

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA

Faculté Des Sciences
Nature de vie

FILIERE : Sciences Agronomiques
Agronomiques

N°:.....



DOMAINE : Sciences de la

Départements Des Sciences

OPTION : Production Végétale

Mémoire présenté pour
l'obtention Du diplôme
de Master Académique

Thème

Étude de l'analyse comparative de trois techniques
culturales (SD, TCS et TC) sur la culture de blé dur
(*Triticum durum* Desf.), en zone semi-aride dans la
région de Sétif.

Présenté par:

Mlle CHEMISSA Abir

Mlle HAFIDI Imane

Soutenu devant le jury composé de:

Mme Tir Chafia

MAA

Université de M'sila

Président

Mr BENNIOU Ramdane

Prof

Université de M'sila

Rapporteur

Mr KADRI Adel

MCB

Université de M'sila

Examineur

Année universitaire : 2019/2020

Dédicace

Je dédie ce modeste travail:

A mes parents (Mama Nassira et Nawa et mon père Kamel et Toufik), Mes estimes pour eux sont immenses, je vous remercie pour tout ce que vous avez fait pour moi.

Que Dieu vous préserve une longue vie heureuse.

A Toute ma famille : tata Razika, Samia, Hamza et Mohamed et Nassima, Mehdi, jawad, Ferial, Nawel et Hamza, Hanane et Aya et tata Fatima et Taiba), Tous ceux que j'aime, qui m'aiment et me comblez de conseils.

A tous mes amis.

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

Que notre amitié dure.

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

CHEMISSA Abir

Dédicace

Je dédie ce modeste travail :

*Aux êtres qui me sont les plus chers mes **chers parents**.
Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon
amour éternel et ma considération pour les sacrifices que
vous avez consentis pour mon instruction et mon bien être.
Je vous remercie pour tout le soutien et l'amour que vous me
portez depuis mon enfance et j'espère que votre bénédiction
m'accompagne toujours.*

*Que ce modeste travail soit l'exaucement de vos vœux tant
formulés, le fruit de vos innombrables sacrifices, bien que je
ne vous en acquitterai jamais assez.*

*À mes grands -mères et mon grand-père **BELHADJ**.
Qui m'ont accompagnée par leurs prières, leur douceur, que
Dieu les prête longue vie et beaucoup de santé et de bonheur
dans les deux vies.*

*À Mes chers frères et sœurs : **Salah, Souhaib, Douaa** et
Lina.*

À Mes chers oncles, tantes, leurs époux et épouses.

À mes chers cousins et cousines.

*À mon oncle et mon enseignant **HAFSI Mohammed**.
À toute ma famille et mes amis particulièrement **Fatima**.
À ma chère Amie et mon binôme **Abir**.*

HAFIDI Imane

Remerciements

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

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

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

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

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

***Mme TIR** d'avoir accepté de présider le jury.*

*Docteur **Adel KADRI** d'avoir accepté d'examiner notre modeste travail.*

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

*Nos remerciements à tous les cadres de **l'ITGC de Sétif**.*

A tous ceux qui nous ont aidés de près ou de loin, par un geste, une parole ou un conseil, nous leur disons merci.

CHEMISSA Abir & HAFIDI Imane

Liste des abréviations

AC : agriculture de conservation

CDSR-AN : centre de développement sous régional pour l'Afrique du Nord.

Cm : centimètre

Cm² : centimètre carré

Cm³ : centimètre cube

CV : coefficient de variation

EUE : efficacité 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

M² : mètre carré

MADR : Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural

mmhos/cm : millimhos par centimètre

MO : matière organique

N : azote

NE : nombre d'Epis

NGE : nombre de Grains par Epi

ONM : Office National de Météorologie

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 culturale simplifiée

TM : travail minimum

TRE : teneur relative en eau

U : unité

V : volume

Liste des tableaux

	Pages
Tableau 01: La liste des pays triés par volume d'exportation en 2017	1
Tableau 02: Evolution de taux d'humus des sols en fonction de la technique de travail du sol ...	17
Tableau 03: Effet du travail du sol sur le rendement du blé	20
Tableau 04: Relevé des températures mensuelles enregistrées durant la campagne agricole 2019-2020 dans la station expérimentale de l'ITGC de Sétif.	26
Tableau 05: La pluviométrie mensuelle (mm) de la campagne 2019/2020.....	26
Tableau 06: Le nombre des jours de gelées durant la campagne 2019/2020.....	27
Tableau 07: Fertilisation azotée de l'essai	31
Tableau 08: Opération de désherbage chimique de l'essai par technique	31
Tableau 09: Propriétés physico-chimiques du sol de la parcelle expérimentale	39
Tableau 10: Analyse statistique de la taille des chaumes (cm).	48
Tableau 11: Résultat statistique de nombre de plants levés par m ²	49
Tableau 12: Résultat statistique de nombre d'épi par m ²	50
Tableau 13: Résultat statistique de nombre de graines par épis (NGE).	50
Tableau 14: Résultat statistique du poids de mille grains.....	51
Tableau 15: Résultats statistiques du rendement théorique en grains.....	52
Tableau 16: Résultats statistiques du rendement réel en grains.....	54
Tableau 17: Résultat des moyennes de la biomasse (g/ m ²).	55
Tableau 18: Résultats des moyennes pour le rendement en paille (q/ ha).	55
Tableau 19: Résultat statistique de l'indice de récolte (%).	58

Listes des figures

	Pages
Figure 01: Les principes fondamentales de l'agriculture de conservation.	6
Figure 02: Relation système semis direct, composantes de l'environnement et décisions agricoles.	16
Figure 03: Fonctionnement hypothétique d'un agro-système où une espèce végétale est conduite dans un sol non travaillé	23
Figure 04 : La charrue à disque, le cover-crop et la herse	28
Figure 05 : Le semoir John Shearer à disque et le Semoir de semis direct BOUDOUR	29
Figure 06 : Schéma du dispositif expérimental adopté.	29
Figure 07: Mesure de l'humidité de sol	32
Figure 08: Méthode de prélèvement du sol et de calcul de la densité apparente du sol.....	33
Figure 09: Photo représentative de la mesure par pénétromètre	34
Figure 10: Schéma de fixation des stations de notation.....	35
Figure 11: L'humidité pondérale du sol par technique culturale et par profondeur du sol....	41
Figure 12: Evolution de l'humidité pondérale dans le sol (profondeur 0-20 cm).....	41
Figure 13: Evolution de l'humidité pondérale dans le sol (profondeur 20-40cm).....	42
Figure 14: Effet de technique culturale sur la résistance au pénétromètre par profondeur....	43
Figure 15: La résistance au pénétromètre (0-5 cm) par système de travail du sol.....	43
Figure 16: La résistance au pénétromètre (5-10 cm) par système de travail du sol.....	44
Figure 17: La résistance au pénétromètre (10-15 cm) par système de travail du sol.....	44
Figure 18: Effet de technologie culturale sur la densité apparente par profondeur	46
Figure 19: L'effet de technologie culturale sur la densité apparente en profondeur (0-5 cm).46	
Figure 20: L'effet de technologie culturale sur la densité apparente en profondeur (5-10 cm).	48
Figure 21: L'effet de technique culturale sur la taille des chaumes.	49
Figure 22: Effet de technologie culturale le nombre de plantes levées/ m ²	49
Figure 23: Effet de technologie culturale le nombre d'épi/ m ²	50
Figure 24: Effet de technique culturale sur le nombre de grains par épi.	51
Figure 25 : Effet de technique culturale sur le PMG.	52
Figure 26: Effet de technique culturale sur le rendement théorique en grains (q/ha).	53
Figure 27: Effet de technique culturale sur le rendement réel en grains.	54
Figure 28: Effet des techniques culturales sur la biomasse (q/ ha).	55

Figure 29: Effet de technique culturale sur de rendement en paille (q / ha).	56
Figure 30: Effet de technique culturale sur de l'indice de récolte.	57

Plan de Travail

Liste des abréviations

Liste des tableaux

Listes des figures

Introduction Générale

Première Partie: Synthèse bibliographique

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

I.1. Importance de la culture blé dur	1
I.1.1 Dans le monde.....	1
I.1.2 En Algérie	1
I.2. Contraintes à la production du blé dur (<i>Triticum durum</i> Desf.)	2
I.2.1. Les conditions climatiques.....	2
I.2.2. Le déficit hydrique en fin de cycle.....	2
I.3. L'agriculture de conservation	3
I.4. Système de culture et semis direct :	6

Chapitre II: Synthèse sur les techniques culturales

II.1. Généralités	8
II.2. Rappel du rôle du travail du sol.....	8
II.2.1 Rôle global du travail du sol.....	8
II.2.1.1 Objectifs à court terme	9
II.2.2 Objectifs à long terme.....	9
II.3 Les itinéraires techniques de travail du sol	9
II.3.1 Techniques de travail du sol classique	10
II.3.1.1 Travail conventionnel.....	10
A. Travail primaire du sol (le labour)	10
B. Travail secondaire (pseudo labour)	10
C. Préparation de lit de semences.....	10
II.3.1.2 avantages et inconvénients de travail conventionnel	11
A. Avantages:	11
B. Inconvénients:	11
II.3.2 Travail culturales simplifiées.....	11
II.3.2.1 Définition:.....	11
II.3.2.3 Les avantages et les inconvénients du TCS.....	12
A. Avantages:	12
B. Inconvénients:.....	12
II.3.3 Semis direct	13
II.3.3.1 Définition :.....	13

II.3.3.2 Principe de semis direct	13
II.3.3.3 L'objectif du semis direct	14
II.3.3.4 Les différents types de semis direct:	14
A- Travail du sol par bondes :	14
B-Semis en sillon :	14
C- Billonnage :	15
II.3.3.5 Exigences de réussite de semis direct	15
II.3.3.6 Avantages et inconvénients du semis direct	15
A. Avantages:	15
c. Effet de semis direct sur le plan environnemental	16
d. Effet de semis direct sur le plan économique :	20
e. Effets sur la composante du milieu cultivé :	22
B. Inconvénients du semis direct	23

Deuxième partie: Etude expérimentale

Chapitre I: Présentation agro-écologique de la région d'étude

I.1 Objectif de l'étude :	25
I.2 Présentation agro-écologique de site expérimental :	25
I.3 Conditions climatiques	25
a. Température	25
b. Précipitations	26
c. Gelées	27
I.3.1 Analyses physico-chimiques du sol	27

Chapitre II. Mise en place de l'essai

II.1. Matériel végétal utilisé	28
II.2. Matériel agricole	28
A. Travail conventionnel	28
B. Technique culturale simplifiée (ou travail minimum)	29
C. Semis direct (à dent et à disque)	29
II.3 Dispositif expérimental	29
II.4. Itinéraires techniques	30
II.4.1. Précédent cultural	30
II.4.2. Préparation du sol :	30
A. Semis direct (SD) :	30
B. Travail conventionnel (TC) :	30
C. Technique culturale simplifiée (TCS) ou travail minimum (TM)	30
II.4.3. Mise en place de culture	30
II.4.4. Entretien de la culture :	30

A. Fertilisation du sol	30
B. Désherbage	31

Chapitre III: Notations à effectuer

III.1 Notations relatives au facteurs physiques du sol	32
III.1.1. Humidité du sol.....	32
III.1.2. Densité apparente du sol (Masse Volumique)	33
III.1.3 La résistance pénétrométrique R_p (N/cm^2)	33
III.2 Notations relatives à la culture	34
III.2.1. Paramètres morphologiques de la plante	34
III.2.1.1 Taille des chaumes	34
III.2.2 Les paramètres physiologiques	35
III.2.2.1 Peuplement à la levé.....	36
III.2.2.2 Nombre de talles par m^2	36
III.2.2.3 Composants de rendements.....	36
A. Nombre d'épis par mètre carré (NE/ m^2).....	36
B. Nombre de graines par épi (NGE).....	36
C. Poids de mille grains (PMG).....	36
III.2.2.4.Rendement de la Biomasse.....	36
III.2.2.5 Rendement en paille.....	37
III.2.2.6 Le calcul du rendement théorique (q/ ha).....	37
III.2.2.7 Rendement réel (q/ ha).....	37
III.2.2.8 Indice de récolte.....	37
III.2.3. Traitement statistiques.....	37

Chapitre IV: Résultats et discussion

IV.1 Paramètres liées au sol	39
IV.1.1 Paramètres physico-chimiques du sol.....	39
a. Texture.....	39
b. pH et conductivité électrique	39
IV.1.2 profil hydrique	39
IV.1.3 Résistance pénétrométrique du sol: R (N/cm^2).....	42
IV.1.4 Densité apparente	45
IV.3. Paramètres morphologiques de la culture.....	48
IV.3.1. Taille des chaumes (hauteur des tiges).....	48
IV.5 .Caractères agronomiques.....	49
IV.5.1. Peuplement à la levée (Nombre de plants levés par m^2)	49
IV.5.2. Nombre d'épi/ m^2 (NE/M^2)	50
IV.5.3. Nombre de graines par épis (NGE):.....	50
IV.5.4 Poids de mille grains (PMG).....	51
IV.5.5 Rendement théorique ou calculé de grains (q/ ha).....	52

IV.5.6 Rendement réel en grains (q/ ha).....	53
IV.5.7 Rendement de la biomasse	54
IV.5.8 Rendement en paille (q/ ha)	55
IV.5.9 Indice de récolte (%)	56
Conclusion	58
Références Bibliographiques	61

Introduction Générale

Introduction générale

Les céréales occupent à l'échelle mondiale une place primordiale dans les programmes de la recherche agronomique (SLAMA et *al.*, 2005). Vue leurs importances économiques et stratégiques, elles constituent la base dans beaucoup de pays, notamment les pays en voie de développement, les pays nord africains.

Au cours de ces dernières décennies, les activités humaines et en particulier l'agriculture et les pratiques culturales ont fortement dégradé les écosystèmes notamment les sols qui sont les plus affectés par le phénomène d'érosion, une baisse de fertilité due à une baisse de la matière organique, baisse de la biodiversité, une fatigue et un épuisement du sol. Tous ces changements représentent une menace à la production agricole et à la durabilité des systèmes de production (OULBACHIR et *al.*, 2014).

Au Maghreb, la céréaliculture occupe aussi une place stratégique dans le système de production par contre, elle est soumise et influencée par les conditions géographiques, climatiques et agronomiques et fonctionnelles propres à l'exploitation (BENNIYOU, 2012). Parmi les conditions agronomiques, on peut citer la non maîtrise des techniques d'installation des cultures, une fertilisation non raisonnée en fonction des possibilités offertes par les milieux et notamment les sols, les précédents culturaux et le manque des mesures phytosanitaires (BOUAZIZ, 1999). En ce qui concerne les conditions climatiques, la rareté des pluies et sa répartition aléatoire durant ces vingt dernières années ont posé un grand défi à l'agriculture pluviale en général et à la céréaliculture en particulier.

En plus d'être caractérisées par un climat aléatoire, les zones semi-arides sont distinguées par une mauvaise qualité des sols: légers, squelettiques et moins fertiles. Le développement de l'agriculture a soumis les terres agricoles à un régime d'exploitation intense ; ceci a engendré une dégradation de la qualité des sols, en particulier à cause d'une diminution de la matière organique par érosion et oxydation (MRABET et *al.*, 2004) montrent également que la faible productivité des sols est le résultat d'une inadéquation entre l'utilisation des terres et leurs potentialités.

De même LOPEZ (1992), a révélé que dans les zones semi-arides, on assiste à une dégradation continue des ressources naturelles due à l'utilisation abusive et inadéquate des

techniques agricoles. Ainsi, le labour intensif entraîne une détérioration de la qualité du sol ce qui menace la production agricole à long-terme, dans tout le bassin méditerranéen.

Le défi majeur des pays de l'Afrique du Nord est de songer à la manière d'amortir la dégradation de ces ressources naturelles et assurer la sécurité alimentaire. Pour atteindre cet objectif, il est plus que jamais impératif de revoir les modes d'utilisation des terres et assurer un développement durable (CDSR, 2001).

En Algérie, la filière céréalière représente l'une des stratégies de la production agricole, une grande partie des terres emblavées en cultures céréalières est située dans les zones semi-arides. Malgré cette importance, la culture des céréales se trouve constamment menacé par plusieurs contraintes, parmi les quelles les aléas climatiques qui affectent les rendements de façon qualitative et quantitative : rendements faibles et irréguliers (RASTOIN et BENABDERRAZIK, 2014). Alors, de nature essentiellement pluviale, donc fortement tributaire des conditions climatiques, la céréaliculture se caractérise par une conduite extensive aggravée par la pratique de techniques culturales inappropriées (MOURET et *al.*, 1990).

En zones semi-arides la ressource en eau constitue le principal facteur limitant le développement agricole. L'environnement physique est caractérisé par une pluviométrie faible et aléatoire. Les sols sont généralement peu fertiles, peu productifs et portant une couverture végétale très éparse. Dans ces régions, la recherche d'une meilleure productivité agricole s'est faite grâce à l'intensification des systèmes de production. Cette intensification s'est matérialisée sous forme d'inputs de plus en plus complexes et d'une production minière des sols (MRABET, 2001). Cependant, ce monde de production s'est accompagné de nombreux effets négatifs sur l'environnement; ce qui a conduit à sa remis en question dans de nombreux régions dans le monde (LYONS et *al.*, 2003).

Afin de limiter la dégradation du sol, l'agriculture de conservation à travers ces différentes techniques, à savoir les techniques culturales simplifiées et le semis direct peut être une innovation technologique alternative au système traditionnel. Le défi est grand, mais on peut le relever si on arrive à proposer des alternatives plus conservatrices et plus durables. 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). A souligner que les terres

labourées sont sujettes à la fois à l'érosion et à la baisse de la fertilité des sols (forte minéralisation). Donc, pour limiter ces phénomènes, le recours aux techniques culturales nouvelles, comme les techniques culturales simplifiées et le semis direct seraient une alternative viable (RADFORD *et al.*, ABDLLAOUI *et al.*, 2010 ; SABER et MRABET, 2001 ; SCHRALL *et al.*, 2007 ; BENNIOU 2012). Il s'agit tout simplement de corriger et réparer les erreurs commises par le travail conventionnel.

L'intensification de l'agriculture pour une production accrue, bien qu'elle ait permis d'accroître les niveaux de productivité et limiter les empiètements les plus graves sur les terres, n'a pas empêché les effets négatifs sur l'environnement (ZEGHOUANE *et al.*, 2006). Car le développement durable doit être allié avec l'environnement, pour ne pas compromettre les progrès réalisés dans le domaine des rendements et exiger des stratégies plus efficaces de gestion des sols, de l'eau, et de la fertilité. Pour cela, l'agriculture de conservation peut être considérée comme une alternative pour faire face à ces problèmes et assurer un développement durable car la généralisation de l'agriculture intensive en Algérie n'a guère été bénéfique pour la productivité des terres, et n'a pas épargné les terres de l'érosion et plus particulièrement dans les régions des étages bioclimatiques semi arides et arides (ZAGHOUANE *et al.*, 2006).

Toutefois, il existe un certain nombre de techniques qui ouvrent des perspectives intéressantes et qui seraient plus durables, consistant à utiliser intensivement les mécanismes écologiques naturels des écosystèmes. Techniques auxquelles pourraient s'ajouter l'usage des méthodes conventionnelles, sous réserve qu'elles n'interfèrent pas négativement avec les premières (GRIFFON 2006). Parmi ces techniques nous pouvons citer le semis direct, qui représente une nouvelle démarche agronomique visant à développer voire restaurer le sol vers une fertilité naturelle. Cette amélioration de la fertilité du sol s'appuie sur une redynamisation organique et biologique des sols et une restructuration de sa partie superficielle qui au lieu d'être sensible à la dégradation deviendra un support pour une agriculture durable. De fait, les non perturbations du sol par la simplification des opérations de labour sont considérés comme une technologie stratégique d'avenir, avantagée par réduction des charges économiques de mécanisation, de main-d'œuvre, d'énergie et de produits fertilisants.

Dans cette perspective, notre travail expérimental et de recherche est sur l'évaluation des techniques simplifiées et de semis direct et leurs effets sur la production agricole de l'espèce blé dur en zone semi-aride. L'objectif de la quinzième année d'expérimentation étant de montrer que les niveaux de productivité élevée peut être atteints par l'utilisation des concepts de l'agriculture de conservation et essentiellement les techniques simplifiées et le semis direct et aussi de conserver les potentialités du sol et même de garantir la durabilité de la qualité des terres et des milieux.

Première Partie: Synthèse bibliographique

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

I.1. Importance de la culture blé dur

I.1.1 Dans le monde

Les blés constituant la première ressource en alimentation humaine et la principale source de protéine. Ils sont également une ressource privilégiée pour l'alimentation animale et multiples applications industrielles. Le grain de blé dur a une grande valeur nutritionnelle suite à sa richesse en protéine et la présence du gluten qui donne aux pâtes alimentaires une meilleure tenue à la cuisson (ROTOCCOLI *et al.*, 2000). La quasi totalité de la nutrition de la population mondiale est fourni par des aliments en grains dont 95% sont par les principales cultures céréalières: blé dur, blé tendre, maïs, sorgho, avoine.... Parmi les espèces de blé existantes dans le monde, on peut citer: blé dur, blé tendre, blé poulard, blé de Pologne, blé Korassan, blé de Perse, blé compact ou blé hérisson, blé sphérique ou blé indien (BONJEAN et PICARD, 1990).

Le classement de l'année 2017 des principaux premiers producteurs de blé indique que la Chine est toujours en première position et l'Union Européen (UE) en deuxième position par contre, l'Allemagne se situe en quatrième position après les Etats unis (The World Factbook, 2017).

Tableau 01: La liste des pays triés par volume d'exportation en 2017

N°	Pays	Exportations
1	Chine	2 157 000 000 000 \$
2	Union européenne	1 929 000 000 000 \$
3	Etats-Unis	1 576 000 000 000 \$
4	Allemagne	1 401 000 000 000 \$
5	Japon	683 300 000 000 \$

Source: The World Fact book de la CIA, (2017)

I.1.2 En Algérie

L'Algérie est au premier rang des pays consommateurs de blé ; elle accapare la cinquième place dans le classement mondial (DJERMOUN, 2009). La consommation nationale alimentaire de blé s'élève à 60 % de la ration alimentaire moyenne ; contre 25 à 30

% en Europe. Elle est évaluée à 200 kg équivalent grain / an/ ha (BENCHARIF et *al.*, 2009).

