 1 ; 2005 : 69-70.

**Lahmar, R., 1993.** Intensification céréalière dans les hautes plaines sétifiennes: quelques résultats. Cahiers Options Méditerranéennes, Vol. 2, n. 1, p. 93- 97.

**Lahmar. R., 2006.** Opportunités et limites de l'agriculture de conservation en Méditerranée. Les enseignements du projet KASSA Options Méditerranéennes, Série A, Numéro 69. Pp11-18.

**Levy, AA. &Feldman, M., 2002.** The Impact of Polyploidy on Grass Genome Evolution. Plant physiol., 130: 1587-1593.

## M

**Maamri A. et Silem M., 2010.** Contribution à l'étude de l'effet de la technique du semis direct sur la production céréalière en milieu semi-aride. Cas de la région de Béni-Fouda-Sétif, Thèse d'ingénieur, Université de M'sila; 80 p.

**Mac Key, J. 1978.** Wheat domestication as shoot: root interrelation process, In: Proceedings of Fifth International Wheat Genetics Symposium, New Delhi, (India), S. Raman jam (ed.), pp: 875-890.

**Madhava Rao K.V., Raghavendra A.S. et Janardhan Reddy K., 2006.** Printed in the Netherlands. Physiology and Molecular Biology of Stress Tolerance in Plants Springer: 1-14 p.

**MADR, 2017.** Bulletin statistiques de la campagne 2015-2016. Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural.

**MADR. 2011.** Bulletin statistiques de la campagne 2009-2010. Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural. 23 pages.

**Mahdi M., 2004.** Contribution à l'étude de la technique du semis direct sous pivots. Mémoire d'ingénieur INA El-Harrach, pp : 9-30.

**Martin PREVEL P., 1984.** L'analyse végétale dans le contrôle de l'alimentation des plantes

**Mathieu S., 2004.** Techniques de travail réduit <http://www.clubsconseils.org/778-30k>.

**Matin M.A., Brown J.H. et Ferguson H., 1989.** "Leaf water potential, relative water content and diffusivity resistance as screening techniques for drought resistance in barley", Agron, J. n° 81,(1989), 100-105.

**Mekhlouf A. H. 2009.** Etude de la variabilité génétique du blé dur (*Triticum durum* Desf.) pour la tolérance au froid. Thèse de Doctorat ES-Science. INA ; El-Harrach (Alger) : 128p.

**Mekhlouf A., Bouzerzour H., Bemahmed A., Hadj Sahraoui A. et Harkati N., 2006.** Adaptation des variétés de blé dur (*Triticum durum*, Desf.) au climat semi- aride. Sécheresse 17 (4): 507-513.

**Mouellef A., 2010.** Caractères physiologiques et biochimiques de tolérance du blé dur (*Triticum durum* Desf) au stress hydrique. Mémoire de Magister en Biotechnologies Végétales, éditeur. Lakhdar, Batna, 93 p.

**Mrabet, R., 1997.** Crop residue management and tillage systems for water conservation in a semiarid area of Morocco. PhD dissertation. Colorado State Univ.

**Mrabet, R. 2000.** Response of wheat to tillage management systems under continuous cropping in a semiarid area of Morocco. *Field crops Res.*, 66:165-174.

**Mrabet R., 2001.** Le Semis Direct : Une technologie avancée pour une Agriculture durable au Maroc. Dans: Bulletin de Transfert de Technologie en Agriculture MADREF-DERD, No. 76, pp. 4.

**Mrabet R., 2001.** Le semis direct potentiel et limite pour une agriculture durable en Afrique du Nord. <http://www.unca.na.org/pdf>.

**Mrabet, R., 2002.** Wheat yield and water use efficiency under contrasting residue and tillage management systems in a semiarid area of Morocco. *Exp. Agric.*, 38: 237-248.

## P

**Passioura JB., 1977.** Grain yield, harvest index and water use of wheat. *Journal of the Australian Institute of Agricultural Science* 43: 117-120.

**Pierce F.J., Fortin M.C. et Staton M.J., 1994.** Periodic plowing effects on soil properties in a no-till farming system. *Soil Science Society of America Journal*, 58: 1782-1787.