A signaler que l'importance de la filière céréale en Algérie revient aux modes et aux habitudes alimentaires de la population qui est basées essentiellement sur la consommation des céréales sous toutes ses formes, notamment la semoule (pain, pâte, coucous, galette, frik,...), et la farine (pain, gâteaux,...), KELLOU, 2008.

Aujourd'hui, on se retrouve avec un secteur agricole qui arrive tout juste à nourrir le quart de la population ; c'est à dire une dizaine de millions de personnes puisque 75% des calories alimentaires consommées sont importées. Aujourd'hui pour plus de 30 millions d'algériens le recours aux importations est devenu vital (BENNIYOU, 2020).

Depuis 2003, le blé dur représentait environ 47% des de la filière céréalière contre 53 % en blé tendre ; ce qui traduit par une mutation dans la structure de la consommation alimentaire, avec une «occidentalisation» du modèle (substitution du pain à la semoule et pizza au m'hdjeb), avec une nette extension au fast-food.

I.2. Contraintes à la production du blé dur (*Triticum durum* Desf.)

I.2.1. Les conditions climatiques

Sous les conditions de production des principales zones céréalières algériennes, notamment celles des hautes plaines, les performances de rendement de la culture de blé dur sont essentiellement limitées par l'action des stress aussi bien de nature biotiques qu'abiotiques. La variation des rendements, d'une année à l'autre, et d'un lieu à l'autre, a pour origine la sensibilité du matériel végétal aux effets combinés des basses températures hivernales, du gel printanier, du stress hydrique et des hautes températures de fin de cycle de la culture (ABBASSENNE et *al.*, 1998; FELLAH, 2002; BAHLOULI et *al.*, 2005; MEKHLOUF et *al.*, 2006; CENAFFI et *al.*, 2006; BENMAHAMMED et *al.*, 2010).

I.2.2. Le déficit hydrique en fin de cycle

Le déficit hydrique est un phénomène courant durant le cycle de développement des plantes, il est lié à la demande évaporatrice et se traduit rapidement par une réduction de la croissance de la plante (REKIKI, 1998). C'est un problème sérieux qu'en trouve 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). Ce stress se traduit par une série de modifications qui touchent les caractères morphologiques, physiologiques et biochimiques, à partir du moment où les besoins en eau de la plante sont supérieurs aux quantités disponibles (MEFTI et *al.*, 2000). Ceci se répercute sur le rendement économique de la culture, qui peut baisser de plus de 80% (CHENAFFI et *al.*, 2006).

Les principales contraintes climatiques qui sont souvent avancées comme causes de la faiblesse de la production au niveau des zones semi-arides sont les basses températures printanières qui coïncident avec l'épiaison et la sécheresse en interaction avec les hautes températures de fin de cycle qui touchent plus la formation du nombre de grains/m², le remplissage du grain et la nature des sols qui dès le départ limite le potentiel de la production du végétal (DESCLAUX et POIRIER, 2004 ; ANNICCHIARICO et *al.*, 2005).

Le poids de mille grains est généralement peu maîtrisable car il est fortement lié aux effets de l'environnement au moment de la formation et du remplissage du grain. Un manque d'eau après la floraison combiné aux températures élevées (conditions fréquentes en Algérie) entraîne une diminution du poids de 1000 grains par altération de la vitesse et/ou de la durée de remplissage ; ce qui se traduit par l'échaudage des grains (ZOUAOUI, 1993 ; CHAKER, 2003).

L'enroulement des feuilles est un phénomène qui se produit lors d'un stress hydrique ou lorsque la plante est exposée à des températures extrêmes. Ce phénomène est utilisé par les plantes pour réduire la perte d'eau par transpiration ce qui permet aux réserves stockées de contribuer dans le remplissage du grain et donc au rendement en grain (BRINIS, 1995).

Le déficit hydrique pendant les stades sensibles provoque des pertes considérables en rendement, un recours à l'irrigation complémentaire représente donc une alternative nécessaire. Le blé dur est plus sensible à ce déficit hydrique que le blé tendre pendant la montaison et la floraison ce qui nous incite à être vigilants pendant cette période. Il faudra également anticiper et mettre une forte dose d'irrigation au stade gonflement, en cas de sécheresse sévère et de réduire cette dose après l'épiaison pour éviter la verse (BALDY, 1993).

I.3. L'agriculture de conservation

Maintenir le système de production viable et durable le plus longtemps possible est un des soucis majeurs des producteurs, des chercheurs et des décideurs, surtout dans des régions

les plus difficiles, telles que les zones arides et semi-arides (LYONS *et al.*, 1996).

La durabilité est définie, dans ce cadre, comme étant la capacité de continuer à utiliser un système de production sans dégrader ni le sol, ni l'environnement, et sans altérer la capacité de production de ce dernier (KASSAM *et al.*, 2012). Selon la FAO (2002), c'est là où résident les objectifs de l'agriculture de conservation: conserver, améliorer et utiliser plus efficacement les ressources naturelles grâce à l'aménagement intégré des ressources biologiques combinées à des inputs externes.

En effet, selon LAHMAR et RUELLAN (2007), sous climats arides et semi-arides l'érosion éolienne et hydrique, la diminution de la matière organique, et la perte de la fertilité du sol sont des processus qui se produisent rapidement. Par contre, la restauration des sols est très difficile à mettre en œuvre parce que les conditions climatiques limitent le choix des cultures à mettre en place (LAHMAR et RUELLAN, 2007). Les quantités de résidus des cultures à retourner au sol sont maigres, suite à la faiblesse des rendements, et à la pression de la demande sur ces produits utilisés comme source d'énergie en alimentation animale (PALA *et al.*, 2000 ; STEWARD, 2007). Le surpâturage est fréquemment cité comme une cause importante du phénomène érosif, du tassement et de la déstructuration du sol (LOPEZ et ARRUE, 2005).

Selon SIX *et al.*, (2004), la dynamique de l'agrégation, la décomposition et la stabilisation de la matière organique du sol, et l'activité biologique du sol tous sont liées les unes aux autres. La formation et la stabilité des agrégats dépendent de nombreux facteurs dont les racines, la faune, les micro-organismes, les liants minéraux et des variables environnementales. Le labour accélère le rythme de renouvellement des agrégats et diminue la protection de la matière organique du sol (SIX *et al.*, 2004). Un faible taux de la matière organique du sol est souvent associé à une structure de faible stabilité (CARAVACA *et al.*, 2002). Les résultats de plusieurs chercheurs indiquent que le labour conduit à des baisses notables du taux de matière organique des horizons de surface. Parallèlement, la stabilité à l'eau des agrégats diminue (VACCA *et al.*, 2002). La matière organique diminue fortement dans les sols conduits en dry farming, des taux annuels de minéralisation de l'humus de l'ordre 5 % ont été atteints dans des sols finement pulvérisés (MHIRI et BOUSNINA, 1998).

Plusieurs travaux montrent que la réduction du nombre de passages par les outils agricoles contribue à stabiliser les agrégats. Le sol non retourné et non pulvérisé, ou bien le zéro labour, comme les résidus de cultures contribuent à relever le taux de la matière organique et l'activité biologique des sols et à réduire la formation des croûtes superficielles

(KRIBAA *et al.*, 2001 ; MORENO *et al.*, 2006 ; MRABET, 2011). Les sols des zones arides et semi-arides, plus vulnérables et plus dégradés, rendent l'eau dans le sol, de plus en plus limitant, suite à la médiocrité de leurs propriétés physiques.

STEWART (2007), mentionne que l'érosion éolienne des années 1930 dans les plaines du Midwest américain est un exemple classique de ce qui peut se reproduire, à long terme, suite à la dégradation du sol, dans les zones arides et semi-arides. Certes, l'agriculture dans telles régions est par essence une pratique risquée cependant, l'adoption des pratiques de conservation, qui minimisent la perturbation du sol, maintiennent le sol couvert avec des débris morts ou vivants des cultures précédentes (rotations), assurent la durabilité du système de production et contribuent à l'amélioration de la qualité du sol (Steward, 2007 ; KASSAM *et al.*, 2012).

Selon la FAO (2002), l'agriculture de conservation est basée sur trois principes (1) éviter de perturber mécaniquement le sol, (2) maintenir la surface du sol sous un couvert permanent de résidus morts ou vivants et (3) incérer une rotation qui valoriser les évènements pluvieux (culture d'opportunité), Figure 01. Ce système est adopté un peu partout de par le monde sauf dans les régions arides et semi-arides où il devrait l'être. Car dans les zones arides et semi-arides, maintenir un couvert permanent et utiliser des rotations qui sont les principes de l'agriculture de conservations, sont des pratiques difficiles à mettre en œuvre, nécessitant un long apprentissage sous le double aspect recherche et application (le but de notre travail).

Des expériences nord-américaines et brésiliennes émergent un constat: la réduction du travail du sol est souvent associée à une augmentation de la couverture du sol par la biomasse végétale qui assure une protection, en particulier contre les phénomènes érosifs. Toutefois, la mise en œuvre de ce principe est extrêmement variable à travers le monde en fonction des modalités de travail et de couverture du sol (KASSA, 2007). Dans le cas des hauts plateaux algériens, l'adoption de l'agriculture de conservation semble découler de la nécessité de sauvegarder la rentabilité des exploitations dans un contexte économique où le coût des intrants est en hausse et où les prix des produits récoltés ainsi que les subventions de compensation diminuent ou stagnent (MEHANE et BOUKHLIF, 2011).

L'adoption de l'agriculture de conservation induit une réduction des charges due à la réduction ou la suppression complète du labour. Les charges que l'on parvient ainsi à réduire sont celles relatives au combustible, à la machinerie et à la main d'œuvre (BOUENDOUZ *et al.*, 2011). De plus les agriculteurs ont observé que, si cette technologie est bien maîtrisée, les

rendements restaient au même niveau que ceux obtenus en agriculture conventionnelle (MEHANE et BOUKHLIF, 2011).

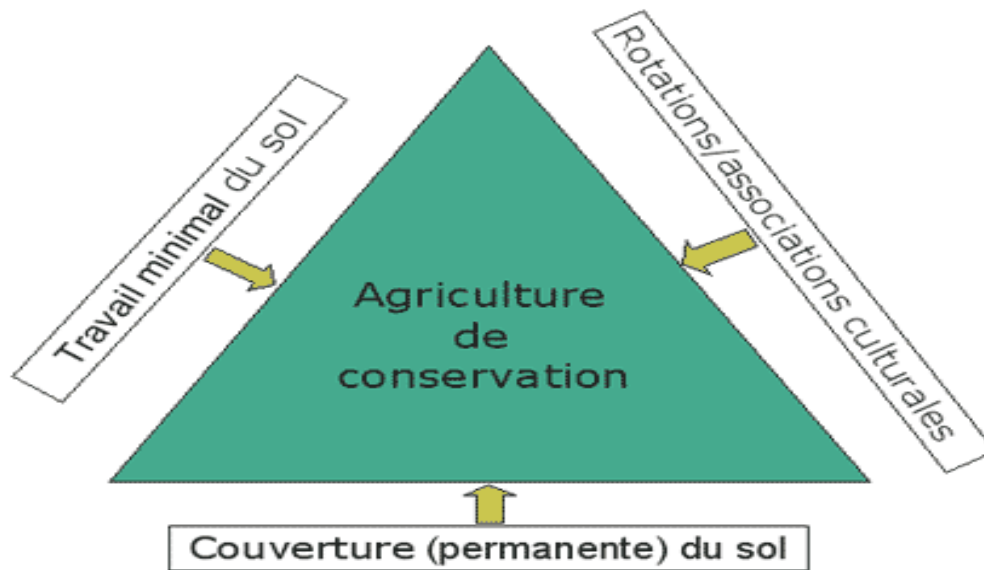


Figure 01: Les principes fondamentaux de l'agriculture de conservation.

1.4. Système de culture et semis direct

En rappel, un système de culture est l'ensemble des modalités techniques mises en œuvre sur des parcelles traitées de manière identique (MEYNARD *et al.*, 2001). Ce concept comprend la succession des cultures et les itinéraires techniques qui leurs sont appliqués. Dans l'objectif de la durabilité des systèmes de cultures, il doit jouer un rôle important aussi bien pour l'implantation des cultures, du fait qu'il favorise la germination, la levée et le développement racinaire, que pour la conservation de l'eau et du sol à travers ses effets sur l'amélioration de l'infiltration et les transferts de l'eau dans le sol et sur la réduction de l'évaporation de l'eau, le ruissellement et l'érosion.

Le type de travail qui répond à ces objectifs est le travail de conservation du sol. On distingue deux types de travaux conservation du sol: le travail minimum ou communément appelé techniques culturales simplifiées (TCS), et le non labour ou le semis direct.

Donc, le travail minimum est assimilé aux techniques culturales simplifiées qui sont une méthode de travail superficiel du sol limitant les interventions sur la parcelle. Le travail minimum a été initialement développé en Amérique du Sud où les méthodes classiques, importées de l'Europe, n'étaient pas adaptées aux conditions pédoclimatiques spécifiques à ce milieu (HEDDADJ *et al.*, 2005). Le travail minimum ne comporte pas de labour inversant, il

détruit moins les résidus végétaux, laissés en surface pour couvrir le sol et permet de limiter l'infestation des adventices. Le travail minimum nécessite moins de temps de travail, donnant à l'agriculteur plus de sécurité pour réaliser ses tâches dans les conditions optimales (HOWARD *et al.*, 2006).

Alors, le semis direct consiste à semer directement dans un sol non labouré. Seul un petit sillon est ouvert par les organes semeurs du semoir (Michelle, 2009). BOAME, (2005), rapporte que le semis direct est une pratique verte et économique qui fait des percées. L'adoption du système semis direct se fait pour des raisons économiques, agronomiques et de contraintes climatiques (LOPEZ *et al.*, 1996). En zones semi-arides, avec des pluviométries très faibles et souvent mal réparties, le semis direct permet d'effectuer des semis en sec et de profiter ainsi des premières pluies. L'adoption du semis direct permet de séquestrer plus de carbone, ne perturbe pas les résidus laissés en surface du sol, réduit le ruissellement et contrôle efficacement l'érosion (CAROF, 2006). Le semis direct participe aussi à l'amélioration des caractéristiques de la qualité du sol, à savoir la capacité à fonctionner dans un écosystème particulier pour produire plus de biomasse, maintenir la qualité de l'air et de l'eau et assurer la santé des plantes et des animaux (CAROF, 2006).

Le semis direct favorise le développement des graminées annuelles et des adventices vivaces (MURPHY *et al.*, 2006). Une des raisons, qui explique les changements de la composante biologique dans un système de culture sans travail du sol, est la présence de ressources nutritionnelles différentes par rapport à un système de culture avec travail du sol. Comparé à un sol labouré, les teneurs en azote et carbone organiques augmentent en semis direct, dans les cinq à dix premiers centimètres de sol (PEKRUN *et al.*, 2003). RASMUSSEN (1999), mentionne que cette stratification des matières organiques résulte principalement du maintien d'une quantité élevée de résidus en surface d'un sol non travaillé. BALESSENT *et al.* (2000), mettent en évidence une importante réduction de la vitesse de minéralisation du carbone organique en semis direct par rapport à un sol travaillé.

Chapitre II: Synthèse sur les techniques culturales

II.1. Généralités

Le travail du sol est considéré comme l'ensemble des opérations mécaniques fragmentant le sol (LAURENT *et al.*, 2014). L'objectif principal du travail du sol est de permettre un développement des plantes dans les meilleures conditions possibles afin d'obtenir une production optimale (NERON, 2011). Une fois la culture implantée, le second objectif concernera l'assainissement de la culture en détruisant les "mauvaises-herbes" et bon nombre de parasites en exposant les œufs, les larves ou les spores aux actions du climat (SOLTNER, 1986). En plus des effets précédents, le travail du sol dans le concept de l'agriculture de conservation doit viser la limitation des phénomènes de dégradation de la structure du sol (compactage, tassement) et l'économie de l'énergie suite à l'utilisation raisonnée des engins agricoles. En agriculture de conservation on distingue deux types de travail du sol: le travail minimum et le semis direct, appelé aussi par certains auteurs le non labour ou travail zéro (ABOUDRARE, 2009).

La mise en œuvre des pratiques de l'agriculture de conservation est intimement liée à d'autres pratiques, comme les rotations culturales. Par ailleurs, le recours au travail conventionnel du sol faisant appel aux techniques de labour, recroisements et travail superficiel, s'avère nécessaire dans certaines situations, telles qu'à l'installation des cultures maraichères, ou des cultures à racines pivotantes,... à condition que les risques de dégradation des ressources en eau et en sol (évaporation, ruissellement, érosion) soient atténués (ABOUDRARE, 2009).

II.2. Rappel du rôle du travail du sol

II.2.1 Rôle global du travail du sol

D'après COZIC et MANICHON (1982), il n'est pas particulièrement judicieux d'attribuer un rôle à chaque opération de travail du sol. Mais la réussite des différents objectifs est fortement dépendante des conditions climatiques et du milieu, du précédent cultural, de la culture à implantée. De façon plus générale, on peut attribuer globalement au travail du sol, différents rôles qui sont repartis en plusieurs objectifs à court terme et à long terme, comme le maintien et l'amélioration de la fertilité.

II.2.1.1 Objectifs à court terme

- Etablissement du peuplement: assurer une bonne germination (porosité: eau/ oxygène/ température ; contact sol/graine) et une bonne levée (compacité du lit de semence et état de surface ; répartition des mottes, nivellement, débris végétaux).
- Couvertures des besoins alimentaires du peuplement: assurer la réserve en eau (niveau d'infiltration et de ruissellement), la disponibilité des éléments nutritionnels (absence de semelle et d'obstacle au développement racinaire, absence de "paquets" de matière organique, absence de saturation en eau), limiter la concurrence avec les adventices et parasites (destruction des adventices, faux semis et traitements des résidus).
- On peut ajouter l'incorporation des amendements et fertilisants.

II.2.2 Objectifs à long terme

- Diminution des niveaux d'infestation.
- Enrichissement en matière organique.
- Amélioration de l'état général du profil cultural.
- Limitation de l'érosion.

Evidemment, COZIC et MANICHON (1982), s'accordent avec tous les agronomes pour insister sur les conditions de travail du sol. En particulier le comportement du sol (stabilité et activité structurale) par rapport aux conditions climatiques et aux risques de tassement.

II.3 Les itinéraires techniques de travail du sol

L'itinéraire technique se définit comme «la combinaison logique et ordonnée d'opérations culturales mises pour la conduite d'une culture» (SEBILLOTTE, 1974). 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 préparation du sol (sol plus ou moins ameubli), à la mise en place de la culture (mode de semis), jusqu'à la récolte (récolte mécanisable ou non).
- Les pratiques culturales: celles-ci diffèrent des techniques culturales par le fait que ce sont des opérations culturales liées souvent à l'environnement économique ou socioculturel d'une région donnée (PREVOST, 2006).

II.3.1. Techniques de travail du sol classique

II.3.1.1 Travail conventionnel

Le système conventionnel du travail du sol est caractérisé par un labour entre deux cultures créant un lit de semence avec les opérations de labour secondaire. La préparation de lit de semence est réalisée en trois étapes :

A. Travail primaire du sol (le labour)

Le travail primaire du sol est un travail profond avec retournement du sol et mélange de ses horizons appelé labour (SOLTNER, 1988). Les labours peuvent être compris entre 15 et 40cm de profondeur (GUERIF, 1994). Il consiste théoriquement à découper une bande de terre rectangulaire et à la retourner par un versoir (CANDELEU, 1981 in AMGHAR et LEFTAHA, 2009). Le labour est le premier travail du sol de l'année culturale ; il s'effectue donc sur un sol qui n'a pas été travaillé depuis l'année agricole précédente. Les agriculteurs utilisent généralement un tracteur classique à roues associé à une charrue en métal attelée au tracteur, Trois types de charrues sont utilisées en Algérie (ANNONYME, 2001):

*Charrue à disque: c'est la charrue des sols secs, son utilisation répétée sur le même sol peut engendrer une semelle de labour.

*Charrue à soc: c'est encore la plus utilisée en grande culture ; en pratiquant surtout des labours en plats. Elle exige moins d'énergie.

*Charrue balance: utilisée autre fois pour le labour profond et sous solage ; elle est consommatrice de temps et de l'énergie.

B. Travail secondaire (pseudo labour)

Le travail secondaire ou pseudo labour consiste à un ameublissement du sol sans retournement c'est-à-dire, la réduction de la taille des mottes issue du labour (DIEHLE, 1995). D'après MAHDI (2004), le travail secondaire permet d'obtenir un sol suffisamment émietté pour que le semoir puisse y faire un semis régulier. Pour réaliser le travail secondaire, on fait appel soit aux outils à disque, soit aux outils à dent.

C. Préparation de lit de semences

Le travail superficiel a ici pour fonction de niveler le sol et de créer un lit de semences favorable à la germination des semences et à la levée de la culture en général. La profondeur de travail n'excède pas les huit premiers centimètres réalisés peu avant le semis ou en combinaison, il peut être complété par un roulage, il permet aussi d'enfouir les derniers résidus de culture. Le nombre de passage dépend du choix des outils et du mode de semis

(MASSE *et al.*, 2004).

II.3.1.2 avantages et inconvénients de travail conventionnel

A. Avantages: les avantages recherchés de travail profond sont:

- ✓ D'améliorer l'état structural (restructuration ou ameublissement), d'enfouir la matière organique (résidus de culture ou amendements), de détruire les adventices, d'enfouir les graines des adventices ou d'améliorer le drainage pour avoir un lit de semences plus chaud et plus sec au printemps (SOLTNER, 1986; de TOURDONNET *et al.*, 2003; POUSET, 2012; SOANE *et al.*, 2012).
- ✓ 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, comme le tassement, la battance, le lissage, 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:

- ✓ La formation d'une semelle de labour, la dilution de la matière organique dans le profil, la perturbation de l'activité biologique du sol, l'augmentation des émissions de carbone (oxydation de la matière organique et utilisation de carburant) et la création de conditions propices à l'érosion (exposition d'une terre nue) (HOBBS, 2007; SOANE *et al.*, 2012).

II.3.2 Travail culturales simplifiées

II.3.2.1 Définition:

MONNIER(1991), dégage quatre modalités de simplification du travail du sol:

- ✓ Suppression d'opérations superflues du fait de l'état initial du sol ou de l'action attendue du climat.
- ✓ Remplacement de certaines opérations de travail du sol par des interventions d'une autre nature consommant moins de temps et de main d'oeuvre:
- ✓ Application de produits herbicides à large spectre d'action non rémanents à couts décroissants.
- ✓ Utilisation de semoirs opérant sans préparation ou après une préparation sommaire ou localisée du lit de semence.