**Prévost P., 2006.** Les bases de l'agriculture. Troisième Edition tec et doc. Lavoisier, pp : 190.

## R

**Radford D. Mc Garry B.J. Bridge B.J., 2000.** Contrasting soil physical properties after zero and traditional tillage of an alluvial soil in the semi-arid subtropics Author links open overlay panel.

**Riah wassila, Karine Laval, Emilie Laroche-Ajzenberg., 2014.** Effects of pesticides on soil enzymes: a review

**Roger- Estrada 2002.** Morphological characterization of soil structure in tilled fields: from a diagnosis method to the modeling of structural changes over time. *Soil Tillage Research*, 79: 33-49.

**Roper et Gupta S., 1995.** Etude des résultats d'essais de différentes techniques de semis du blé dur (Chen's), Mémoire de magistère : 35p.

## S

**Salitot G. 2001.** Le non labour dans l'Oise : Etude des pratiques actuelles, effets de la structure du sol et conséquences sur le développement du maïs, mémoire d'ingénieur des techniques de l'agriculture, ITIA, 49p.

**Schjøning, P., and Thomsen, I-K. 2013.** Shallow tillage effects on soil properties for temperate -region hard-setting soils. *Soil Till. Res.*, n° 132, pp : 12–20.

**Sebillotte M., 1978.** Itinéraire technique et évolution de la pensée agronomique, Rachad, AGR.FR 11-9 :069-913.

**Seguy L., S., Bouzinac, C. Maronzzi, 2001.** Système de culture et dynamique de la matière organique. [http://agro-écologie.cirad.fr. /PDF/ postas fr. Pdf](http://agro-écologie.cirad.fr/PDF/postas_fr.Pdf), 200p.

**Serpantié., G., 2009.** L'agriculture de conservation à la croisée des chemins (Afrique, Madagascar). *Vertigo- La revue en sciences de l'environnement*, Volume 9, n° 3 , pp. 1-21.

**Soltner P., 2005.** Les bases de la production végétales: La plante et son amélioration. 4ème Ed. *Collection et Techniques Agricoles*. 33 -248 p.

**Soltner., 1988.** Les grandes productions végétales. Les collections science et technique agricoles, Ed. 17ème édition 71p .

**Soltner D., 1998.** Les techniques culturales simplifiées, pourquoi. Guide d'agriculture intégrée. *Science et techniques agricoles*.

#### T

**Thomas F., 2006.** Augmentation de la biomasse en circulation au travers de couvert et mélanges de couverts végétaux. Troisième rencontres méditerranéennes du semis direct, Zaragoza. Ed. *Options méditerranéenne, série A, n°69*. 37-38.

**Turner N. C., 1986 (a).** Adaptation to water deficit: a changing perspective. *Australian Journal of Plant Physiology*. 13: 175- 90 p.

**Turner N. C., 1986 (b).** Crop water deficits: a decade of progress. *Advances in Agronomy* 39:1-51.

**Turner N. C., 1997.** Further progress in crop water relations. *Advances in Agronomy* 58: 293.

#### X

**Xanxo L ., A. Solens, C. Canter-Martinez , 2006.** Système de production de cultures fourragères en semis direct dans la zone de la Sud d'Urgel, à Léda, en Espagne. *Options Méditerranéennes, Série A, numéro 69* : pp : 7-36.

#### W

**Walkley (a) et Black (a), 1934.** Etude de la méthode DEGTJAREFF pour le dosage de la matière organique, modification apportée au dosage de l'acide chromique; *Soil Science*, 1934, 37, pp. 29-38:

**Wardle I.F., 1995.** Etude des résultats d'essais de différentes techniques de semis du blé dur (Chen's), Mémoire de magistère: INRA, 35p.