Les techniques de travail simplifié ou de simplification du travail du sol dégagent que plusieurs opérations des itinéraires techniques sont supprimées. Il faut être vigilant quant à la distinction entre travail du sol simplifié et combine des itinéraires types font mention d'opérations culturales et non de passages. Ainsi certaines opérations peuvent être réalisées en plusieurs passages: déchaumage, reprise de labour et travail superficiel. La combinaison est une notion entièrement technologique faisant référence à des associations d'outils. Une combinaison ne constitue pas une suppression d'opérations culturales, mais une réduction du nombre de passage, soit au sein d'une même opération culturale (par exemple en travail superficiel: herse et croskills) soit sur plusieurs opérations culturales (travail superficiel/semis/roulage, herse rotative, rouleau packer, semoir rouleau pneumatique). (CEDRA *et al.*, 1993).

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

- ✓ Travail primaire: consiste à briser ou soulever le sol plutôt que 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.3.2.3 Les avantages et les inconvénients du TCS

A. Avantages: le travail minimum du sol contribue à:

- ✓ Favoriser l'augmentation de l'activité biologique du sol au travers de deux phénomènes :
 - La concentration des matières organiques en surface favorise sa décomposition et sa minéralisation par voie biologique.
 - L'absence de retournement et la réduction du travail du sol réduisent le stress mécanique du milieu et minimisent la destruction des micro-habitats (CHEVRIER et BARBIER, 2002).
- ✓ Aboutir à la conservation de la ressource eau en améliorant l'infiltration de l'eau et en réduisant l'évaporation. Ces phénomènes sont accentués par la présence de résidus de culture en surface.
- ✓ Aboutir à la durabilité des systèmes de culture (ABOUDRARE, 2009).

B. Inconvénients: les inconvénients des TCS peuvent être résumés dans les points suivants:

- ✓ La suppression des adventices est insuffisante ce qui implique une lutte chimique.
- ✓ Elles ne s'adaptent pas à tous les types de sols et de cultures ce qui pose le problème de leurs applications. Certaines cultures comme la pomme de terre ne sont pas adaptées aux techniques simplifiées.

II.3.3 Semis direct

II.3.3.1 Définition :

Le semis direct est une technique où la terre n'est pas remuée, mis à part un très faible volume à l'endroit où la graine est déposée (POUSSET, 2012). La semence est ainsi positionnée par les éléments semeurs dans un sol non travaillé. Le travail mécanique, indispensable au placement des semences, est généralement effectué par un semoir à disques (LABRUCHE *et al.*, 2007).

C'est une technique d'implantation des cultures qui repose sur un travail du sol localisé sur la ligne de semis, sans travail de profondeur. La semence est positionnée par les éléments semeurs dans un sol non travaillé. Le travail du sol, toujours localisé sur la ligne de semis, peut avoir une profondeur maximale allant de 2-3 à 10 cm. L'action mécanique indispensable au placement des semences est effectuée le plus souvent avec des semoirs équipés de disques, plus rarement des socs ou de dents semeuses.

De son côté EL-TITI (2003), souligne que le semis direct est l'absence totale de travail du sol, excepté celui des éléments semeurs. Le sol reste généralement couvert par les résidus de la culture précédente. Autrement dit, le semis direct est un système dans lequel l'installation des cultures, le semis notamment, se fait sans recours au travail mécanique pour préparer les lits de semis. Dans le cadre de l'agriculture de conservation, le terme de semis direct est compris comme un synonyme d'agriculture sans labour.

II.3.3.2 Principe de semis direct

Le semis direct est l'une des plus grandes révolutions de ce siècle en matière de technologie agricole. Il donne un sens au terme "agriculture durable", car c'est une technique pratique et rentable qui permet de maintenir les objectifs de production et de protéger la qualité de l'eau et du sol sur l'exploitation et en dehors de celle-ci (DON LOBB, 2003). Ce paquet technologique qui repose sur quatre principes: (i) supprimer les labours, (ii) couvrir en permanence le sol par une végétation morte constituée de résidus de récolte précédente, (iii) semer directement à travers cette couverture protectrice à l'aide d'outils appropriés et (vi) contrôler les "mauvaises-herbes" sans perturbation du sol. A travers ces quatre principes, le semis direct permet d'une part le maintien et l'amélioration de la fertilité des sols et la productivité des systèmes culturels et d'autre part l'optimisation des ressources et de la gestion de l'exploitation agricole (MRABET, 2001).

Selon RAUNET et *al.* (1999), du point de vue d'agronome, le système du semis direct obéit à des principes agro-écologiques:

* Limiter la modification mécanique du sol à l'endroit où devrait déposer la semence et couvrir le sol en permanence avec de la matière végétale pour stopper totalement les processus d'érosion et réduire les amplitudes thermique et hygrométrique d'une part, et reconstruire un écosystème stable, favorable à l'activité biologiques et à la préservation de la matière organique du sol.

* Faire travailler la nature, c'est-à-dire le système sol-biomasse, en tirant partie le plus possible de ses propres ressources (photosynthèse, macro et méso-faune, microflore, recyclage ou libération d'éléments minéraux lessivés en profondeur ou bloqués) grâce à l'action des plantes de couverture annuelles ou vivaces installées en association, ou en rotation avec la culture principale.

II.3.3.3 L'objectif du semis direct

L'objectif essentiel du semis direct est de conserver, d'améliorer et d'utiliser les ressources naturelles d'une façon plus efficiente 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 (ATARES, 2005).

II.3.3.4 Les différents types de semis direct:

On peut citer trois types de semis direct selon le type de travail du sol (BROWN et *al.*, 2003):

A- Travail du sol par bandes

Les planteurs et les semoirs dotés d'un ou plusieurs coutres par rangée de semis, parfois de sarcleuses pour préparer des bandes étroites de sol qui facilitent le contact semences-sol. Le travail du sol peut être adopté à de nombreuses conditions, peut importe la culture.

B-Semis en sillon

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 servant à remplir le sillon afin d'assurer un bon contact semence-sol. Il

s'agit de semis direct dans sa forme plus pure ; il est idéal pour le soja, le blé et d'autres céréales dans de nombreux type de sol. Le semis en sillon n'est pas très efficace dans les résidus de cultures abondantes et dans les sols humides à texture fine.

C-Billonnage

À l'aide de socs à ailes ouvertes, de disques rayonneurs, de coutres 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 sont refermés par le travail du sol, 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'encroûtement du lit des semences. Il convient bien aux sols à texture fine, surtout lors des printemps froids et humides.

II.3.3.5 Exigences de réussite de semis direct

- a-**Placer les semences à une profondeur adéquate pour garantir une bonne germination et levée (dans le sol humide).
- b-**Ameublir le lit de semence pour un contact semence-sol optimum.
- c-**Assurer une fertilisation équilibrée.
- d-**Contrôler efficacement les mauvaises-herbes et les autres bio-agresseurs (MRABET, 2008).

II.3.3.6 Avantages et inconvénients du semis direct

A. Avantages:

Le semis direct présente un grand potentiel pour tous les types d'exploitations agricoles et d'environnements agro-écologiques ; c'est un moyen de concilier la production agricole, amélioration des conditions de vie et protection de l'environnement.

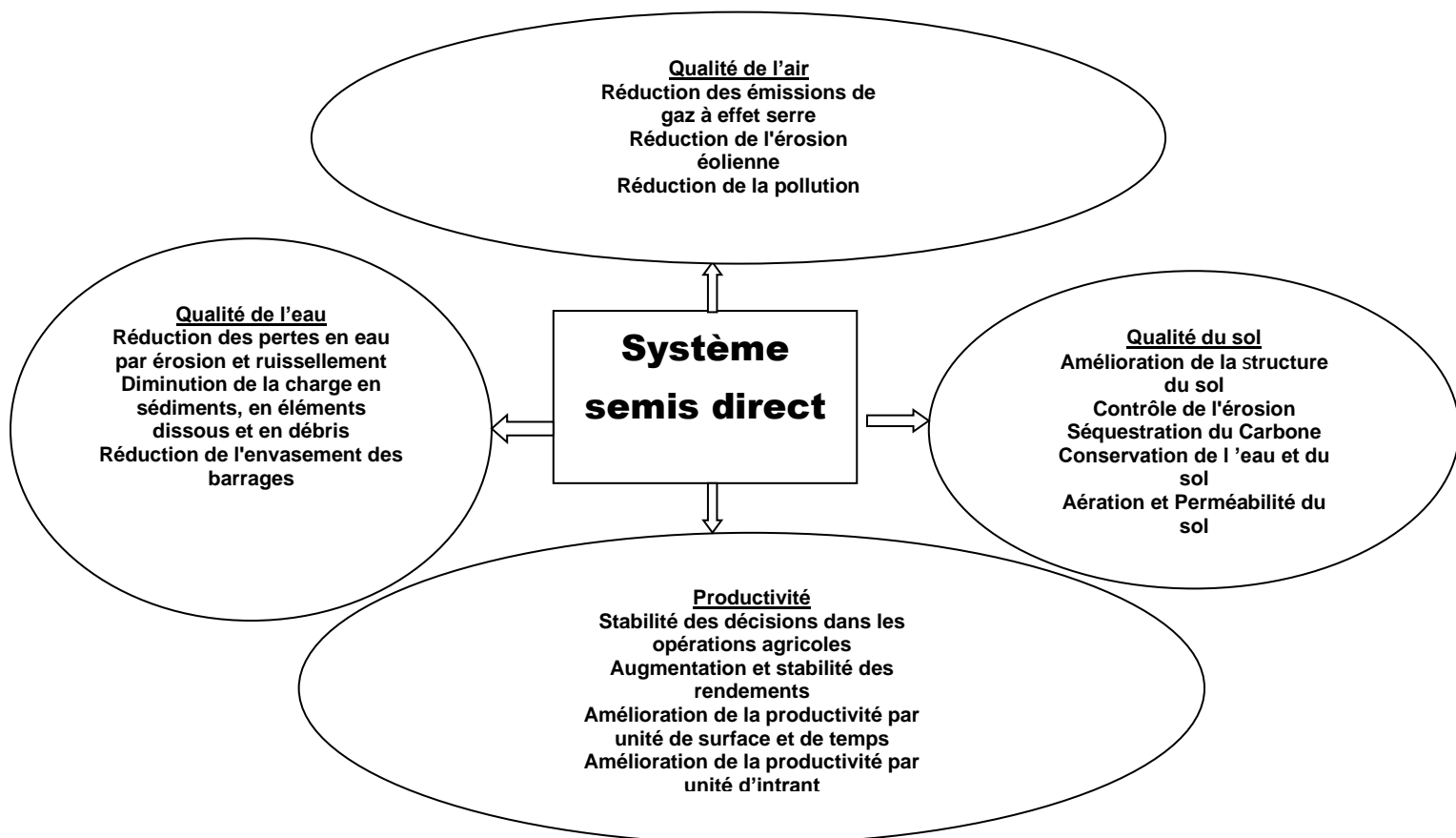


Figure 02: Relation système semis direct, composantes de l'environnement et décisions agricoles (MRABET, 2001).

a- Apports de semis direct sur le plan pédologique :

Le semis direct a une influence sur les propriétés du sol, il réduit la minéralisation de la matière organique et provoque une amélioration de la biomasse microbienne de l'ancienne couche travaillée. Ces améliorations biologiques et biochimiques du sol affectent très positivement la structure du sol qui devient très bien agrégée. Ceci confère au sol une résistance accrue vis-à-vis des agents de dégradation tels que l'érosion hydrique et éolienne (ANGERS, 2001). L'enrichissement en azote, en phosphore et autres éléments nutritifs est une autre conséquence qu'induit l'adoption de semis direct (SEGUY *et al.*, 2001 ; MAHDI, 2004).

a1. Effets de semis direct sur la matière organique en surface du sol :

La matière organique est l'ensemble des constituants organiques, morts ou vivants, d'origine animale, végétale ou microbienne, fortement transformés ou non, que l'on trouve

dans les sols. Elle comprend à la fois l'humus, de débris végétaux et des êtres vivants (CHEVRIER et BARBIER, 2001). Le semis direct réduit la minéralisation de la matière organique et provoque une amélioration de la biomasse microbienne de l'ancienne couche travaillée. Ces améliorations biologiques et biochimiques du sol affectent très positivement la structure du sol qui devient très bien agrégée. Ceci confère au sol une résistance accrue vis-à-vis des agents de dégradation tels que l'érosion hydrique et éolienne (ANGER, 2001).

Les techniques de conservation des sols contribuent, par le non retournement des sols, à localiser les matières organiques en surface. Cette concentration s'accompagne d'un enrichissement général du sol en matière organique en raison d'une réduction des pertes par des minéralisations des stocks initiaux (CHEVRIER et BARBIER, 2001). De plus, les résidus de culture sont une nouvelle source de matière organique à la surface du sol (ALMARIQ et *al.*, 2008). Une des raisons qui explique les changements de la composante biologique dans un système de culture sans travail du sol est la présence de ressources nutritionnelles différentes en quantité et en qualité par rapport à un système de culture avec travail du sol (PEKRUN et *al.*, 2003 in CAROF, 2006).

L'élévation du taux de matière organique va permettre d'augmenter progressivement la taille du réservoir et l'organisation verticale du profil et d'autoriser ainsi une colonisation racinaire plus homogène et profonde afin de mieux valoriser l'eau disponible (ANNONYME, 2006).

Le semis direct permet de conserver les niveaux élevés de matière organique qui sont fondamentaux pour conserver la capacité potentielle de ces sols (XANXO et *al.*, 2006). Selon DANIEL et GALARDON (2008) et MRABET, (2001), le non travail ou la faible perturbation du sol et la présence des résidus en surface, créent des conditions favorables au développement de la biodiversité dans ce dernier, celle-ci participe aussi au recyclage de la matière organique.

Tableau 02: Evolution de taux d'humus des sols en fonction de la technique de travail du sol

	Travail superficiel	Semis direct
K1	20	23
K2	1.5	0.8

Source: SULKEY, (2005)

a2 Effet de semis direct sur l'activité biologique

Selon CHEVRIER et BARBIER, (2001), le semis direct favorise l'augmentation de l'activité biologique du sol au travers de deux phénomènes: premièrement, la concentration des matières organiques en surface favorise sa décomposition et sa minéralisation par voie biologique, deuxièmement, l'absence de retournement et la réduction du travail du sol réduisent le stress mécanique du milieu et minimisent la destruction des micro-habitats ; c'est la non rupture de l'activité biologique.

Les vers de terres jouent un rôle très important dans la dégradation et la migration des matières organiques ainsi le drainage à travers des galeries et le maintien d'un état structural favorable (LABREUCHE et BODET, 2001). Les vers de terre font partis du premier maillon de la chaîne dans la dégradation des matières organiques. Les galeries des vers de terre autorisent la percolation de l'eau en profondeur et limite le ruissellement en surface (CHEVRIER et BARBIER, 2001). La quantité de vers de terre augmente fortement dans un sol non travaillé par rapport à un sol travaillé (JORDAN et *al.*, 1997), cette augmentation s'explique par les conditions climatiques favorables, et par l'absence de dommage occasionnés aux vers de terre par la charrue et par la présence d'une litière en surfaces (SHSTER et EDWARDS, 2003).

b- Apports de semis direct sur le plan agronomique :

Le semis direct ramène plusieurs avantages et aussi des contraintes sur le plan agronomique. Ces effets se situent à cinq niveaux: la levée, la fertilisation, l'humidité du sol, les parasites et le rendement.

b1. Dynamique de la levée et l'enracinement :

Le comportement des cultures à la levée se diffère en parcelle menées en semis direct par rapport aux parcelles labourées. D'après JEAN-ROPER (1999), les pertes de levées sont identiques pour les deux types de travail du sol cependant, le travail sur sol entraîne une cinétique de levée plus rapide et plus homogène au départ ; ce qui donne un plus bel aspect au champ. Quant à CANEILL et BODET (1991), ils ont observé une différence de cinétique d'enracinement sans que la profondeur d'enracinement ne soit modifiée.

b2. Influence de semis direct sur la fertilisation azotée :

La concentration de la matière organique en surface engendre des répercussions sur les éléments minéraux et leurs devenir. Les pertes d'azote par lixiviation sont amoindries en semis direct en raison d'une réduction de la minéralisation (CHEVRIER et BARBIER, 2001).

b3. Conservation de l'eau

Le semis direct améliore le bilan hydrique des parcelles par l'augmentation de l'efficacité des apports (BENNIUO, 2018). Cette caractéristique est assurée par la réduction des ruissellements de surface et l'amélioration de la perméabilité du sol, donc du taux d'infiltration (GUEDEZ, 2001). De plus, le semis direct assure la réduction des pertes d'eau par évapotranspiration des parcelles, essentiellement l'évaporation, et participe à la réduction de la quantité d'énergie interceptée par le sol (MRABET, 2001).

La non-manipulation du sol et le maintien d'un couvert végétale aident à prolonger la durée du dessèchement de la surface du sol et le maintenir plus humide pour une période du temps plus longue (MRABET, 1997). ABDELLAOUI et *al.*, (2010) affirment que le semis direct permet d'avoir une meilleure rétention en eau par rapport au labour conventionnel avec la charrue à soc.

Le semis direct peut constituer un moyen de gestion efficace de ressources hydriques pour valoriser les apports d'eau et réduire les pertes et la fréquence des irrigations (NUOIRI et *al.*, 2004).

b4.Impact de semis direct sur les maladies et les adventices

L'effet de semis direct sur les maladies et les adventices se situe à deux niveaux: il favorise ou non l'apparition de tel ou tel parasite et il a une efficacité des matières actives utilisées des désherbants.

b4.1 Maladies

Les études sur la relation des maladies cryptogamiques et le travail du sol qui ont été portées sur le blé et ont montré que la présence importante de la matière organique en non-labour constitue un milieu favorable à la phase saprophyte des champignons. Aussi, la forte concentration de matières organiques et le microclimat (forte humidité, température douce, faibles amplitudes) constituent un environnement favorable aux maladies cryptogamiques et à certains insectes ravageurs, en particulier au moment de la levée des cultures. Leur développement est fonction du type de mulch (teneur en cellulose et lignine), des dates de semis (semis tardifs, en pleine saison des pluies) et du mode de semis (poquet dégagé manuellement et écartant le mulch sur 15 cm de diamètre). Des techniques d'enrobage et de traitement des semences sont expérimentées et certaines peuvent être pratiquées par les agriculteurs (RAUNET, 1998).

b4.2 Adventices

Le système non labour ne peut être durable que par la maîtrise de la propagation des "mauvaises-herbes". D'après DEBAEKE et ORLANDO, (1994), le semis direct favorise le développement (la levée) des graminées annuelles et des adventices vivaces. Les graines de "mauvaises-herbes" enfouies ne sont pas exposées à la surface comme c'est le cas par les travaux du sol. La banque de graines des "mauvaises-herbes" semble donc diminuer en semis direct. Rare est l'apparition soudaine et tardive des "mauvaises-herbes" car aucun travail du sol ne ramène les graines à la surface (CHEVRIER et BARBIER, 2001).

b5. Effet de semis direct sur le rendement

Le passage au semis direct n'affecte pas d'une manière significative les rendements des cultures (tableau 03). Le semis direct donne en premières années des rendements un peu faibles comparativement au travail conventionnel. Par contre, sous semis direct, il y'a une réduction des effets des aléas climatiques. De fait, par le passage au semis direct, il est possible de réaliser des rendements économiques, tout en conservant le sol (MRABET et BOURARACH, 2001). Les travaux récents montrent d'une façon irréfutable que la stabilisation et l'amélioration des rendements céréaliers dans les zones semi-arides marocaines ne peuvent se réaliser à long-terme qu'à travers le remplacement du système conventionnel (TC) du travail du sol par le non labour ou semis direct (NL) (BOUAZZA, 1990 ; KACEMI, 1992 ; MRABET, 1997 ; MRABET, 2000).

Les résultats d'essai confirment qu'un travail du sol minimal ou même l'absence de travail du sol n'entraîne quasiment aucune perte de rendement malgré le taux de levée souvent réduit. Les résultats d'essais chez des agriculteurs montrent que le zéro labour permet généralement des rendements de blé largement plus élevés à ceux obtenus à l'aide de façons culturales conventionnelles (EL-BARAHLI et *al.*, 2000 et 2001 in MRABET, 2001).