## Annexes I

**Tableau 01** : Résultat statistique de matière organique en deux profondeurs (%)

Nature	Techniques culturales				Moyenne
	TC	SDT	SDD	TCS	
<b>P1: profondeur (0_20cm)</b>	2,13	2,11	2,18	2,13	2,14
<b>P2: profondeur (20_40 cm)</b>	1,8	2,22	2,35	2,16	2,13
<b>Moyenne</b>	1,96	2,16	2,26	2,14	2,13

**Tableau 02** : la résistance au pénétromètre dans les systèmes de travail du sol en trois profondeurs .

traitement	Bloc	Prof1 (0-5)	Prpf 2(5-10)	Prof 3(10-15)
<b>TC</b>	B1	240	510	630
	B2	760	760	800
	B3	280	450	610
<b>SDT</b>	B1	510	690	740
	B2	660	750	800
	B3	470	630	660
<b>SDD</b>	B1	730	740	770
	B2	610	750	790
	B3	520	780	810
<b>TCS</b>	B1	270	740	680
	B2	480	680	760
	B3	360	650	700

**Tableau 03:** analyse de la variance de la densité apparente (profondeur 0-5 cm).

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
<b>Var. Totale</b>	<b>0,075</b>	<b>11</b>	<b>0,007</b>				
<b>Var .Technique</b>	<b>0,019</b>	<b>3</b>	<b>0,006</b>	<b>0,758</b>	<b>0,55883</b>		
<b>Var. Blocs</b>	<b>0,006</b>	<b>2</b>	<b>0,003</b>	<b>0,363</b>	<b>0,71235</b>		
<b>Var. Résiduelle</b>	<b>0,05</b>	<b>6</b>	<b>0,008</b>			<b>0,091</b>	<b>8,31%</b>

**Tableau 04:** analyse de la variance de la densité apparente (profondeur 5- 10 cm).

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
<b>Var. Totale</b>	<b>0,121</b>	<b>11</b>	<b>0,011</b>				
<b>Var .Technique</b>	<b>0,082</b>	<b>3</b>	<b>0,027</b>	<b>5,74</b>	<b>0,03454</b>		
<b>Var. Blocs</b>	<b>0,01</b>	<b>2</b>	<b>0,005</b>	<b>1,002</b>	<b>0,42295</b>		
<b>Var. Résiduelle</b>	<b>0,029</b>	<b>6</b>	<b>0,005</b>			<b>0,069</b>	<b>5,49%</b>

**Tableau 05:** analyse de la variance de la densité apparente (profondeur 10- 15 cm).

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
<b>Var. Totale</b>	<b>0,098</b>	<b>11</b>	<b>0,009</b>				
<b>Var .Technique</b>	<b>0,062</b>	<b>3</b>	<b>0,021</b>	<b>4,707</b>	<b>0,05155</b>		
<b>Var. Blocs</b>	<b>0,01</b>	<b>2</b>	<b>0,005</b>	<b>1,09</b>	<b>0,39613</b>		
<b>Var. Résiduelle</b>	<b>0,026</b>	<b>6</b>	<b>0,004</b>			<b>0,066</b>	<b>5,38%</b>

**Tableau 06:** analyse de la variance de la taille des chaumes.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
<b>Var. Totale</b>	<b>568,667</b>	<b>11</b>	<b>51,697</b>				
<b>Var .Technique</b>	<b>189,333</b>	<b>3</b>	<b>63,111</b>	<b>2,034</b>	<b>0,2104</b>		
<b>Var. Blocs</b>	<b>193,167</b>	<b>2</b>	<b>96,583</b>	<b>3,113</b>	<b>0,11778</b>		
<b>Var. Résiduelle</b>	<b>186,167</b>	<b>6</b>	<b>31,028</b>			<b>5,57</b>	<b>8,53%</b>

**Tableau 07:** Analyse de variance de longueur des racines.

	S.C.E	DDL	C.M.	Test F	Proba	E.T.	C.V.
<b>Var. Totale</b>	<b>41,307</b>	<b>11</b>	<b>3,755</b>			<b>2,124</b>	<b>18,10%</b>
<b>Var .Technique</b>	<b>11,787</b>	<b>3</b>	<b>3,929</b>	<b>0,871</b>	<b>0,50776</b>		
<b>Var. Blocs</b>	<b>2,447</b>	<b>2</b>	<b>1,223</b>	<b>0,271</b>	<b>0,77302</b>		
<b>Var. Résiduelle</b>	<b>27,073</b>	<b>6</b>	<b>4,512</b>				