Tableau 03: Effet du travail du sol sur le rendement du blé

Travail du sol	Rendement grain (q/ha)
Semis direct (précédent cultural)	24.7
Chisel	24.1
Charrue à disque	23.6

Source: CDRS, (2001)

c. Effet de semis direct sur le plan environnemental

c1.Limitation et contrôle de l'érosion du sol

L'érosion est l'action par lequel divers éléments constituant les horizons superficiels de la couverture pédologique sont enlevés par effet des rivières, des glaciers, du vent ou de pluies (MAZOYER, 2002). Il existe plusieurs formes d'érosion: hydrique, éolienne et mécanique.

c1.1.Erosion hydrique

Elle se produit dans les terrains dont l'état de surface est dégradé. L'eau qui n'a s'infiltré, se concentre dans les dépressions de la surface et lorsque l'énergie est suffisante elle arrache des particules de terre, des ravins apparaissent, l'eau s'y concentre, l'énergie de flux d'eau s'accroît et l'arrachement des particules s'intensifie (ANNONYME, 2002).

c1.2.Erosion éolienne

Elle est causée par le vent, elle se produit près des côtes marines ou lacustres, des zones arides, elle est activée surtout quand la végétation est absente et quand les états de surface de la couverture pédologique sont secs et peu structurés (ANNONYME, 2002).

c2.Pollution de l'eau

Les sédiments, les pesticides, les engrais chimiques et les produits de l'érosion hydrique sont les plus importants contaminants des surfaces d'eau, ils polluent les barrages d'eau et affectent l'écosystème aquatique en réduisant la pénétration des rayons de soleil, modifiant ainsi les plantes, les poissons et les autres organismes (MAAMRI et SILEM, 2010). La pollution des eaux de surface par les substances fertilisantes et les résidus des produits phytosanitaires. En plus, elle contribue à limiter la pollution des eaux par le lessivage de nitrates en réduisant la lixiviation de l'azote (CEVRIER et BARBIER, 2002).

c3. Carbone et la réduction de l'effet de serre:

Les pratiques de l'agriculture conventionnelle (brûlage des pailles, travail profond du sol, préparation des terres...) produit des émissions directes de CO₂ vers l'atmosphère, réduit l'effet de fixation de CO₂ par le sol et contribue au réchauffement global de la planète. Des estimations issues de récents travaux de recherche ont montré que le volume de CO₂ émis vers l'atmosphère contribue pour 50% sur l'effet de serre, et que l'activité agricole représente quant à elle plus de 23% du total émis. Le labour est le premier mécanisme responsable de l'émission du CO₂ à partir du sol inversement, l'agriculture de conservation maîtrise. De fait, le semis direct peut contribuer à réduire les niveaux de gaz "à effet de serre" responsable du changement climatique. Les sols dans les systèmes de semis direct émettent dans l'atmosphère

jusqu'à huit fois moins de dioxyde de carbone que les sols labourés (REICOSKY, 2001 cité par MAAMRI et *al.*, 2010).

c4. Diminution de l'énergétique

L'agriculture de conservation est fondée sur un moindre travail mécanique du sol, et donc une moindre puissance mise en jeu. La consommation de carburant est donc drastiquement réduite (GUEDEZ, 2002 in CHEVRIER et BARBIER, 2001). Le semis direct permet une économie de carburant, vu que le nombre de passages par hectare est réduit par rapport le travail conventionnel (ANNONYME, 2005).

d. Effet de semis direct sur le plan économique :

d.1 Diminution de temps de travail :

La réduction des temps de travaux lors de l'implantation des cultures (RIEU, 2001; YOUNG, 2001). Une réduction des charges de mécanisation est possible (TEBRUGGE, 2001), si l'équipement est adapté à la surface travaillée. La gestion du désherbage par voies mécaniques et chimiques est en général plus coûteuse mais la marge directe est équivalente au labour (SALITOT, 2001). De plus, la suppression des coûts des labours et des façons superficielles, et une économie du temps du carburant, de la main d'œuvre et des charges d'équipements (CDSR, 2001).

e. Effets sur la composante du milieu cultivé :

La conservation du sol aide le sol à prendre sa fertilité, la conserver par la réduction des travaux qui souvent tendent à fatiguer le sol. Cette conservation, de plusieurs années améliore la qualité du sol (figure n° 03).

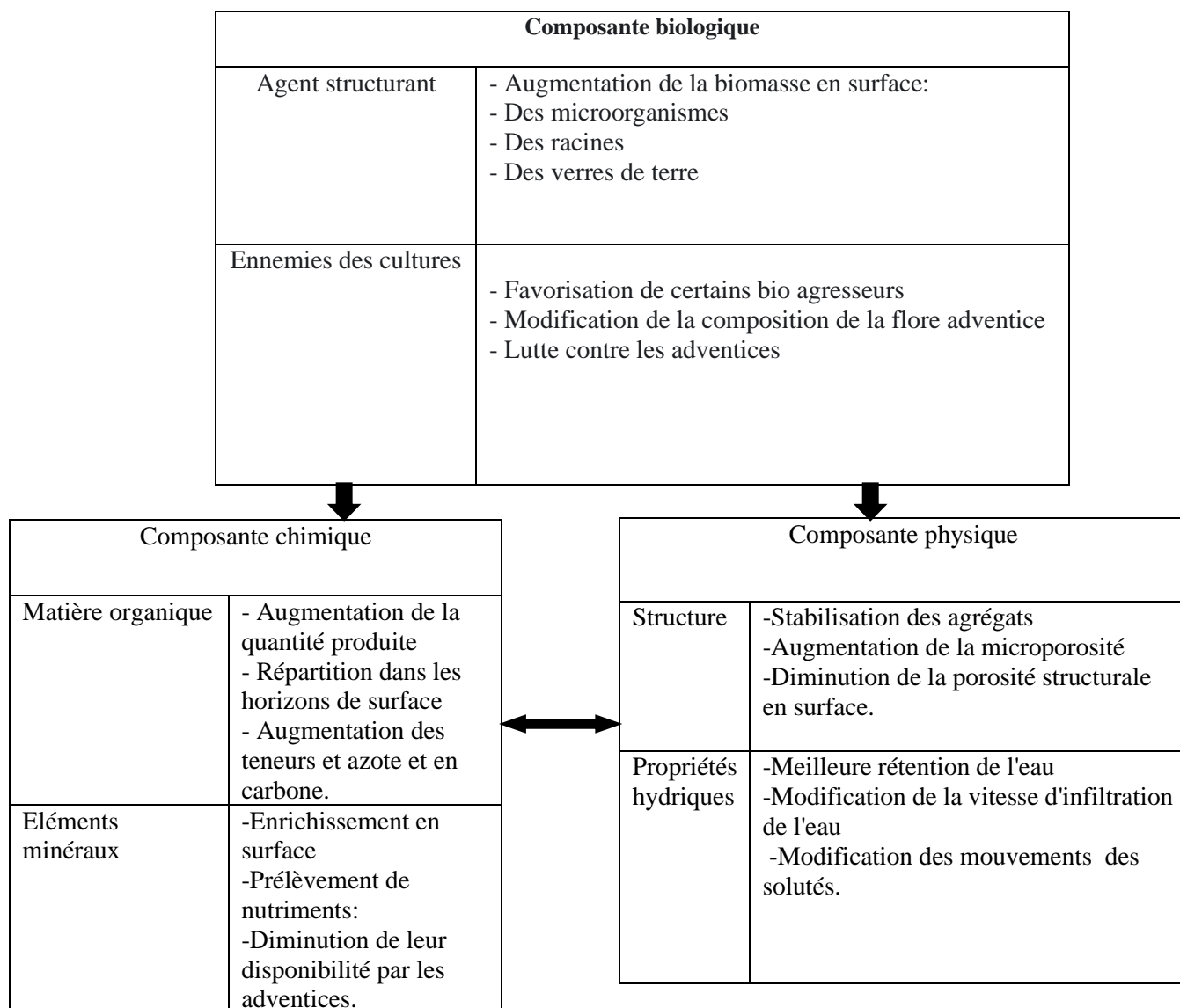


Figure 03: Fonctionnement hypothétique d'un agro-système où une espèce végétale est conduite dans un sol non travaillé (CAROF, 2006).

B. Inconvénients du semis direct

- 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 de bétail lorsque le sol est humide. Les verres et les taupes peuvent également causer des dommages.
- La fraîcheur et l'humidité élevée des sols qui vont de pair avec le labour de conservation que vont augmenter l'incidence de maladies causées par des champignons du sol.

- Les résidus des récoltes, s'ils sont importants, peuvent poser des difficultés de gestion (AIBAR, 2006).
- La lutte contre les "mauvaises-herbes" présente le plus grand inconvénient.
- Gestion spécifique de la rotation.
- Apparition des maladies racinaire (ANNONYME, 2002).
- Ne convient pas au terrain mal drainé.
- Nécessite une lutte plus attentive contre les "mauvaises-herbes" et d'utiliser d'avantage de pesticides (ANNONYME, 2006).

Deuxième partie: Etude expérimentale

Deuxième partie: Etude expérimentale

Chapitre I: Présentation agro-écologique de la région d'étude

I.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 l'évolution de quelques propriétés physico-chimiques 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.

I.2 Présentation agro-écologique de site expérimental :

Notre expérimentation a été réalisée en région de Sétif, zone centre des hautes plaines sétifiennes (HPS). Le climat de la région est de type méditerranéen, continental, appartenant à l'étage bioclimatique semi-aride central, caractérisé par un été chaud et sec et un hiver froid et humide (CHENNAFI et *al.*, 2006).

L'essai a été réalisé à ferme expérimentale de l'institut technique des grandes cultures (ITGC) de Sétif. Le lieu expérimental dit R'mada, situé dans la commune de Mezloug, de la daïra de Ain-Arnat, à une altitude de 962 m et aux coordonnées géographiques 36°08'N, 5°20'E.

I.3 Conditions climatiques

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 prélèvements des températures de l'année agricole 2019-2020 mentionnées dans le tableau 04. Les températures moyennes de la campagne varient de 5.3°C pour le mois de janvier qui correspond au mois le plus froid à 21.65°C en septembre correspondant au mois le plus chaud de la campagne.

Tableau 04: Relevé des températures mensuelles enregistrées durant la campagne agricole 2019-2020 dans la station expérimentale de l'ITGC de Sétif.

Mois	Tmin (°C)	Tmoy (°C)	Tmax (°C)
Sep	15.40	21.65	27.90
Oct	10.30	16.20	22.10
Nov	4.2	8.1	12.4
Dec	3.7	7.9	12.8
Jan	0.3	5.3	11.1
Fev	1.9	8.9	16.8
Mar	4.3	9.3	14.8
Avr	8	13.2	19.3
Mai	11.8	19.2	26.6
Juin	14	21.5	29
Juillet	18	25.5	33

Source: ONM, Aéroport de Sétif, (2019/2020)

b. Précipitations :

Selon les relevées pluviométriques de la situation météorologique de Sétif comme le montre le tableau 05, le total des précipitations enregistré durant la campagne agricole 2019-2020 jusqu'au mois de mai est 349,86 mm avec une bonne répartition variée dans le temps, pour la période allant de septembre à avril. Deux périodes humide s'étalent du mois de septembre jusqu'au mois de décembre et les mois de mars et avril. On observe que le mois de novembre a été le mois le plus pluvieux avec (90.2 mm), Le mois d'avril était pluvieux (66 mm) qui a coïncidé avec le stade fin montaison et épiaison, contrairement au mois de février qui coïncide avec le stade fin tallage et début montaison n'a pas été pluvieux (absence totale de pluie).

Tableau 05: La pluviométrie mensuelle (mm) de la campagne 2019/2020.

Mois	sep	oct	nov	dec	jan	fev	mar	avr	mai	juin	juillet	août	total
Pluviométrie (mm)	75,5	25,80	90,2	21.4	12,8	00	51,56	66	6,6	32.88	10.80	27.7	410.44

Source: ONM, Aéroport de Sétif (2019/2020)

c. Gelées

D'après les données enregistrées dans le tableau 06, le nombre des jours de gelées s'élève à 35 jours. Les gelées sont moyennement fréquentes, mais celles du printemps qui sont tardives provoquent des dégâts considérables sur les cultures céréalières. Les gelées précoces sont concentrées pendant la période hivernale (décembre, janvier et février). Etant donné que la variété *Bousselam* est mi-tardive, les gelées du mois de mars et avril (00 jour et 01 jour) respectivement n'affectaient pas l'épiaison.

Tableau 06: Le nombre des jours de gelées durant la campagne 2019/2020

Mois	sep	oct	nov	dec	jan	fev	mar	avr	mai	total
Gelée	00	00	3	7	16	8	00	01	00	35

Source: ONM, Aéroport de Sétif (2019/2020)

I.3.1 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). Etant donné que ces paramètres font partie de l'étude, les explications des différentes analyses effectuées seront traitées dans le point 2.3.1 relatif aux notations du sol.

II. Mise en place de l'essai

II.1. Matériel végétal utilisé

Notre étude est réalisée sur le blé dur (*Triticum durum* Desf.) ; est une espèce céréalière, annuelle, de la famille des graminées. En utilisant une seule variété dénommée *Bousselam*, variété sélectionnée, demi-précoce. Le grain est caractérisé par un poids moyen de mille grains (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 à la moucheture et aux maladies cryptogamiques, tolérante au froid, à la sécheresse et à la verse. 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

Plusieurs types d'instruments ont été utilisés pour permettre les quatre techniques de travail du sol 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 04), alors le semis a été réalisé à l'aide de semoir en lignes conventionnel de trois mètres à espacement 18 cm interlignes.



Figure 04 : La charrue à disque, le cover-crop et la herse

B. Technique culturale simplifiée (ou travail minimum)

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

C. Semis direct (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 05).



Figure 05: Le semoir John Shearer à disque et le Semoir de semis direct BOUDOUR

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 simplifié (*TCS*), noté **T4**, et une seule espèce, qui est le blé dur en tant espèce stratégique représentée par la variété *Bousselam*. De fait, le nombre total des traitements étudiés s'élève à 12 traitements = (4 techniques X une culture) X 3 répétitions.

Le matériel végétal a été semé sur une parcelle homogène. La parcelle est divisée en parcelles parallèles (Parallèle plots), organisée en trois répétitions, chaque répétition a été divisée en quatre traitements. La dimension de l'unité expérimentale est de 250 m² (50 m x 5 m). 0,5 m est la distance entre les unités expérimentales (Figure 06).

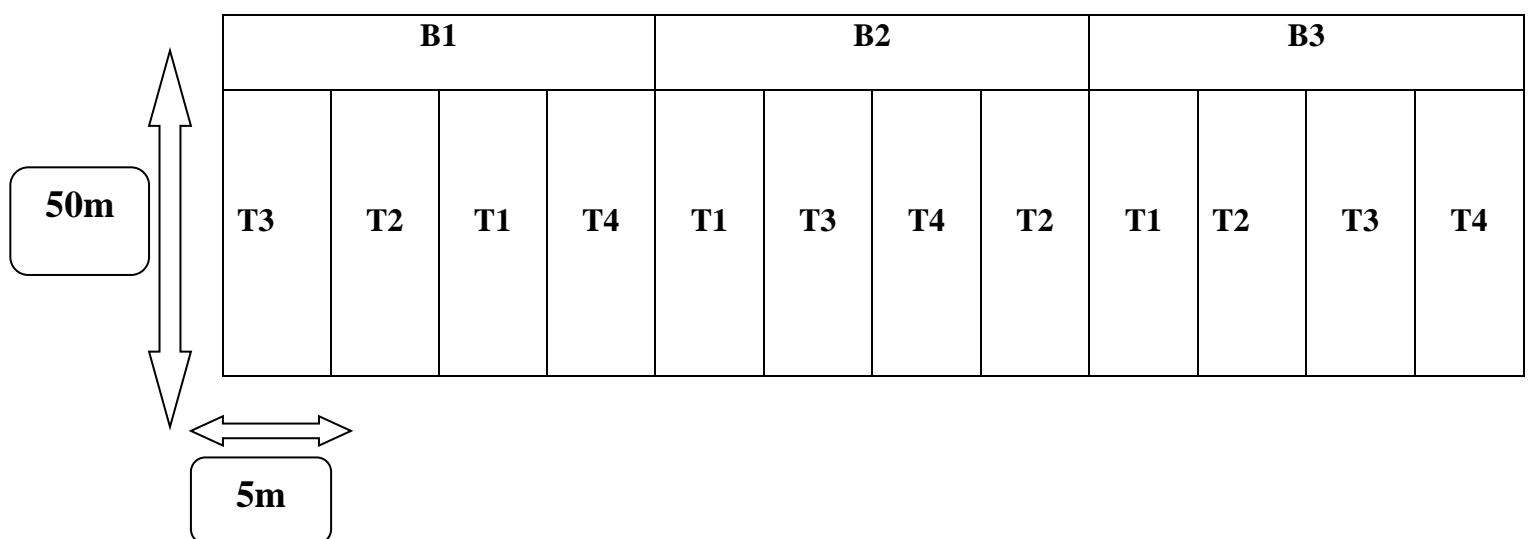


Figure 06: Schéma du dispositif expérimental adopté.

II.4. Itinéraires techniques

II.4.1. Précédent cultural

Pour l'ensemble de traitements, le précédent cultural est une légumineuse, la lentille. Pour le travail du sol; la même technique a été pratiquée précédemment sur chaque traitement: TC/TC, TCS/TCS, SDT/ SDT, SDD/SDD.

II.4.2. Préparation du sol

A. Semis direct (SD)

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

B. Travail conventionnel (TC)

Un labour profond de 30 cm à l'aide d'une charrue à disque a été réalisé le 15/ 10/ 2019, suivi par un passage de la charrue à dent le 22/ 11/ 2019, suivi par un passage de cover-crop le 23/ 11/ 2019 et un hersage le 02/ 12/ 2019.

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

Un seul passage de cultivateur à dents a été réalisé le 02/ 12/ 2019.

II.4.3. Mise en place de culture

La mise en place de l'essai a été réalisée le 09/ 12/ 2019. La profondeur de semis a été 03 cm pour le semis direct à dent et à disque et plus pour le travail conventionnel et le travail cultural 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/ m² comme préconisé dans l'étage semi-aride central dans la région de Sétif, vu les potentialités de la zone.

II .4.4. Entretien de la culture

A. Fertilisation du sol

L'épandage d'engrais de couverture sous forme de l'Urée 46% a été réalisé mécaniquement en deux fractions ; la première fraction au stade trois feuilles (le 17/ 03/ 2020) à raison de 40 kg/ ha et le deuxième apport a été réalisé au stade épi un centimètre (le 04/ 04/ 2020) à raison de 60 kg/ ha, soit 5 unités d'azote (Tableau 07).

Tableau 07: Fertilisation azotée de l'essai

Type d'engrais	Engrais utilise	Dose (Kg /ha)	Stade et date de réalisation
Engrais de couverture	Urée 46 %	40 kg/ha	Stade trois feuille 17/ 03 / 2020
		60 kg/ha	Stade épi un centimètre 04 / 04/ 2020

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 et la technique culturale simplifiée (ou travail minimum), comme le montre le tableau 08.

Tableau 08: Opération de désherbage chimique de l'essai par technique

Traitements	Herbicide utilisé	Dose	Date
Semis direct à dent et Semis direct à disque	Herbicide total: Glyphosate	3 litres/ ha	Avant semis 22/11/2019
	Double action: pallas+adjivli 700	0.5 litre/ ha et 1l/ ha	Après semis tallage 04/04/2020
Système conventionnel	Double action: pallas+adjivli 700	0.5 litre/ ha et 1l/ ha	tallage 04/04/2020
Système travail minimum (ou TCS)	Double action: pallas+adjivli 700	0.5 litre/ ha et 1l/ ha	tallage 04/04/2020

Chapitre III: Notations à effectuer

III.1 Notations relatives aux facteurs physiques du sol

III.1.1. Humidité du sol

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

a. Méthode de prélèvement: chaque point de prélèvement a fait l'objet de deux échantillons sur deux profondeurs (0-20 cm, 20-40 cm), avec trois répétitions. Les prises des échantillons ont été réalisées à l'aide d'une tarière. Les échantillons sont placés sur le champ dans des boîtes métalliques.

b. Méthode d'analyse : chaque échantillon est prélevé mis dans une tare de masse (Mt) est peser pour déterminer la masse humide (Mh). L'échantillon par la suite est mis dans l'étuve à 105°C pendant 24 heures. La deuxième pesée permet de déterminer la masse sèche de l'échantillon (Ms). Selon NOURI et *al.*, (2004), l'humidité du sol est calculée selon la formule suivante:

$$\text{Humidité pondérale (\%)} = (Mh - Ms / Ms) * 100$$



Figure 07: Mesure de l'humidité de sol

III.1.2. Densité apparente du sol (Masse Volumique)

La mesure de la masse volumique du sol, qui est un indicateur du tassement du sol et de la porosité totale du sol a été mesurée par la méthode du cylindre calibré (dimension de 5,2 cm x 4,1 cm). Les mesures sont réalisées sur trois profondeurs (0-5 cm, 5-10 cm et 10-15 cm), avec trois répétitions pour chaque traitement. La masse volumique du sol (g.cm⁻³) est calculée selon l'équation de BAISE, (2000).

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

$$(Da) = P / V$$

Da: la densité apparente;

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

V: le volume du cylindre utilisé exprimé en cm³.

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



Figure 08: Méthode de prélèvement du sol et de calcul de la densité apparente du sol

III.1.3. La résistance pénétrométrique Rp (N/cm²)

La mesure de la résistance pénétrométrique (Rp) 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 09.

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 (N/cm²) = Lecture sur l'écran / 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 09: Photo représentative de la mesure par pénétromètre

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, 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.2.2 Les paramètres physiologiques

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°10).

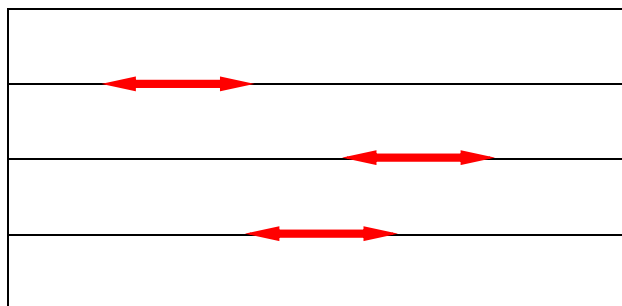


Figure 10: Schéma de fixation des stations de notation

III.2.2.1. Peuplement à la levée

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

III.2.2.2. Nombre de talles par m²

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

III.2.2.3. Composants de rendements

a. Nombre d'épis par mètre carré (NE/ m²)

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

b. 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.

c. Poids de mille grains (PMG)

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

III.2.2.4. 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 kg/ha.

III.2.2.5. Rendement en paille La mesure du poids des tiges sans épis de chaque parcelle élémentaire a concerné l'ensemble de traitement.

III.2.2.6. Le calcul du rendement théorique (q/ha)

Le rendement théorique est calculé à partir de la formule suivante:

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

III.2.2.7. 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).

III.2.2.8. 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 IBM SPSS Statistics 21. 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 est 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 liés au sol

IV.1.1 Paramètres physico-chimiques du sol

A signaler que les cinq mois de confinement nous nous ont empêchés de réaliser les analyses nous-mêmes selon le protocole de travail. De fait, les résultats des paramètres physico-chimiques nous ont été communiqués par l'ITGC (2020).

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 (13,36%), révèle que le sol est fortement calcaire, avec un taux élevé de calcaire actif (9,5 %), comme s'est confirmé par LAABAD et *al.* 2018.

b. pH et conductivité électrique

Selon les normes adoptées par BAIZE (1988), d'après les résultats du tableau 09, le sol de la parcelle expérimentale présente le pH peu alcalin, il est supérieur à 7. Cependant, la conductivité électrique (0.46us/ Ds/ m) est faible et il est qualifié selon Aubert (1978), comme des sols non salé. Notre sol est moyennement riche en matière organique (2,87 %).

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

Echantillon	0 – 20 cm	20 – 40 cm	moyenne	
pH	8.55	8.18	8.37	
CE dS/m	0.77	0.15	0.46	
Calcaire total (%)	13.56	13.15	13.36	
Calcaire actif (%)	9.75	9.25	9.5	
Matière organique (%)	2.96	2.78	2.87	
Azote total (%)	0.06	0.08	0.07	
Phosphore assimilable (mg/kg)	1.85	1.42	1.64	
Potassium assimilable (ppm)	332.87	302.46	317.67	
Granulométrie	Argile (%)	37.33	40.66	38.99
	Limon f (%)	20	27.33	23.67
	Limon g (%)	4.17	9.45	6.81
	Sable f (%)	17.24	15.18	16.21
	Sable g (%)	21.26	7.38	14.32
Texture	Limono-argileuse	Argileuse		

IV.1.2 profil hydrique

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

Les courbes d'évolution de l'humidité pondérale du sol dans les quatre systèmes et les deux horizons (0-20cm et 20-40cm), illustrées dans les figures n° 12 et 13, montrent des variations par rapport au cycle de culture de blé.

Par technique culturale, on note que le cumule d'humidité est plus élevé en semis direct à disque, avec 18,19 %, suivi par la technique culturale simplifiée (18%) et le travail conventionnel (17,98 %) et le semis à dent (17,41 %). Ceci est en accord avec beaucoup d'auteurs qui ont amplement rapporté que les techniques de conservation, notamment le semis direct et la technique culturale simplifiée, augmentent le taux d'humidité dans le sol par rapport aux techniques conventionnelles. En effet, les techniques de non labour sont caractérisées par une absence de perturbation du sol (MRABET 1993) ; ce qui permet une meilleure conservation de l'eau en limitant l'effet des facteurs abiotiques à savoir, les hautes températures et le vent. Aussi l'isolement de la surface du sol par un mulch de résidus végétaux provoque un ombrage du sol, réduit la turbulence éolienne et limite les échanges entre le sol et l'atmosphère. La limitation des transferts thermiques et hydriques entre le sol et son milieu ambiant extérieur favorise l'accumulation de l'eau et retarde l'évaporation et le réchauffement du sol donc, le semis direct sauvegarde l'eau en améliorant l'infiltration. Avec l'amélioration des propriétés de rétention d'eau du sol sous semis direct, plus d'eau sera stockée. Contrairement, en travail conventionnel qui rend le sol très meuble, aéré et plus perméable ce qui facilite l'accélération de l'évaporation de l'eau.

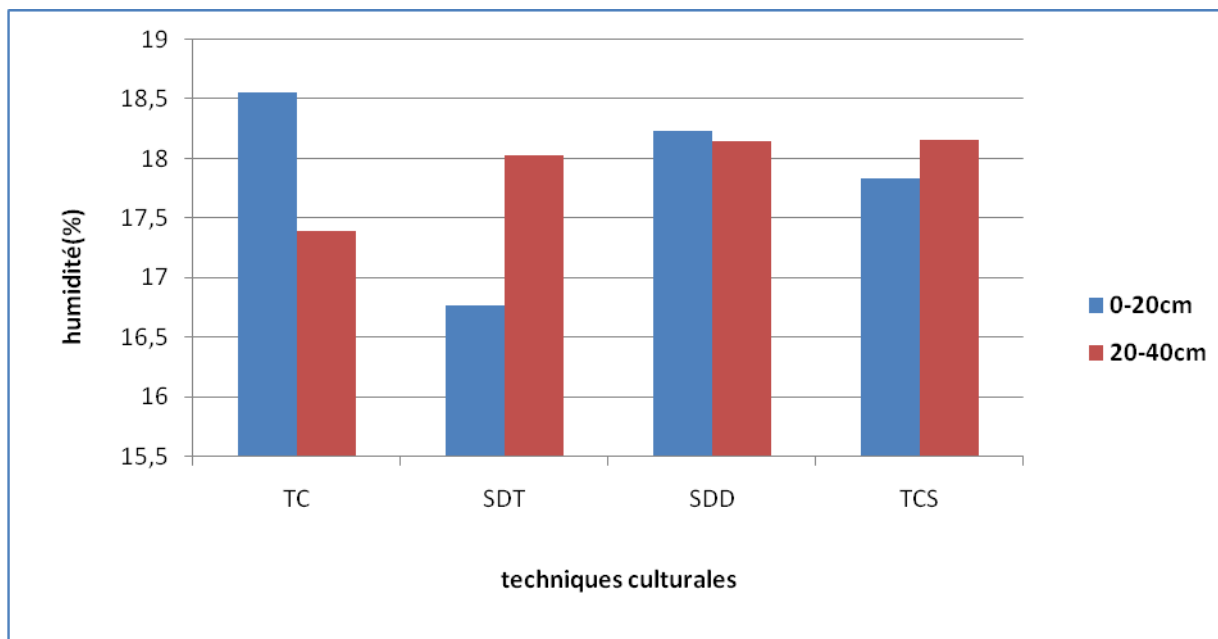
Par profondeur du sol, les histogrammes et les courbes de tendance linéaires figure n° 11 montrent que la partie sous-jacente (20-40 cm) accumule plus de l'eau (17,96%) que la partie supérieure (0-20 cm):(17,85 %) ; ce qui indique que l'eau disponible pour la plante à un stade végétatif donné est liée à la profondeur de la couche du sol et considère le semis direct comme un moyen de gestion hydrique par l'accumulation de l'eau dans les parties sous-jacentes du sol. Ceci préserve et améliore des ressources en sols et en eaux.

Par rapport au cycle végétatif, les histogrammes des figures n° 12 et 13 nous fait remarquer que l'humidité dans le sol varie en fonction de leur interaction avec la technique culturale.

En surface (profondeur: 0-20 cm), le travail conventionnel a donné, au stade après semis, une humidité moyenne relativement élevée (19,76 %), suivi respectivement par semis direct à disque (SDD: 19,36 %), le semis direct à dent (SDT: 18,70 %) et en dernier lieu le travail cultural simplifié (TCS: 18,25 %). Au début de cycle végétatif (au stade levé), en profondeur (0-20 cm), le semis direct à disque (SDD) a donné une humidité moyenne élevée (16,44 %), suivi par le travail conventionnel (TC) avec 16,17 %, le travail cultural simplifié (TCS): 15,76 % et le semis direct à dent (SDT) : 13,25 %. Au stade tallage, en profondeur (0-20 cm), on distingue en premier lieu le TC avec 19,76% ce qu'il permet à stocker l'eau plus rapide comparé aux autres technologies grâce à l'ouverture du sol par l'effet du labour. Ceci montre aussi que le travail conventionnel, présente des caractéristiques hydrodynamiques plus favorables à l'absorption des eaux de pluie, suivi par le TCS (19,50 %), le SDD (18,90 %) et en dernier le SDT avec 18,36 %.

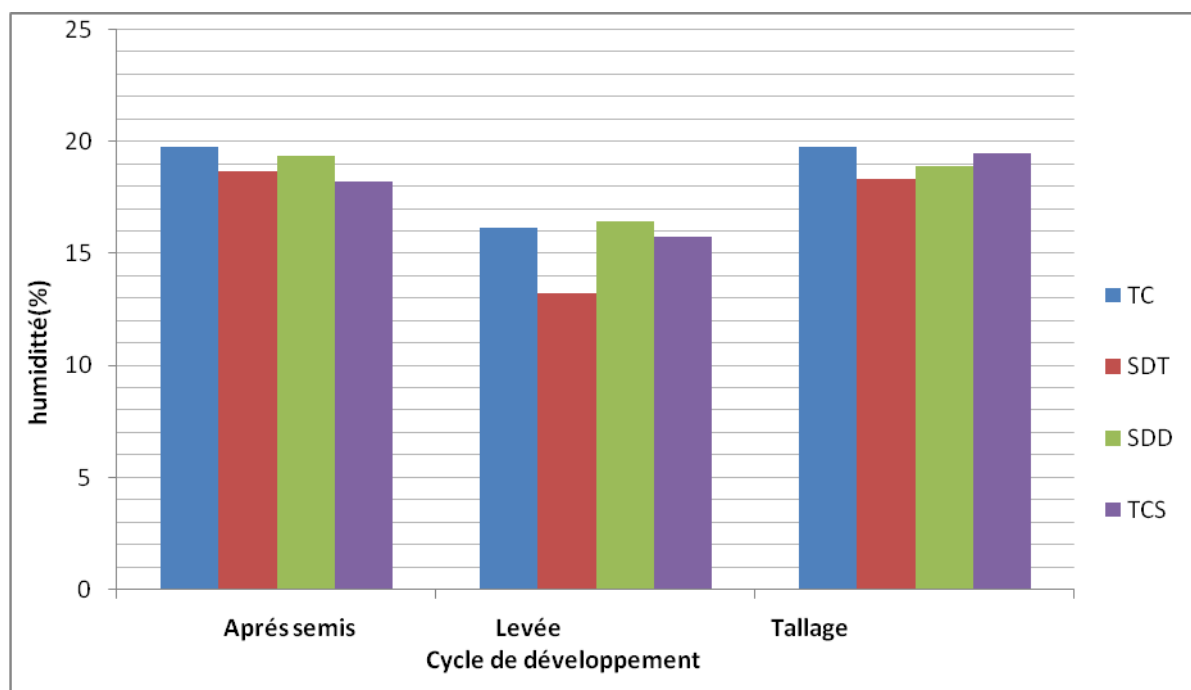
Par contre, en profondeur (20-40 cm), le TCS prend la première position (19,50 %), suivi par le SDD (19,12 %), le SDT (20,11 %) et enfin le travail conventionnel (TC) en dernière position avec 16,95 %. Au début de cycle végétatif (au stade levé), en profondeur (20-40 cm), le SDT occupe la première place (16,70 %), suivi par le TCS 16,06 % et le SDD (15,83 %), le TC en dernier avec 15,45 %. Au stade tallage, en profondeur (20-40), le TC (19,80 %), le SDD (19,50), le SDT (19,39 %) et le TCS (18,93 %).

A vrai dire, le semis direct et le travail cultural simplifié sont plus avantageux en humidité à la culture par rapport à l'avancement du cycle cultural.



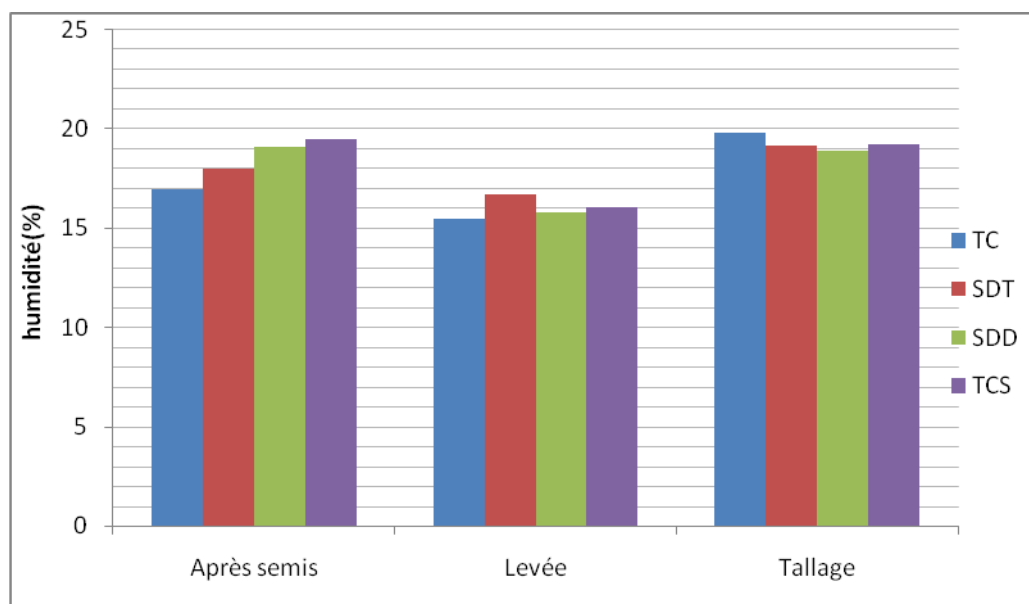
Légende: SDD: semis direct à disque, SDT : semis direct à dent, TC: travail conventionnel, TCS: travail cultural simplifié.

Figure 11: L'humidité pondérale du sol par technique culturale et par profondeur du sol.



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

Figure 12: Evolution 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 13: Evolution de l'humidité pondérale dans le sol (profondeur 20-40cm).

IV.1.3 Résistance pénétrométrique du sol: R (N/cm²)

Par technique culturale, le semis direct à dent (SDT) est le premier, suivi par le semis direct à disque (SDD), technique culturale simplifiée (TCS) et le travail conventionnel (TC) en dernier comme le montre la figure n° 14.

Par profondeur, la résistance pénétrométrique du sol est fonction de la profondeur du sol. On trouve en premier, la profondeur: 10-15 cm (682,08 N/cm²), suivie par la profondeur 5-10 (653,33 N/cm²), et enfin la profondeur 0-5 cm (553,83 N/cm²) comme le montre la figure n° 14.

Par interaction entre profondeurs et techniques culturales, les histogrammes de la figura n° 15 montrent qu'en profondeur 0-5 cm dont la moyenne générale de l'essai est de 490,83 N/ cm², vient en premier le SDT (620 N/ cm²), suivi par le SDD (590 N/ cm²), la TCS (546,66 N/ cm²) et le TC en dernier lieu avec (466,66 N/cm²).

Pour la profondeur 5-10 cm, dont la moyenne de l'essai est de 653,33 N/cm², l'analyse agronomique montre que le SDT accapare la première position (706,66 N/ cm²), suivi par la TCS (686,66 N/cm²), le SDD (680 N/cm²) et le TC avec 540 N/cm² (figure n°16).

Pour la profondeur 10-15, dont la moyenne de l'essai est de 682,08 N/ cm². On trouve en premier le SDT (726,66 N/cm²), suivi par la TCS (713.33 N/cm²), le SDD (706,66 N/cm²),

et enfin, le TC (581.66 N/cm²), figure n°17.

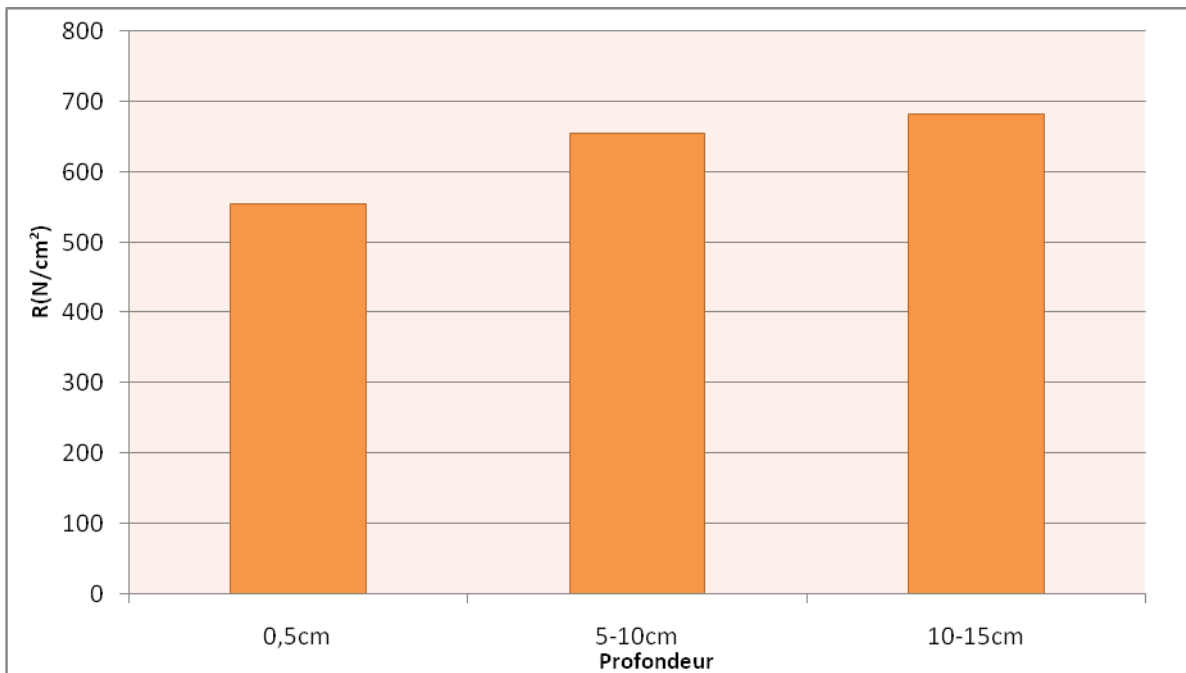
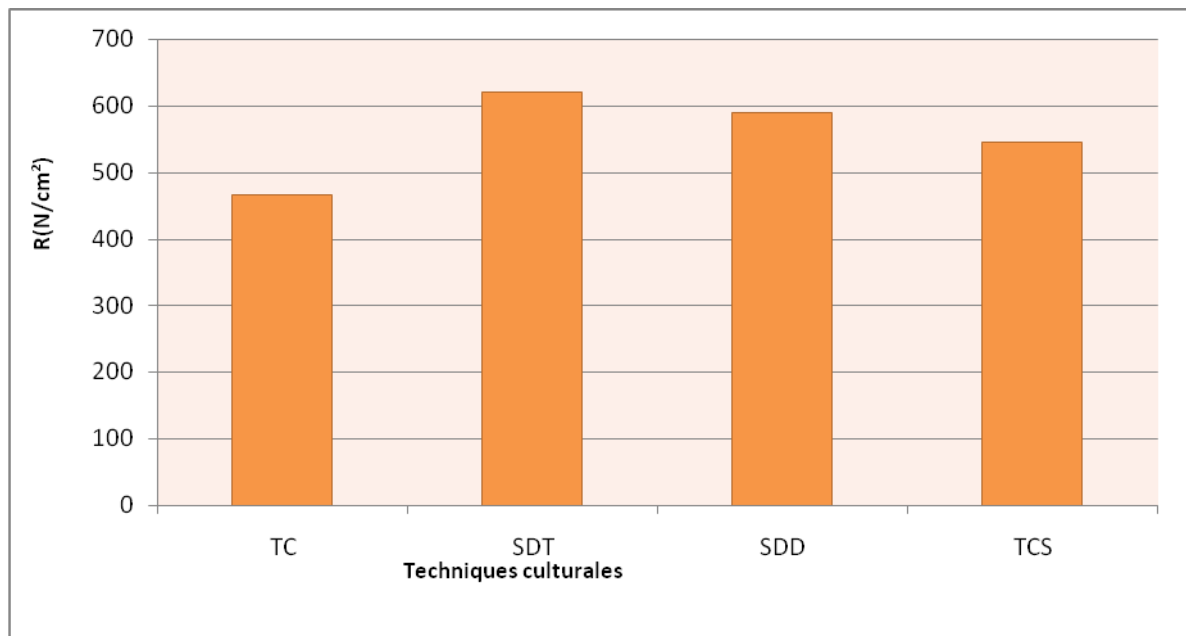
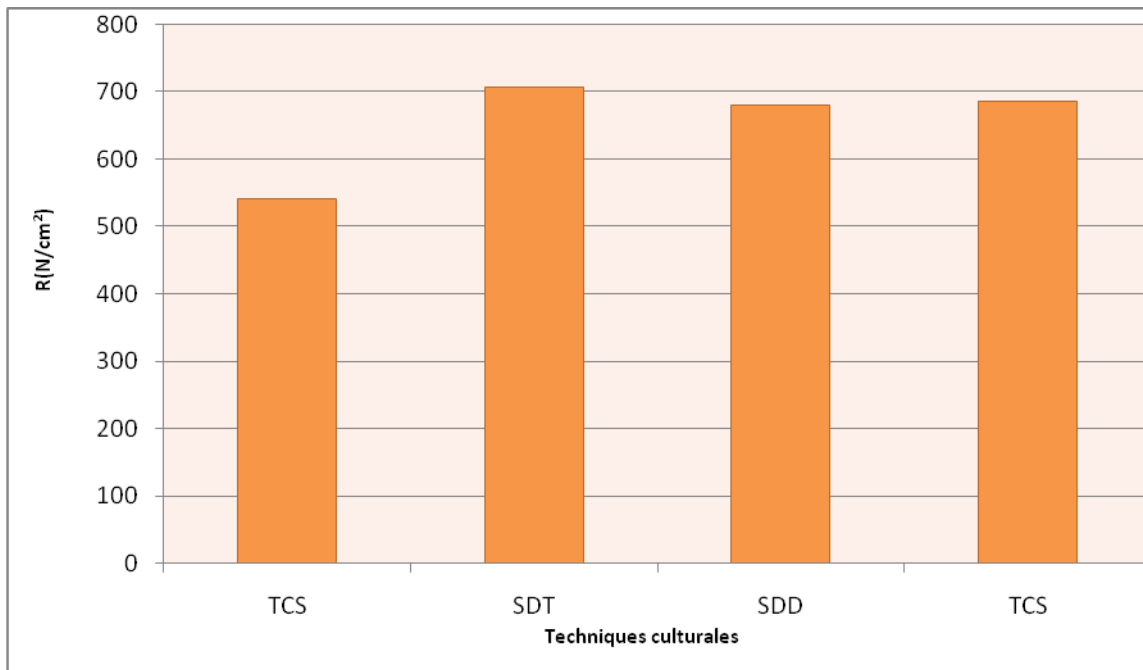


Figure 14: Effet de technique culturale sur la résistance au pénétromètre par profondeur.