**Tableau 08 :** Analyse de variance de nombre des racines

	S.C.E	DDL	C.M.	Test F	Proba	ET	CV
<b>Var. Totale</b>	<b>56,65</b>	<b>11</b>	<b>5,15</b>			<b>1,743</b>	<b>14,46%</b>
<b>Var .Technique</b>	<b>23,61</b>	<b>3</b>	<b>7,87</b>	<b>2,592</b>	<b>0,14782</b>		
<b>Var. Blocs</b>	<b>14,82</b>	<b>2</b>	<b>7,41</b>	<b>2,44</b>	<b>0,16719</b>		
<b>Var. Résiduelle</b>	<b>18,22</b>	<b>6</b>	<b>3,037</b>				

**Tableau09 :** Analyse de variance de la teneur en chlorophylle

	S.C.E	DDL	C.M.	Test f	Proba	E.T.	C.V.
<b>Var. Totale</b>	<b>131,036</b>	<b>11</b>	<b>11,912</b>				
<b>Var .Technique</b>	<b>4,266</b>	<b>3</b>	<b>1,422</b>	<b>0,335</b>	<b>0,80243</b>		
<b>Var. Blocs</b>	<b>101,271</b>	<b>2</b>	<b>50,635</b>	<b>11,914</b>	<b>0,00876</b>		
<b>Var. Résiduelle</b>	<b>25,5</b>	<b>6</b>	<b>4,25</b>			<b>2,062</b>	<b>8,19%</b>

**Tableau 10:** Analyse de variance de La teneur relative en eau (TRE)

	S.C.E	DDL	C.M.	Test f	Proba	ET	CV
<b>Var. Totale</b>	<b>405,961</b>	<b>11</b>	<b>36,906</b>				
<b>Var .Technique</b>	<b>202,551</b>	<b>3</b>	<b>67,517</b>	<b>3,51</b>	<b>0,08926</b>		
<b>Var. Blocs</b>	<b>87,983</b>	<b>2</b>	<b>43,992</b>	<b>2,287</b>	<b>0,18225</b>		
<b>Var. Résiduelle</b>	<b>115,427</b>	<b>6</b>	<b>19,238</b>			<b>4,386</b>	<b>5,41%</b>

**Tableau 11:** Analyse de variance La nombre de plants levés par m<sup>2</sup>

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
<b>Var. Totale</b>	<b>40525,66</b>	<b>11</b>	<b>3684,151</b>				
<b>Var .Technique</b>	<b>35735</b>	<b>3</b>	<b>11911,67</b>	<b>25,277</b>	<b>0,00122</b>		
<b>Var. Blocs</b>	<b>1963,164</b>	<b>2</b>	<b>981,582</b>	<b>2,083</b>	<b>0,20521</b>		
<b>Var. Résiduelle</b>	<b>2827,504</b>	<b>6</b>	<b>471,251</b>			<b>21,708</b>	<b>9,40%</b>

**Tableau12 :** Analyse de variance du nombre talles par mètre carré

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
<b>Var. Totale</b>	<b>37924,91</b>	<b>11</b>	<b>3447,719</b>				
<b>Var .Technique</b>	<b>20260,91</b>	<b>3</b>	<b>6753,638</b>	<b>3,949</b>	<b>0,07206</b>		
<b>Var. Blocs</b>	<b>7403,164</b>	<b>2</b>	<b>3701,582</b>	<b>2,164</b>	<b>0,19558</b>		
<b>Var. Résiduelle</b>	<b>10260,84</b>	<b>6</b>	<b>1710,139</b>			<b>41,354</b>	<b>12,57%</b>