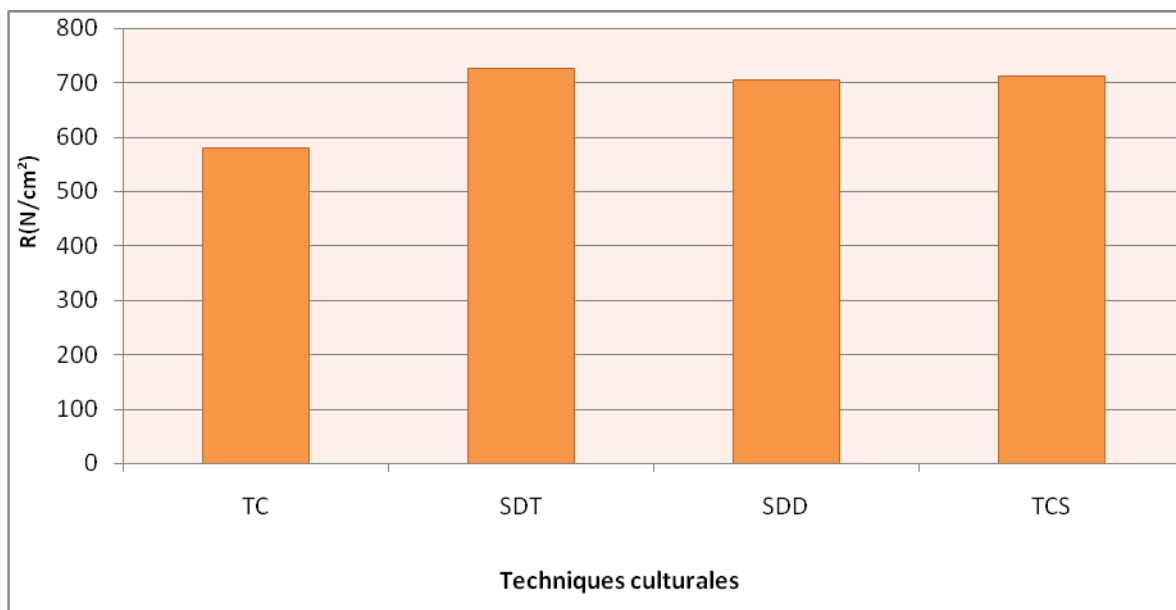
Légendes: *SDD*: semis direct à disque, *SDT*: semis direct à dent *TC* : travail conventionnel, *TCS*: techniques culturales simplifiées

Figure 15: La résistance au pénétromètre (0-5 cm) par système de travail du sol.



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

Figure 16: La résistance au pénétromètre (5-10 cm) par système de travail du sol.



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

Figure 17: La résistance au pénétromètre (10-15 cm) par système de travail du sol.

IV.1.4 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, on distingue en premier le semis direct à dents (0,655 g/cm³), suivi par la technique culturale simplifiée (0,637 g/cm³), le semis direct à disque (0,626 g/cm³) et le travail conventionnel (0,594 g/cm³).

Par profondeur, en fonction de la technique culturale, on note trois groupes de technologie culturale dans chacune des deux profondeurs (0-5 cm, 5-10 cm). La densité apparente du sol est légèrement élevée au profond 5-10 cm, avec une moyenne de 0,636 g/cm³, comparée à la profondeur 0-5 cm (0,619 g/cm³), figure n° 18.

En surface (0-5cm), la moyenne de l'essai en densité apparente du sol s'élève à 0,619 g/cm³, dont le semis direct à dent arrive en premier (0,656 g/cm³), suivi par la technique culturale simplifiée (0,627 g/cm³), le semis direct à disque (0,621 g/cm³), en dernière position le travail conventionnel avec 0,572 g/cm³ comme le montre la figure n° 19.

En profondeur (5-10 cm), la moyenne de l'essai pour les quatre technologies culturales s'élève à 0,636 g/cm³. D'après les histogrammes de la figure n°20, on observe l'effet de la technologie culturale sur la densité apparente du sol. Elle est plus élevée en semis direct à dent (0,653 g/cm³), la technique culturale simplifiée (0,646 g/cm³), suivi par le semis direct à disque (0,630 g/cm³) et le travail conventionnel (0,616 g/cm³).

Ces résultats peuvent être expliqués par le fait de qu'en semis direct le sol n'est pas perturbé et donc reste relativement compacte, en revanche, en travail conventionnel et en technique culturale simplifiée ou le sol est remué par les outils aratoires ce qui diminue la densité apparente, aussi l'accumulation de la matière organique sur les couches superficielles notamment en fonction du type de rotation culturale, contribue à l'amélioration des propriétés physiques du sol notamment la densité apparente. Donc le non labour améliore les propriétés physiques et chimiques du sol par rapport au conventionnel (MRABET et al., 2001). TEBRUGGE & DURING, (1999) montrent que l'écart de la densité apparente entre un sol labouré et un sol non travaillé est maximal après le passage de la charrue ; l'écart décroît au cours de la saison de culture.

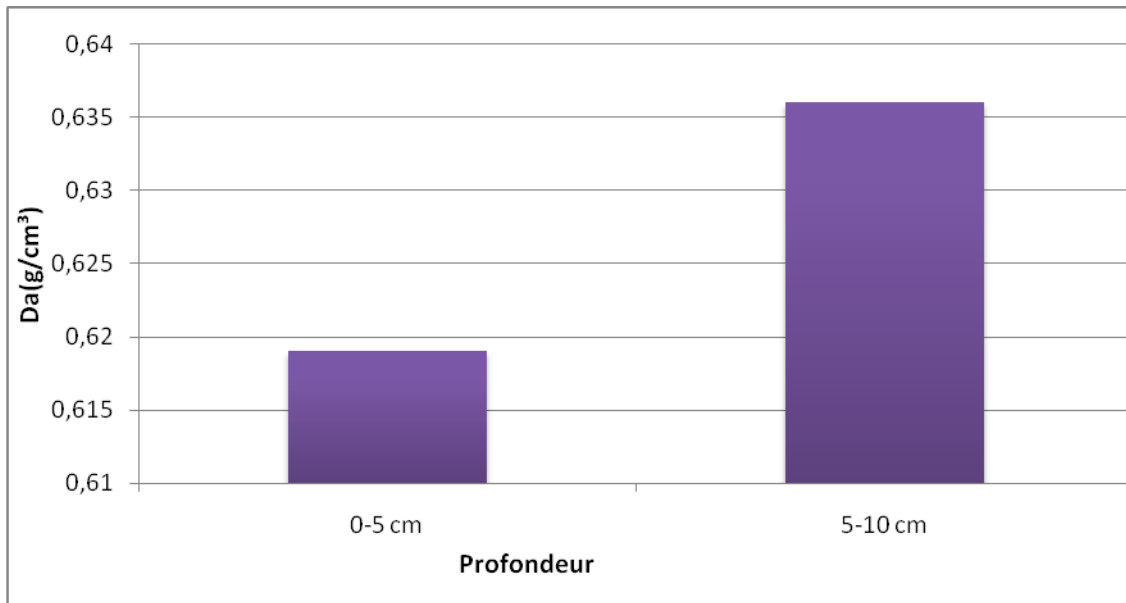
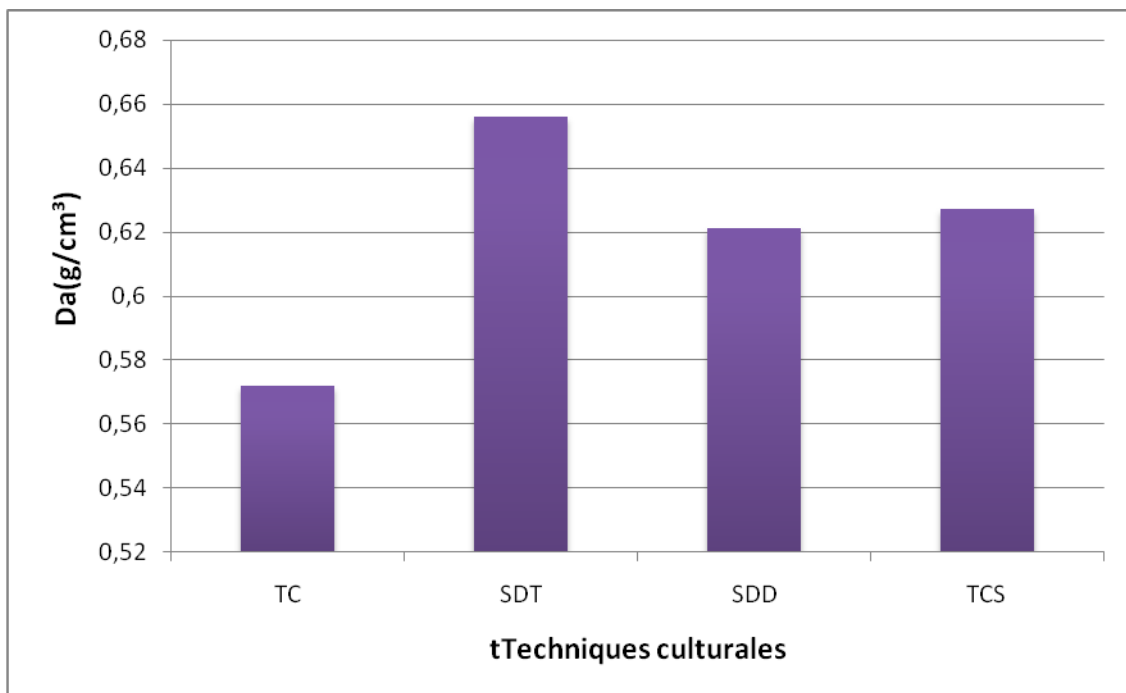
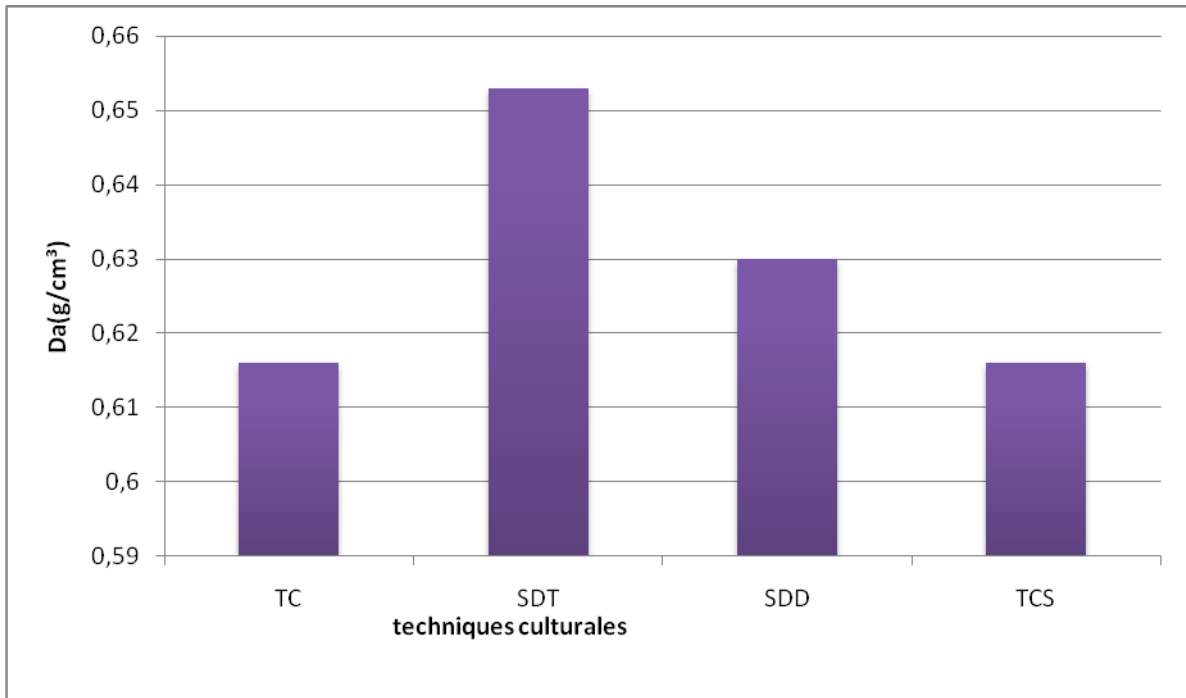


Figure 18: Effet de technologie culturale sur la densité apparente par profondeur.



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

Figure 19: 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 20: L'effet de technologie culturale sur la densité apparente en profondeur (5-10 cm).

IV.3. Paramètres morphologiques de la culture

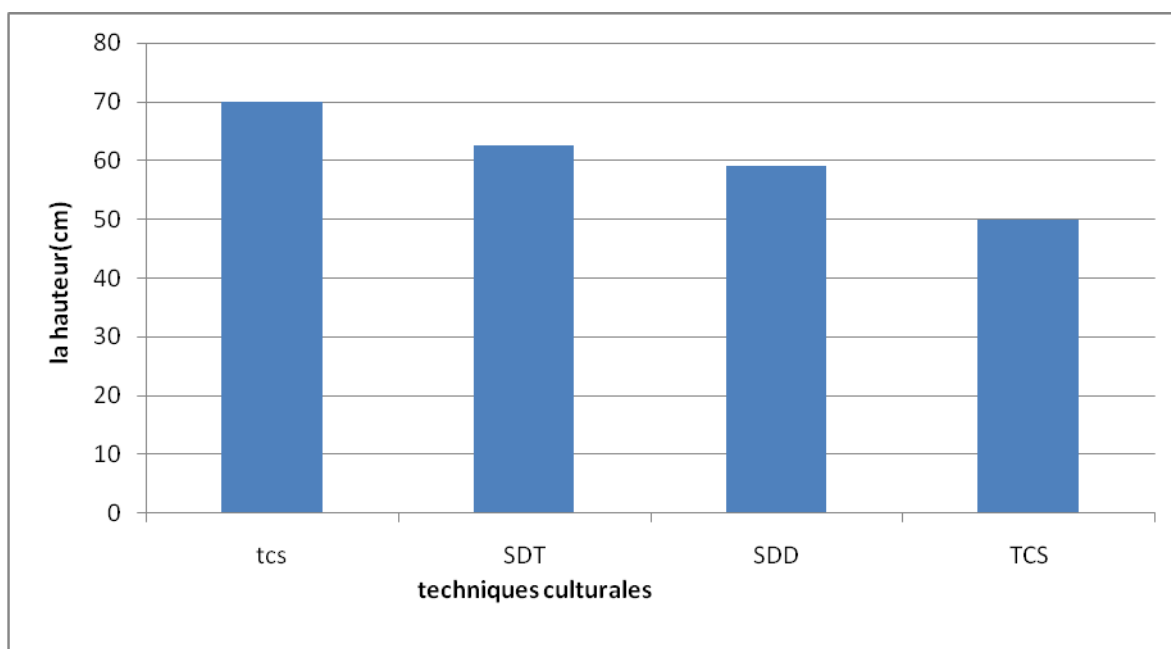
IV.3.1. Taille des chaumes (hauteur des tiges)

La moyenne de l'essai est de 60,38 cm, avec un écart-type de 8,30 cm et un coefficient de variance de 13,75 %.

Par technologie culturale, on remarque selon les histogrammes de la figure n° 21 des variations notables. Les chaumes les plus longues sont enregistrés en travail conventionnel (70 cm), suivi par le semis direct à dent (62.5cm), semis direct à dent (59 cm) et enfin la technique culturale simplifiée (50 cm). L'écart entre la hauteur la plus élevée (SDT) et la plus petite (TCS) est de 20 cm.

Tableau 10: Analyse statistique de la taille des chaumes (cm).

Techniques culturales				Moy	ET	CV%
TC	SDT (à dent)	SDD (à disque)	TCS	60.37	8.30	13.75
70	62.5	59	50			



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

Figure 21: l'effet de technique culturale sur la taille des chaumes.

IV.5 .Caractères agronomiques

IV.5.1. Peuplement à la levée (Nombre de plants levés par m²)

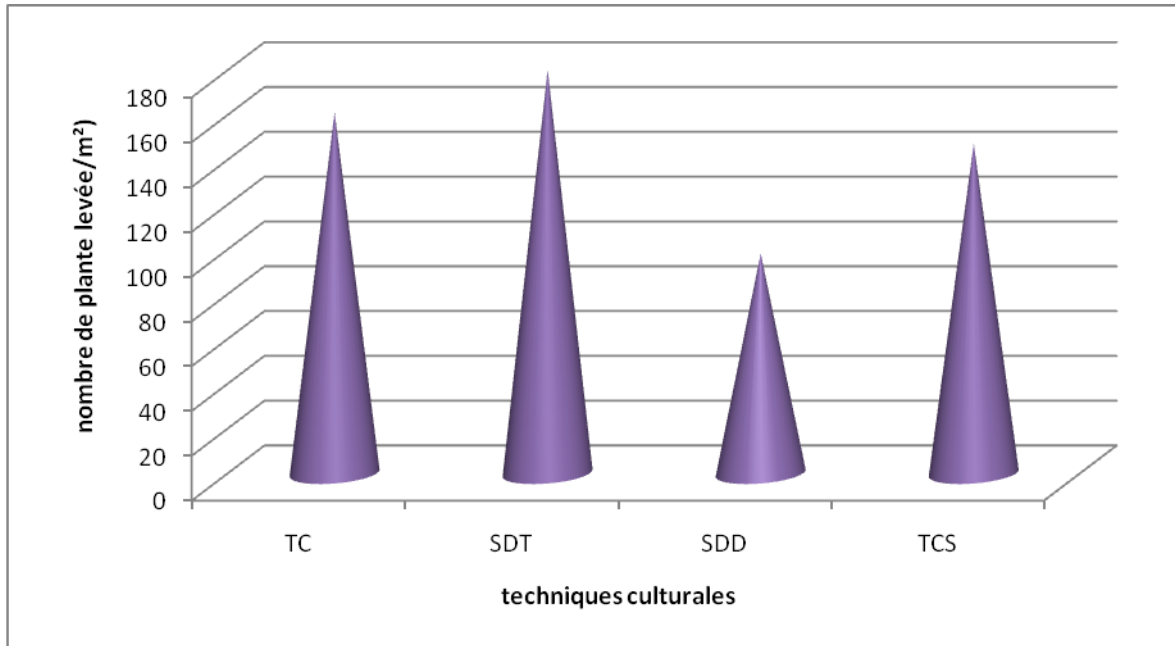
Le test des moyennes a montré que la moyenne générale de l'essai s'élève à 146,5 plants/m² et un écart type de 35,05 plants/m² et un coefficient de variance de 23,93 %.

Par traitement, on remarque que les parcelles semées en semis direct à dent (SDT) présentent une densité de pieds levés par unité de surface la plus élevée (180 pieds/ m²), elle est nettement supérieure à la moyenne de l'essai (soit un écart de +33,5 pieds/ m²), suivie par le travail conventionnel (TC: 161pieds/m²), soit un écart/ moyenne de +14,5 pieds/ m², la technique culturale simplifiée (TCS: 147 pieds/ m²), soit un écart de +0,5 pieds/ m² et en dernier lieu, le semis direct à disque (SDD: 98 pieds/ m²), soit un écart de -48,5 pieds/ m².

Les conditions d'humidité du sol au moment du semis, la bonne maîtrise de la profondeur de semis, et le bon contact grain-sol (bonne adhérence) qui favorisé la germination font la réussite du semis direct à dent qui détient la première place.

Tableau 11: Résultat statistique de nombre de plants levés par m².

Techniques culturales				Moy	ET	CV%
TC	SDT (à dent)	SDD (à disque)	TCS	146.5	35.05	23.93
161	180	98	147			



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

Figure 22: Effet de technologie culturale le nombre de plantes levées/ m².

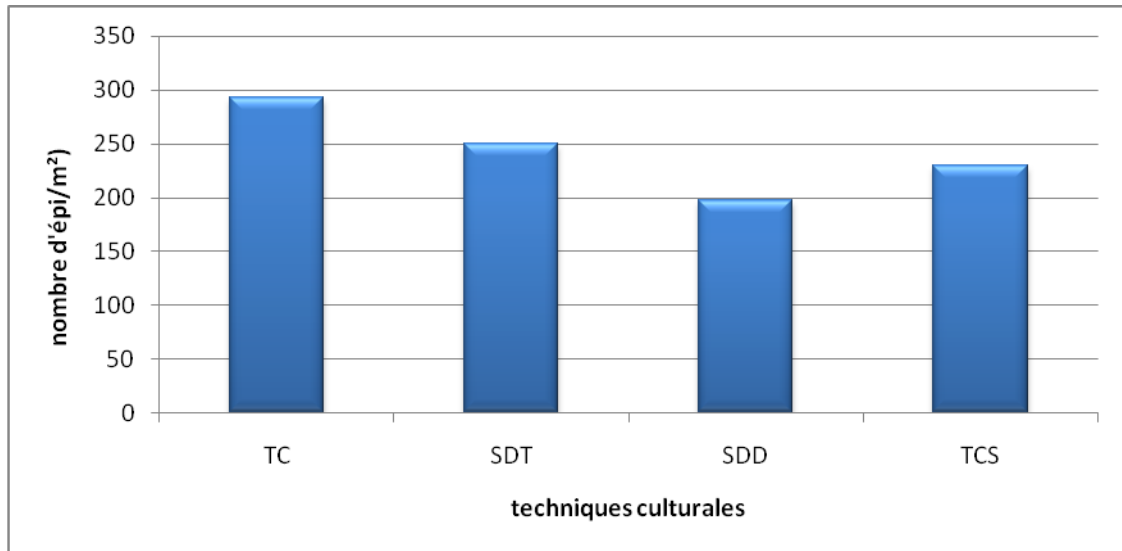
IV.5.2. Nombre d'épi/m² (NE/ M²)

La moyenne de l'essai du nombre d'épis/ m² s'élève à 242,5 épis/ m², avec un écart type de 40,14 épis/ m² et un coefficient de variance de 16,55 %.

Le peuplement à la levée par unité de surface garantit en grand parti la réussite de la culture en ayant un rôle important dans la détermination du peuplement épis, composante importante du rendement, il ne dépend pas uniquement du pouvoir de tallage et de la densité de semis, mais aussi du type de la technique culturale. En effet, nos résultats obtenus ont montré que le travail conventionnel (TC) présente un nombre d'épis/ m² plus élevée (293 épis/m²), suivi par le semis direct à dent (SDT: 250 épis/m², la technique culturale simplifiée (TCS: 230 épis/ m²) et enfin le semis direct à disque (SDD: 197 épis/ m²) vient en dernier lieu comme montre la figure n° 23.

Tableau 12: Résultat statistique de nombre d'épi par m².

Techniques culturales				Moy	ET	CV%
TC	SDT (à dent)	SDD (à disque)	TCS	242,5	40,14	16,55
293	250	197	230			



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

Figure 23: Effet de technologie culturale le nombre d'épi/ m².

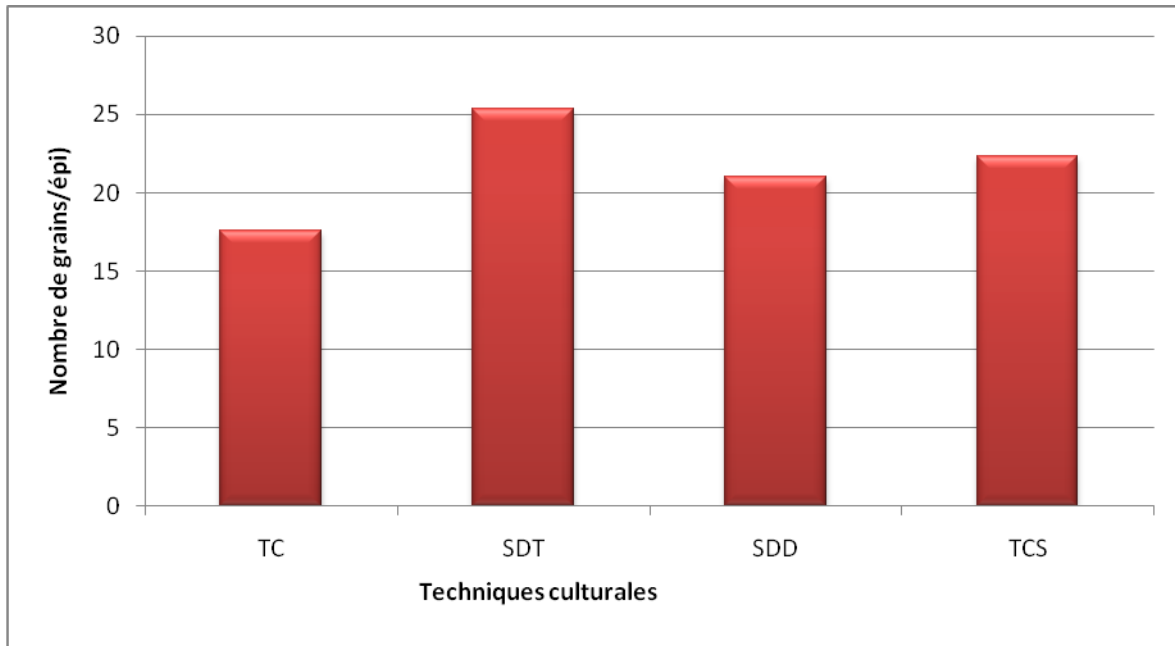
IV.5.3. Nombre de graines par épis (NGE)

La moyenne générale de l'essai est de 21,56 grains/ épis et écart type est de 3,23 grains/ épis et un coefficient de variance de 14,98 %.

La fertilité des épis est faible. Le semis direct à dent (SDT) est classé en premier avec 25,35 graines/ épis suivi par la technique culturale simplifiée (TCS: 22,3 graines/ épis), le semis direct à disque (SDD: 21,05 graines/ épis) et en dernier lieu le travail conventionnel (TC: 17,55 graines/ épis). Ces résultats exprimés par un bon remplissage du grain en semis direct à dent. L'expression du nombre de grains par épis est liée aux conditions climatiques (le manque d'eau et les températures élevées) au cours de la période «gonflement-épiaison».

Tableau 13: Résultat statistique de nombre de graines par épis (NGE).

Techniques culturales				Moy	ET	CV%
TC	SDT (à dent)	SDD (à disque)	TCS	21,56	3,23	14,98
17,55	25,35	21,05	22,3			



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

Figure 24: Effet de technique culturale sur le nombre de grains par épi.

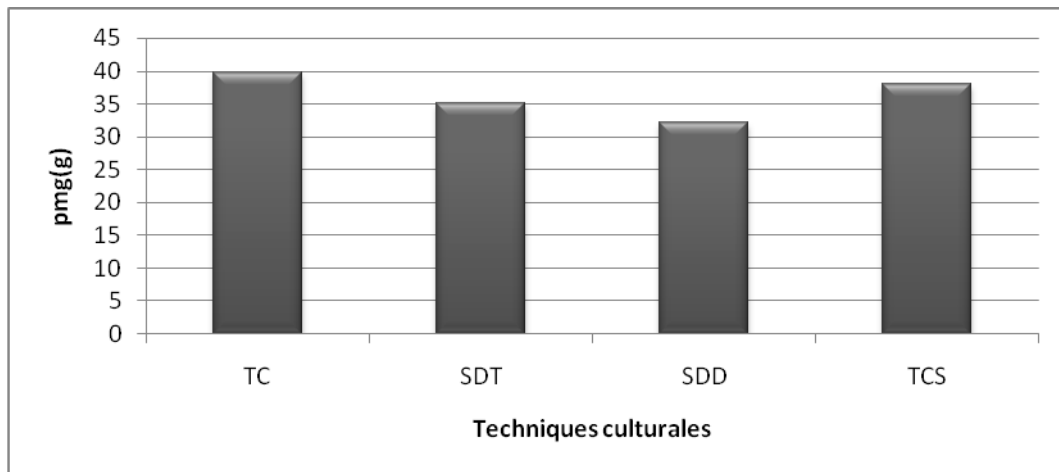
IV.5.4 Poids de mille grains (PMG)

La moyenne générale de l'essai est de 36,25 g et l'écart type est de 3,37 g et un coefficient de variance de 9,30%.

Les moyennes des essais varient de 39,75 g, comme valeur maximale, pour le travail conventionnel (TC), suivi par la TCS (38,08 g) et le semis direct à dent (35,04 g) et en dernier le semis direct à disques (32,12 g). On note aussi, que la qualité du grain n'est pas bonne ; le grain n'est pas bien rempli et ce pour les quatre technologies culturales. Ce qui permet de dire que la sécheresse (un manque d'eau combiné aux températures élevées) durant la campagne qui a aussi coïncidé avec le stade de remplissage a un effet négatif sur le remplissage du grain, ça entraîne une diminution du poids de 1.000 grains ce qui traduit par l'échaudage des grains (ZOUAOU, 1993 ; CHAKER, 2003).

Tableau 14: Résultat statistique du poids de mille grains.

Techniques culturales				Moy	ET	CV%
TC	SDT (à dent)	SDD (à disque)	TCS	36,25	3,37	9,30
39,75	35,04	32,12	38,08			



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

Figure 25: Effet de technique culturelle 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 composants de rendement, à savoir le nombre d'épis/ m², nombre de grains par épi et le poids de mille grains et ce dans chaque traitement.

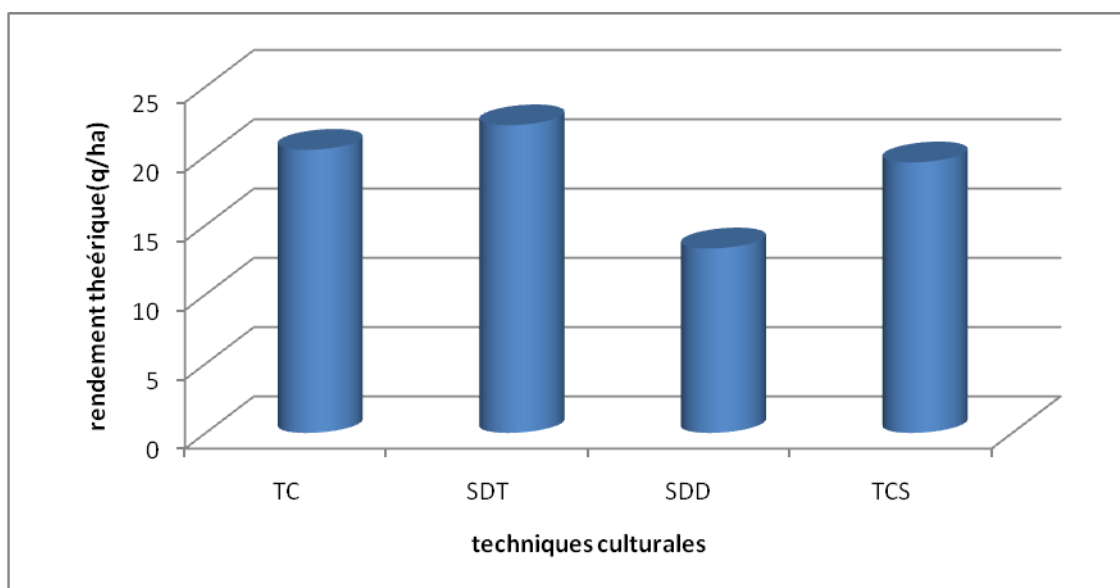
La moyenne de l'essai s'élève 18,88 q/ ha en grains, avec un écart type de 3,87q/ ha et un coefficient de variance de 20,5 %.

Par traitement. Le semis direct à dent (SDT) présente le rendement le plus élevé avec 22,21 q/ ha comparé respectivement au travail conventionnel (TC), la technique culturelle simplifiée (TCS) et au semis direct à disque (SDD): 20,44 q/ ha, 19,53 q/ ha et 13,32 q/ ha. Le niveau des rendements est apprécié à priori par le niveau des différentes composantes constitutives du rendement: le peuplement épis, le nombre de grains par épi et le poids des grains (GATE 1987).

Nos résultats montrent que le semis direct à dent permis généralement de bon rendement de blé largement plus élevé comparés à ce obtenu avec les façons culturales conventionnelles (MRABET, 2001). Aussi, le travail minimal ou l'absence de travail du sol n'entraîne quasiment aucune perte de rendement (MRABET, 2001).

Tableau 15: Résultats statistiques du rendement théorique en grains.

Techniques culturales				Moy	ET	CV%
TC	SDT (à dent)	SDD (à disque)	TCS	18,88	3,87	20,50
20,44	22,21	13,32	19,53			



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

Figure 26: Effet de technique culturale sur le rendement théorique en grains (q/ha).

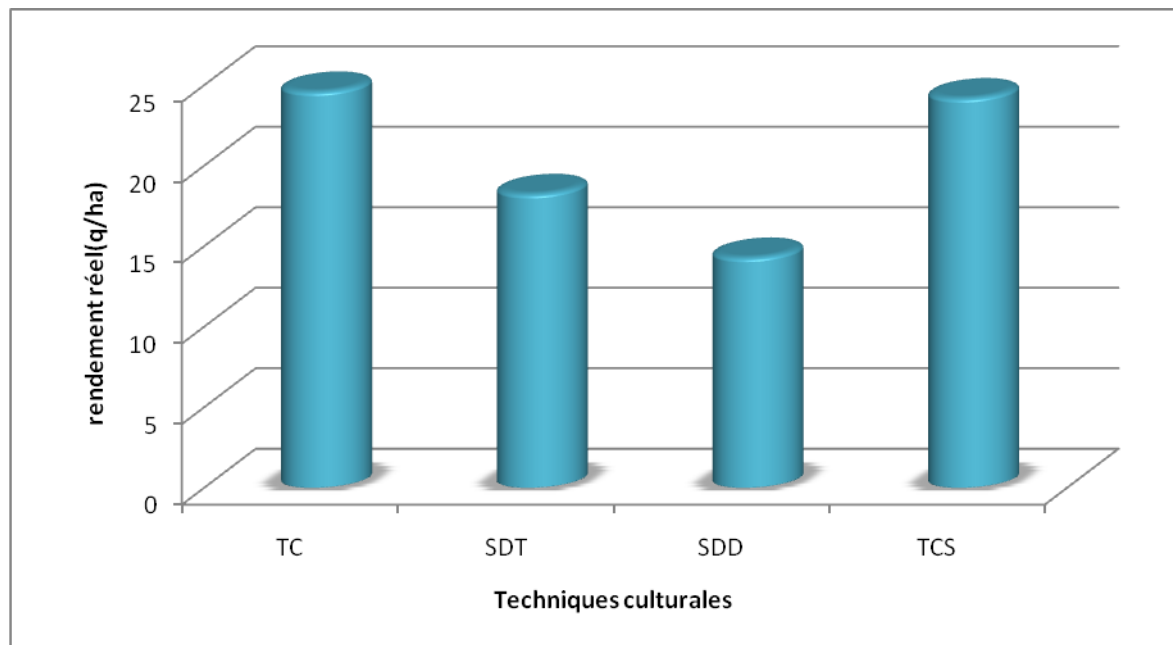
IV.5.6 Rendement réel en grains (q/ ha)

La moyenne de l'essai en rendements final en grains, elle s'élève 11,32 q/ ha avec un écart type de 2,32 q/ ha et un coefficient de variance de 20,49 %.

Selon les histogrammes de la figure n° 27, le rendement réel obtenu dans chacune des quatre technologies culturales diffère. Le semis direct à dent se place en premier avec une valeur de 13,33 q/ ha, suivi par le travail conventionnel (TC) (12,26 q/ ha), le TCS (11,72 q/ ha) et enfin, en dernière position le semis direct à disque (7,99 q/ ha). L'écart enregistré entre le semis direct à dent (SDT) et le travail conventionnel (TC) s'élève à 1,07 q/ha. L'amélioration de la production du semis direct est principalement liée à la fertilité de l'épi et au nombre de grains produit par unité de surface de sol semé donc aussi le PMG. Ces composantes sont très sensibles au déficit hydrique. Alors on peut dire que le bon rendement en grains par épi en semis direct (SDT) est une indication d'une meilleure disponibilité de l'eau dans le sol. C'est le résultat de la réduction de l'évaporation directe du sol et la meilleure utilisation de l'eau reçue au cours de la culture parce que le semis direct permet une meilleure exploitation du profile par les racines (DEBAEKE et ABOUDRARE, 2004).

Tableau 16: Résultats statistiques du rendement réel en grains.

Techniques culturales				Moy	ET	CV%
TC	SDT (à dent)	SDD (à disque)	TCS	11,32	2,32	20,49
12,26	13,33	7,99	11,72			



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

Figure 27: Effet de technique culturale sur le rendement réel en grains.

IV.5.7 Rendement de la biomasse

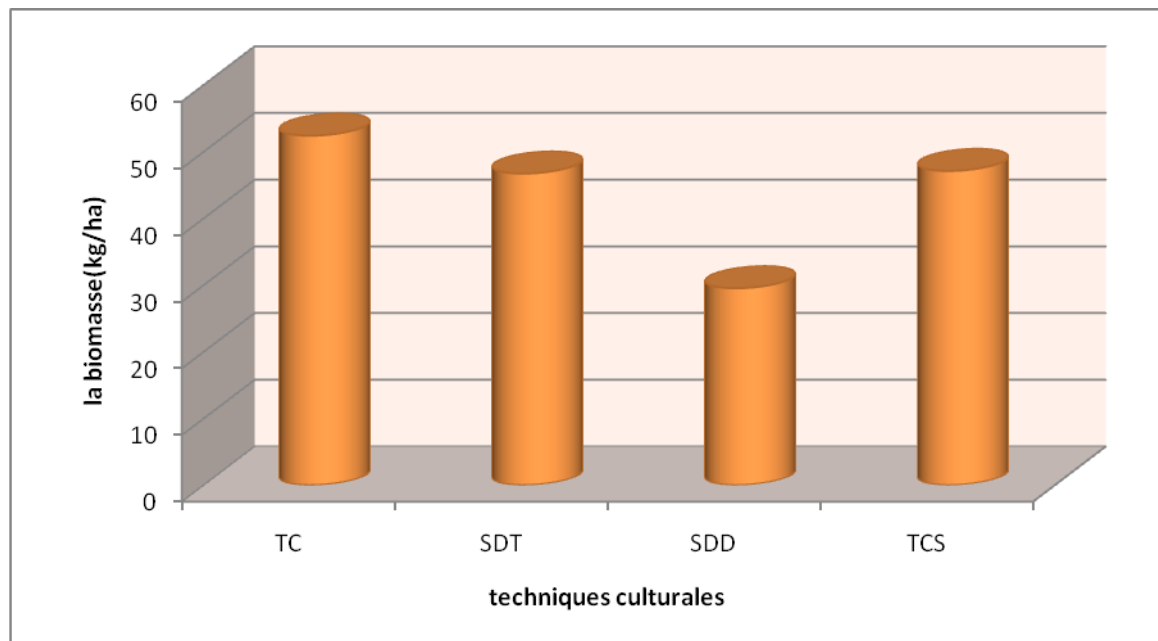
La moyenne générale de l'essai s'élève à 43,93 kg/ ha et un écart type de 9,95 kg/ ha et un coefficient de variance de 22,65 %.

Les moyennes varient de 52,39 kg/ ha comme valeur extrême pour le travail conventionnel (TC), technique culturale simplifiée (TCS: 47,10 kg/ ha), et semis direct à dent (SDT: 46,7 kg/ ha), et enfin, valeur minimale pour le semis direct à disque (SDD: 29,51 kg/ ha).

Ces résultats montrent que le travail conventionnel du sol a favorisé la production de biomasse c'est le résultat de plusieurs caractéristiques de la plante tel que le nombre d'épis produit par unité de surface et la hauteur de la plante. 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.

Tableau 17: Résultat des moyennes de la biomasse (kg/ ha).

Techniques culturales				Moy	ET	CV%
TC	SDT (à dent)	SDD (à disque)	TCS	43,93	9,95	22,65
52,39	46,7	29,51	47,10			



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

Figure 28: Effet des techniques culturales sur la biomasse (q/ ha).

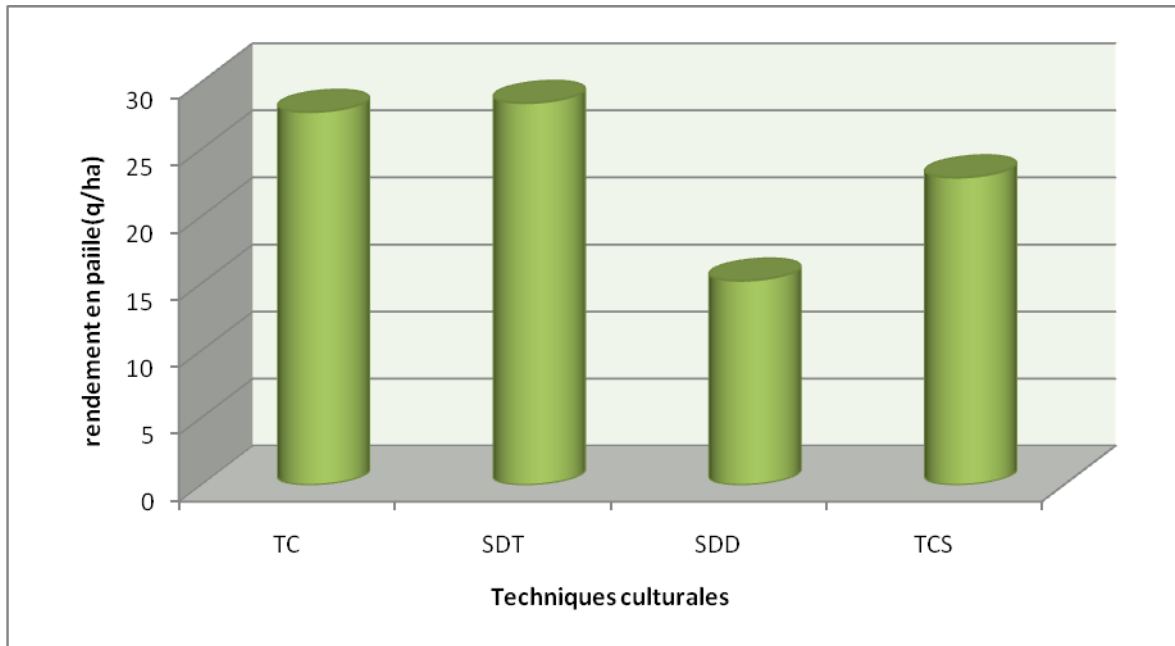
IV.5.8 Rendement en paille (q/ha)

La moyenne de l'essai s'élève à 23,59 q/ha et un écart type de 6,11q/ ha et un coefficient de variance de 25,90 %.

D'après l'analyse agronomique, des valeurs obtenus, le semis direct à dent (SDT) donne le plus haut rendement en paille (28,45 q/ ha), suivi par le travail conventionnel (TC), avec 27,78 q/ ha, le TCS avec 22,9 q/ ha et le faible rendement est obtenu par le semis direct à disque (SDD), avec 15,21 q/ ha.

Tableau 18: Résultats des moyennes pour le rendement en paille (q/ ha).

Techniques culturales				Moy	ET	CV%
TC	SDT (à dent)	SDD (à disque)	TCS	23,59	6,11	25,90
27,78	28,45	15,21	22,9			



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

Figure 29: Effet de technique culturale sur de rendement en paille (q / ha).

IV.5.9 Indice de récolte (%)

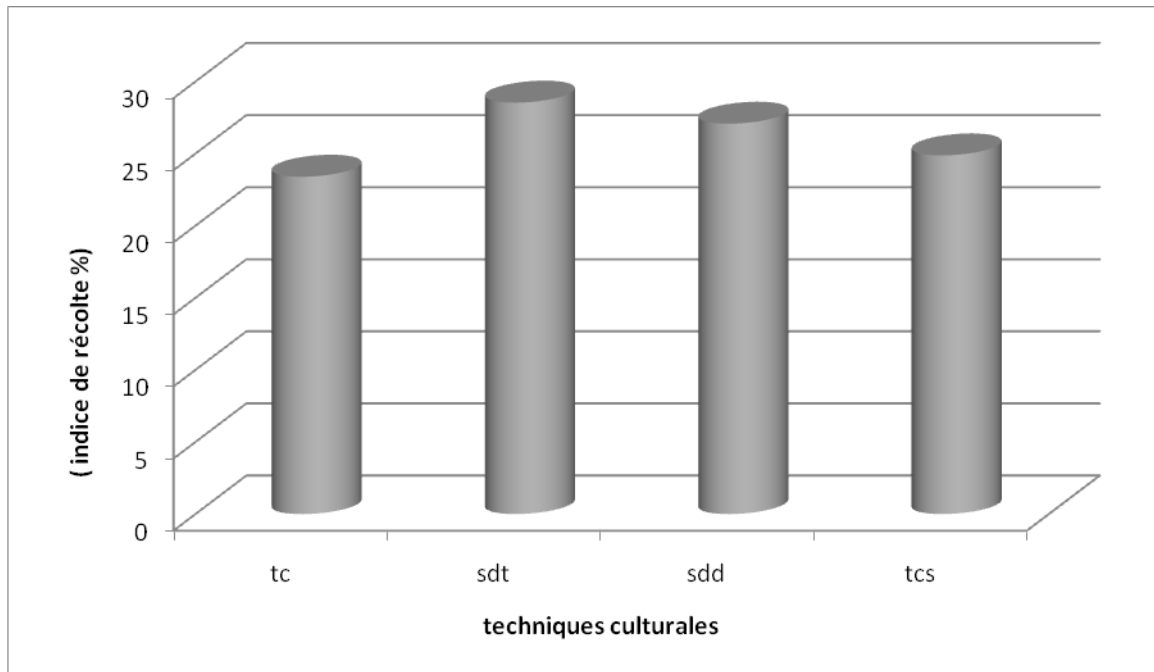
L'analyse des moyennes montrent que la moyenne générale de l'essai s'élève à 25,98 %, avec un écart type de 2,28 % et un coefficient de variance de 8,78 %.