**Tableau13 :** analyse de la variance de nombre de grains par épis.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
<b>Var. Totale</b>	<b>93</b>	<b>11</b>	<b>8,455</b>				
<b>Var .Technique</b>	<b>21,667</b>	<b>3</b>	<b>7,222</b>	<b>1,244</b>	<b>0,37413</b>		
<b>Var. Blocs</b>	<b>36,5</b>	<b>2</b>	<b>18,25</b>	<b>3,144</b>	<b>0,11602</b>		
<b>Var. Résiduelle</b>	<b>34,833</b>	<b>6</b>	<b>5,806</b>			<b>2,409</b>	<b>7,65%</b>

**Tableau 14 :** Analyse de variance le poids de mille grains (PMG)

	S.C.E	DDL	C.M.	Test f	Proba	E.T.	C.V.
<b>Var. Totale</b>	<b>135,313</b>	<b>11</b>	<b>12,301</b>			<b>3,265</b>	<b>8,09%</b>
<b>Var .Technique</b>	<b>54,445</b>	<b>3</b>	<b>18,148</b>	<b>1,702</b>	<b>0,26489</b>		
<b>Var. Blocs</b>	<b>16,891</b>	<b>2</b>	<b>8,445</b>	<b>0,792</b>	<b>0,49782</b>		
<b>Var. Résiduelle</b>	<b>63,978</b>	<b>6</b>	<b>10,663</b>				

**Tableau 15:** Analyse de la variance de Rendement théorique en grains

	S.C.E	DDL	C.M.	Test F	Proba	E.T.	C.V.
<b>Var .Totale</b>	<b>625,893</b>	<b>11</b>	<b>56,899</b>			<b>4,804</b>	<b>15,12%</b>
<b>Var. Technique</b>	<b>263,39</b>	<b>3</b>	<b>87,797</b>	<b>3,805</b>	<b>0,07718</b>		
<b>Var. Blocs</b>	<b>224,055</b>	<b>2</b>	<b>112,027</b>	<b>4,855</b>	<b>0,0558</b>		
<b>Var .Résiduelle</b>	<b>138,449</b>	<b>6</b>	<b>23,075</b>				

**Tableau 16:** analyse de la variance de Rendement réelle en grains

	S.C.E	DDL	C.M.	Test f	Proba	ET	CV
<b>Var .Totale</b>	<b>1145,126</b>	<b>11</b>	<b>104,102</b>				
<b>Var .Technique</b>	<b>397,818</b>	<b>3</b>	<b>132,606</b>	<b>1,223</b>	<b>0,38048</b>		
<b>Var. Blocs</b>	<b>96,612</b>	<b>2</b>	<b>48,306</b>	<b>0,445</b>	<b>0,66327</b>		
<b>Var. Résiduelle</b>	<b>650,696</b>	<b>6</b>	<b>108,449</b>			<b>10,414</b>	<b>27,46%</b>

**Tableau 17:** Analyse de variance la Rendement de la biomasse

	<b>S.C.E</b>	<b>DDL</b>	<b>C.M.</b>	<b>Test f</b>	<b>Proba</b>	<b>E.T.</b>	<b>C.V.</b>
<b>Var. Totale</b>	<b>51,801</b>	<b>11</b>	<b>4,709</b>			<b>2,566</b>	<b>27,94%</b>
<b>Var .Technique</b>	<b>10,484</b>	<b>3</b>	<b>3,495</b>	<b>0,531</b>	<b>0,67967</b>		
<b>Var. Blocs</b>	<b>1,799</b>	<b>2</b>	<b>0,9</b>	<b>0,137</b>	<b>0,87462</b>		
<b>Var. Résiduelle</b>	<b>39,519</b>	<b>6</b>	<b>6,586</b>				

**Tableau 18:** Analyse de la variance de l'indice de récolte

	<b>S.C.E</b>	<b>DDL</b>	<b>C.M.</b>	<b>Test f</b>	<b>Proba</b>	<b>E.T.</b>	<b>C.V.</b>
<b>Var. Totale</b>	<b>181,822</b>	<b>11</b>	<b>16,529</b>			<b>4,048</b>	<b>9,83%</b>
<b>Var .Technique</b>	<b>59,189</b>	<b>3</b>	<b>19,73</b>	<b>1,204</b>	<b>0,38623</b>		
<b>Var. Blocs</b>	<b>24,302</b>	<b>2</b>	<b>12,151</b>	<b>0,741</b>	<b>0,51837</b>		
<b>Var. Résiduelle</b>	<b>98,331</b>	<b>6</b>	<b>16,388</b>				

**Annexe II : Instrument de travail du sol et de mise en place de culture**

**Figure n° 1 : Quelques instruments utilisés pour le travail de sol et le semis**



**Semoir à dent**



**Cover-crop**



**Moissonneuse batteuse**



**Semoir de semis direct BOUDOUR**



**Charrue à disque**

**La herse**

الدراسة ركزت على سلوك زراعة القمح الصلب فيما يتعلق بتقنيات المحاصيل والبذر المباشرة بشكل رئيسي في المناطق شبه الجافة الهدف من عملنا هو تقييم بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية والفيزيولوجية والزراعية لقمح الصلب صنف بوسلام فيما يتعلق بأربعة طرق تقنية ، وهي البذر المباشر (المسنن والقرص) ، التقنية المبسطة والحرث التقليدي. أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها أن البذر المباشر يحتفظ بالرطوبة بشكل أفضل في التربة خاصة في المرحلة الأخيرة مما سمح بملء الحبوب بشكل جيد. أيضا ، البذر المباشر هو الأفضل فيما يتعلق بتراكم المواد العضوية ، والكثافة الظاهرية ، ومقاومة الاختراق ، والسلوك الفسيولوجي والزراعي. أعطى البذر المباشر المسنن مردود عالي (37.69 ق / هكتار) مقارنة بالحرث التقليدي (33.65 ق / هكتار) وتقنية الزراعة المبسطة (30.97 ق / هكتار) و البذر المباشر بالقرص (24.8 ق / هكتار).

**الكلمات المفتاحية:** البذر المباشر ، التقنية المبسطة ، الحرث التقليدي ، الرطوبة ، القمح الصلب شبه جاف ، المردود، مؤشر

الحصاد

## Résumé

L'étude a porté sur le comportement de la culture de blé dur vis-à-vis des techniques culturales et principalement du semis direct en zone semi-aride. L'objectif de notre travail est d'évaluer quelques propriétés physico-chimiques, hydriques et le comportement physiologique et agronomiques de la culture de blé dur, variété *Boussellem* vis-à-vis de quatre itinéraires techniques, à savoir le semis direct (à dent et à disque), technique culturale simplifiée et le travail conventionnel. Les résultats obtenus ont montré que le semis direct conserve mieux l'humidité dans le sol en fin de cycle, ce qui a permis un bon remplissage de grains. Egalement, le semis direct se place meilleur vis-à-vis de l'accumulation de la matière organique, la densité apparente, résistance pénétrométrique, ainsi que le comportement physiologique et agronomique. Le semis direct à dent a donné un rendement élevé (37,69 q/ ha) comparé au travail conventionnel (33,65 q/ ha) et la technique culturale simplifiée (30,97 q/ ha). semis direct a disque (24,8 q/ ha).

**Mots-clés :** Semis direct, technologie simplifiée, travail du sol conventionnel, humidité, blé dur, semi-aride, rendement, indice de récolte

## Abstract

The present study aims to evaluate the effect of different agricultural techniques on development of wheat durum cycle in semi-arid area. The techniques studied are: direct seeding, conventional technique and simplified technique. The objective of work is to evaluate some physicochemical, hydric, physiological and agronomic behaviour of durum wheat under agricultural techniques. The variety used is "Boussellem. The results showed that soil moisture is better in direct seeding in the end of wheat cycle development according to a good grain filling. Indeed, direct seeding is better with respect to organic matter accumulation, bulk density, penetrometric resistance, and physiological and agronomic parameters. Direct seeding using a tooth seedier shows a high yield (37.69 q / ha) compared to conventional work (33.65 q / ha), simplified technique (30.97 q / ha) and direct seeding using a disk seedier ( 24.8 q / ha).

**Keywords :** Direct sowing, simplified technology, conventional tillage, moisture, durum wheat, semi-arid, yield, harvest index.