Par technologie culturale, les moyennes sont illustrées par es histogrammes de la figure n° 30 révèlent des différences agronomiques appréciables. Pour la culture de céréale, présentée par variété *Bousselam*, l'indice de récolte le plus élevé est constaté en semis direct à dent (SDT), avec 28,54 %, suivi par le semis direct à disque (SDD: 27,08 %), technique culturale simplifiée (TCS: 24,88 %) et enfin, le travail conventionnel (TC: 23,40%).

Nous avons a pu conclure que les techniques culturales ont un effet certain sur le rendement et ses composantes, les meilleurs rendements ont été obtenu au niveau des parcelles travaillées avec les technique de conservation en premier le TCS, et juste derrière ceux du semis direct avec une légère supériorité, et c'était les conséquences du choix des techniques à mettre en place vu que le travail minimum (TCS) a eu un bon résultat par rapport aux autres techniques.

Tableau 19: Résultat statistique de l'indice de récolte (%).

Techniques culturales				Moy	ET	CV%
TC	SDT (à dent)	SDD (à disque)	TCS	25,98	2,28	8,78
23,40	28,54	27,08	24,88			



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

Figure 30: Effet de technique culturale sur de l'indice de récolte.

Conclusion

Conclusion

L'objectif de notre travail est d'étudier les résultats de la comparaison du comportement de la culture conduite de blé dur sous différents modes de travail du sol (travail conventionnel, travail cultural simplifié et semis direct à dents et à disque), puis comparer leurs effets sur les propriétés physico-chimiques, biologiques et mécaniques d'un sol argileux-limono et leurs conséquences sur le rendement et ses composantes pour une culture de blé dur en zone semi-aride, cas de Sétif.

Dans la zone semi-aride l'eau est le principal facteur limitant de la production agricole. La campagne agricole 2019/ 2020 considéré comme pluvieuse. La cumule s'élève à 421,24 mm avec une male répartition durant le cycle physiologique de la culture de blé notamment dans la période critique en fin de cycle.

Ce travail porte essentiellement sur l'analyse de l'évolution des principaux paramètres étudiées qui ont été nettement influencées par les quatre techniques culturales, notamment l'humidité, la densité apparente et la résistance pénétrométrique du sol. Nous avons analysé les paramètres physico mécaniques du sol tout au long du cycle de développement de la plante. L'analyse agronomique aussi nous a permis de suivi l'effet de ces techniques culturales sur : le profil hydrique, les propriétés physiques du sol, les caractères morphologiques, les composantes de rendement et le rendement final en grain pour mettre en évidence les conséquences de l'effet des techniques culturales sur le sol et la plante.

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

La mesure de l'évolution des humidités du sol en fonction du cycle cultural montre que les techniques de non labour (le semis direct à disque et le travail cultural simplifié) ont emmagasiné plus d'eau (18.90 % et 18 %), suivi par le travail conventionnel et le semis direct à dents. Cependant, l'application des techniques culturales sans retournement du sol voir du semis direct peut se manifester par des couches superficielles du sol se réchauffant plus lentement et présentant une plus forte teneur en eau en comparaison avec des sols travaillés conventionnellement. Ceci peut donner lieu à un ensemble de conditions de croissance plus favorables durant la période de développement des cultures au niveau du semis direct et le

TCS.

Pour la résistance pénétrométrique du sol a été beaucoup plus élevée dans les sols menés en semis direct (le semis direct à dents suivi par le semis direct à disque), puis dans ceux menés en travail simplifié par rapport à ceux travaillés avec la méthode conventionnelle.

La densité apparente du sol a été plus élevée dans le semis direct à dents (0,655 g/ cm³), suivi par la technique culturale simplifiée (0,637 g/ cm³), le semis direct à disque (0,626 g/ cm³) et le travail conventionnel (0,594 g/ cm³). La pratique du non labour résulte une amélioration de la densité apparente qui directement sur l'amélioration de la capacité de rétention en eau du sol.

Les techniques de préparation du sol modifient nettement le comportement du sol vis-à-vis de la porosité de la résistance pénétrométrique et particulièrement sur la conservation de l'eau. Alors le choix des techniques a donc un effet certain sur le développement des cultures.

Deuxièmement. L'analyse physiologique et agronomique montre les effets positifs du semis direct à dents sur le nombre des plants levés par type de technique culturale comparé à la technique culturale simplifiée et au travail conventionnel et semis direct à disque. La réussite du semis direct à dents est conditionnée en premier lieu par la réussite de la mise en place ce qui le permet de démarrer le cycle végétatif, en donnant un nombre élevé en plants levés (180 plants/ m²).

La culture de blé dur est mieux comportée en semis direct particulièrement pour les paramètres relatifs aux composantes de rendement. Les résultats ont montré que le rendement en grains a été mieux exprimé en conduite du semis direct à dents (13,33 q/ ha) comparé au travail conventionnel (12,26 q/ ha) et à la technique culturale simplifiée (11,72 q/ ha) et semis direct à disque (7,99 q/ ha). Nous avons également remarqué l'effet positif des techniques de conservation sur l'indice de récolte, il a été plus élevé dans le travail cultural simplifié (46.97 %) et le semis direct à disque (48.56 %) puis le travail conventionnel (46.97 %) et le semis direct à dents (39.08 %). d'où l'importance de choisir correctement le type des pièces travaillantes voir complètement les éviter.

Enfin les nouvelles techniques mises en place de la culture ne doivent pas être occultées dans le cadre de la céréaliculture des hauts plateaux. Ces techniques présentent un intérêt certain pour ces milieux là, dans entre autres la conservation du patrimoine sol et

l'amélioration des rendements des cultures à travers une meilleure utilisation de l'eau. Cette pratique agricole conservatrice permet aussi la réduction des charges de la mise en place de la culture, 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.

Il est donc nécessaire d'utiliser tous les savoirs des chercheurs concernant les techniques culturales conservatrices et les conjuguer avec les expériences des agriculteurs compétents. Il faut aussi les renforcer par un soutien financier de l'état dans le but d'avoir une meilleure utilisation et une parfaite maîtrise de ces techniques de conservation notamment le semis direct.

Ce travail mérite une continuité pour mieux comprendre les avantages et les inconvénients du non labour avant de l'adopter comme alternative aux techniques conventionnelles.

Références Bibliographiques

Références Bibliographiques

A

- **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 4ème 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.
- **Almaric N.,M Brezillon, Cre. Faiq , M. Shroeder, A. Tite. 2008.** La vulgarisation de l'agro-écologie : de la théorie au terrain. Octobre2008 projet INP-ENSAT/solagro. pp 1-4.
- **Angers D.,** "Evolution de la matière organique, l'activité biologique et la structure de sol sous pratique culturale de conservation". <http://www.durasol.qc.ca/pdf/angers-denis.pdf>, 2001.
- **Anonyme2002.** Semis direct : les secret de réussite in Ministère de l'agriculture et de l'alimentation Ontario ; <http://www.gov.on.ca/OMAFRA/French/envirennement/no-till.html>.
- **Anonyme 2005.** Conseil de production végétale du Québec in pratique de conservation en grandes cultures ;<http://www.agririsseau.qs.ca/agroenvirennement/no-till.html>.
- **Anonyme2006.** 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>
- **Arnold.,1972.** Le travail du sol pour une agriculture durable.
- **Arshad, M. A., Franzluebbers, A. J. & Azooz, R. H. 1999.** Components of surface soil structure under conventional and no-tillage in northwestern Canada. Soil & Tillage Research, 53, 41-47.

Références Bibliographiques

B

- **Baize D., 2000.** Guide des analyses en pédologie, Paris. Dao, T. H. 1993. Tillage and winter wheat residue management effects on water infiltration and storage. *Soil Science Society of America Journal*, 57, 1586-1595.
- **Balesdent J., C. Chenu, M. Balabane. 2000.** Relationship of soil organic matter dynamics to physical protection and tillage. *Soil and Tillage Research* **53**: 215-224.
- **Baumhardt, R. L. & Jones, O. R. 2002.** Residue management and tillage effects on soil water storage and grain yield of dry land wheat and sorghum for a clay loam in Texas. *Soil & Tillage Research*, 68, 71-82.
- **Benniou R., 2012.** Agriculture conservation rolls of moisture and soil organic matter semi-arid Journ of Mat. Env scn, 3(1), pp: 91-98.
- **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*
- **Bhattacharyya, R., Prakash, V., Kundu, S. & Gupta, H. S. 2006.** Effect of tillage and crop rotations on pore size distribution and soil hydraulic conductivity in sandy clay loam soil of the Indian Himalayas. *Soil & Tillage Research*, 86, 129-140.
- **Boame, A. 2005. Zero Tillage: A greener way for Canadian farms".** *Statistics Canada. Catalogue no. 21-004-XIE.*
- **Bouaziz. et M. Elmourid.** Validation des acquis de la recherche sur blé en irrigué. Projet PSDA, ORMA des Doukkala. El Jadida, Maroc (1999).
- **Bouzza, A. 1990.** Water conservation in wheat rotations under several management and tillage systems in semi-arid areas. Ph.D. Diss. University of Nebraska, Lincoln, USA. 200p.
- **Brown C., Hayes A., Johnson P., Schaafsma A., Skikema P., Shaw J., Taylor T., Lang K., Lobb D., 2003.** Semis direct les secrets de la réussite.

C

Références Bibliographiques

- **Carof, M. 2006.** Fonctionnement de peuplements en semis direct associant du blé tendre d'hiver (*Triticum aestivum* L.) à différentes plantes de couverture en climat tempéré Thèse de doctorat .INA PG.132 pages.
- **CDSR. 2001.** Le semis direct: potentiel et limites pour une agriculture durable en Afrique du Nord. Tanger-Maroc. p38.
- **Cedra C., 1993.** Les matériels de travail du sol, semis et plantation, Ed Tec, Doc. Volume III : pp : 384.
- **Chaker A. 2003.** Etude de l'effet des stress thermiques (chaleur et froid) sur quelques paramètres physiologiques et biochimiques du blé dur (*Triticum durum* Desf.). Mémoire. Magistère. Univ. Annaba.
- **Chenafi, H., Aïdaoui, A., Bouzerzour, H., & Saci, A., 2006.** Yield response of durum wheat (*Triticum durum*, Desf) cultivar Waha to deficit irrigation under semiarid growth conditions. *Asian Journal of Plant Science*, 5. 854-860.
- **Chevrier, A., Barbier, S. 2002.** Performances économiques et environnementales des techniques agricoles de conservation des sols création d'un référentiel et premiers résultats. Mémoire de fin d'études. Institut National de la Recherche Agronomique de Versailles Grignon Association pour la Promotion d'une Agriculture Durable. p.96.
- **Caneill J., et Bodet J.M., 1991.** Simplification du travail du sol et rendement des cultures, conséquences sur les systèmes de culture, pp :54-62.

D

- **Daniel et Galardon ., 2008.** Technique culturale sans labour en Bretagne. Guide pratique, Ed ARVALIS, 43p.
- **Debaeke, P. & Orlando, D. 1994.** Simplification du travail du sol et évolution de la flore adventice : conséquences pour le désherbage à l'échelle de la rotation. In Monnier, G., Thevenet, G., Lesaffre, B. (eds.), *Simplification du travail du sol*, INRA éditions, Paris (France), pp. 35-62.
- **Debaeke P. et Aboudrare A., 2004.** Adaptation of crop management to water limited environments. Dans : *Euro. J. Agronomy*, 21, pp. 433-446.
- **Diehl R., 1995.** Agriculture générale 2eme édition, Bénières. 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-

Références Bibliographiques

Fouda – diversité génétique et amélioration variétale. Les colloquents, n° 64, Montpellier .Ed .INRA, Paris 1993.

- **Don Lobb.**, 2003 - Semis direct : les secrets de la réussite in les pratiques de gestion optimales. Pp 1- 6.

E

- **EL-Barahli.**, 2001-2002. Le semis direct :potentiel et limite pour une agriculture durable en Afrique du nord Notions unies. <http://www.uneca-na.org/français/un/>.
- **El Titi, A.** 2003b. Interactions between tillage and earthworms in agro ecosystems, p. 229-260, In A. El Titi, ed. Soil tillage in agro ecosystems. CRC Press, New-York (USA).

F

- **Ferreras, L. A., Costa, J. L., Garcia, F. O. & Pecorari, C.** 2000. Effect of no-tillage on some soil physical properties of a structural degraded Petrocalcic Paleudoll of the southern "Pampa" of Argentina. *Soil & Tillage Research*, 54, 31-39.
- **Fortas B., Mekhlouf A., Hamsi K., Boudiar R., Laouar .A.M., Djaïdja 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.

G

- **Gate P.H.,** 1987. Mieux comprendre l'élaboration du nombre de grains par épi chez le blé. Dans : *Perspectives agricoles*, 114, pp. 38-51.
- **Griffon M** (2006) Nourrir la planète. Odile Jacob, Paris
- **Guedez P.Y.**, "Environmental aspects of Conservation Agriculture in Europe". *World Congress on Conservation Agriculture*, Madrid, 2001, 6p.
- **Guérif, J.** 1994. Influence de la simplification du travail du sol sur l'état structural des horizons de surface : conséquences sur leurs propriétés physiques et leurs comportements mécaniques. In Monnier, G., Thevenet, G., Lesaffre, B. (eds.), *Simplification du travail du sol*, Vol. 65, INRA éditions, Paris (France), pp. 13-33.

H

Références Bibliographiques

- **Heddadj D., C. Gascuel-Oudou, P. Cotinet, Y. Hamon.2005.** Mode de travail du sol, ruissellement et propriétés hydrodynamiques sur un dispositif expérimental de l'Ouest de la France. *Étude et Gestion des Sols* **12** : 53 – 66.
- **Hobbs, P. R. (2007).** Conservation agriculture: what is it and why is it important for future sustainable food production? *The Journal of Agricultural Science*, 145(2):127.
- **Howard A., R. Steiner, M. Fucuoka. 2006** : Techniques culturales simplifiées: fondateurs, Méthodes, Organisations et labels. *Etude et gestion des sols*, **23** : 39-45.

J

- **Jean-louis rastoin et el hassan benabderrazik, (2014).** Céréales et oléo protéagineux au Maghreb Pour un co-développement de filières territorialisées, institut de prospective économique ou monde méditerranéen.
- **Jordan, D., Stecker, J. A., Cacnio Hubbard, V. N., Li, F., Gantzer, C. J. & Brown, J. R.1997.** Earthworm activity in no-tillage and conventional tillage systems in Missouri soils: a preliminary study. *Soil Biology & Biochemistry*, **29**, 489-491.
- **Jean-Ropert F., 1999.** Inventaire et synthèse de référence françaises sur les effets de non-labour associés aux techniques simplifiées de semis , Mémoire de fin d'études ISAB, 59p.

K

- **Kacemi, M. 1992.** Water conservation, crop rotations and tillage systems in semi-arid Morocco. Ph.D. Dissertation. Colorado State University. Fort Collins, CO. USA. 200p.

L

- **Labreuche J., Bodet JM., 2001.** Matières organiques et activités biologiques des sols cultivés : conséquences des techniques de travail du sol, *Perspectives Agricoles*, n°272, octobre, p 54-57.
- **Labreuche, J., Viloingt, T., Caboulet, D., Daouze, J.P., Duval, R., Ganteil, A., Jouy,L., Quere, L., Boizard, H., et J. Roger-Estrade. 2007.** Evaluation des impacts environnementaux des Techniques Culturales Sans labour (TCSL) en France. Partie I: La pratique des TCSL en France. ADEME.
- **Laurent, F., Roger-Estrade, J. et Labreuche, J. (2014).** Faut-il travailler le sol? : Acquis et innovations pour une agriculture durable. Quae. Google-Books-ID : mVgmDwAAQBAJ.

Références Bibliographiques

- **Lopez-Bellido L.** 1992 - Mediterranean cropping systems. P: 311-356. In *Ecosystems of the World, Field crop ecosystems*. Pearson, C.J. (edt). Elsevier.
- **López MV., JL.Arrúe, V. Sánchez-Girón.** 1996. A comparison between seasonal changes in soil water storage and penetration resistance under conventional and conservation tillage systems in Aragon *Soil Till. Res.* **37**: 251-271.
- **Lyones, D.J., Hammer, G.L., Mclean, G.B. & Blumenthal, J.M.,** 2003. Simulation supplements field studies to determine no-till dry land corn population recommendations for semi-arid western Nebraska. *Agron. J.* 95: 884-891.

M

- **Maamri A., SILEM M.,** 2010. Contribution à l'étude de l'effet de semis direct sur la production céréalière en milieu semi-aride. Cas e la région de Beni fouda, Sétif, mémoire d'ingénieur INA El-Harrach pp :9-30.
- **Mahdi, M.,** 2004. Contribution à l'étude de la technique du semis direct sous pivot. Mémoire d'ingénieur INRA EL-Harrach.
- **Masse J., Labreuche J., Cariolle M., Reau R. ;** 2004. Techniques sans labour : bilan des expérimentations françaises. Communications du colloque du 31 mars 2004. Comité d'Orientation pour des Pratiques agricoles respectueuses de l'Environnement (CORPEN), 24-34.
- **Mathieu S.,** 2004. Techniques de travail réduit <http://www.clubsconseils.org/778-30k>
- **Mazoyer M.,**2002. La rousse agricole. Pp :270.
- **Meynard JM., T. Doré, M. Sebillotte.** 2001. L'évaluation et la conception de systèmes de culture pour une agriculture durable. CR. *Académie Agriculture de France*, **87** : 223-236.
- **Monnier, G., Thevenet, G., Lesaffre, B. (eds),** 1991. Simplification du travail du sol, INRA, édition, Paris (France), pp. 35-62.
- **Monnier G.,**1991. Simplification du travail du sol, introduction. Perspectives Agricoles,161,29-31.
- **Mouret J.C., Conesa A., Gaid A. et Monneveux P.,** 1988. Identification des facteurs de variabilité du rendement de blé dur en conditions hydriques limitantes dans la région de Sidi Bel' Abbes. *Céréaliculture* 23, 1-9.

Références Bibliographiques

- **Mrabet, R. 1993.** Revue bibliographique sur les systèmes de labour de conservation de l'eau et leurs effets sur le système sol-plante. *Al Awamia* 80:3-38.
- **Mrabet, R. 1997.** Crop residue management and tillage systems for water conservation in a semi-arid area of Morocco. Ph.D. Diss. Colorado State University, Fort Collins, CO. USA. 209p.
- **Mrabet, R. 2000a.** Differential response of wheat to tillage management systems under continuous cropping in a semiarid area of Morocco. *Field Crops Research* 66(2): 165- 174.
- **Mrabet, R. (2001).** Le semis direct : Potentiel et limites pour une agriculture durable en Afrique du Nord. Centre de développement sous-régional pour l'Afrique du Nord (CDSR), Nations Unies, Commission Économique pour l'Afrique (CEA/TNG/CDSR/ AGR), 32 p.
- **Mrabet R., 2001.** Le semis direct potentiel et limite pour une agriculture durable en Afrique du Nord ; <http://www.unca.na.org/> pdf.
- **Mrabet.,2008.** Agriculture de conservation : Guide pour les agriculteurs de l'Afrique du nord. INRA, Maroc pp :153.
- **Mrabet R., EH. Bourarach. 2001.** Le semis direct : une technologie avancée pour une agriculture durable au Maroc. *PNTTA* 76 :P 3-9.
- **Murphy SD., DR. Clements, S. Belaoussoff, PG. Kevan, CJ.Swanton. 2006.** Nitrogen accumulation with long-term no-till versus moldboard plowing overestimated with tilled zone sampling depths. *Soil and Tillage Research* 96:42-51.

N

- **Néron, F. (2011).** Petit précis d'agriculture : de la politique à la technique. France Agricole.
- **Nouiri I., M'hedbi K., Ben Hammouda M., Kammassi M., Neit El Arbi S., Ali Hannachi M., Guesmi L., Mannai C. et Hajji S., 2004.** Étude comparative de l'humidité des horizons du sol entre le semis direct et le semis conventionnel. Dans : *Actes des deuxièmes rencontres méditerranéennes sur le semis direct.*

O

- **Oulbachir K., Zoubeidi M., Kouadria M., Bouchenafa N., 2014.** Pratiques de conservation des agro systèmes en vue du développement durable (Conservation practices agro systems for sustainable development),ERVD2, 2345 p.

P

- **Pekrun, C., HP. Kaul, W. Claupin. 2003** Soil tillage for sustainable nutrient management. *Soil tillage in agroecosystems, CRC Press, New-York (USA)*, 83-113.
- **Prévost P., 2006.** Les bases de l'agriculture. Troisième Edition tec et doc. Lavoisier, pp : 190.

R

- **Rachid Mrabet, Sabah Lahlou, Yves Le Bissonnais, et Odile Duval,(2004).** Estimation de la stabilité structurale des sols semi-arides marocains. Influence des techniques culturales simplifiées ; <https://www.researchgate.net/publication/267808098>
<https://www.researchgate.net/publication/267808098>
- **Radford, B.J., B.J Bridge., R.J Davis., D. Mc Garry., U.P. Pillali., J.F Rickman., P.A. Walsh. Et D.F. Yue., 2000.** «Changes in the properties of avert sol and responses of wheat after compaction with harvester traffic», *Soil & Tillage Research*. V.54, n° (3-4), 155-170.
- **Rasmussen K J. 1999.** Impact of plough less soil tillage on yield and soil quality: a Scandinavian review. *Soil and Tillage Research*, **53**: 3-14.
- **Raunet, M., L. Séguy, et C. Fovet-Rabot. 1998.** Document obtenu sur le site Cirad du réseau <http://agroecologie.cirad.fr>. 23-28 Mars 1998, Anae, Cirad, Fafala, Fifamanor, Fofifa, Tala. Montpellier, France, Cirad, collection Colloques,658 p.
- **Raunet, M., L. Seguy, et C. Fovet-Rabot. 1999.** Semis direct sur couverture végétale permanente du sol: de la technique au concept. Rasolo, F. et M. Raunet (eds). In : *Gestion agrobiologique des sols et des systèmes de culture. Actes de l'atelier international, Antsirabe, Madagascar, 23-28 Mars 1998. CIRAD, collection Colloques, Montpellier, pp :41-52.*
- **Reicosky, D.C. 2001.** Conservation agriculture: Global environmental benefits of soil carbon management. Garcia-Torres et al. (edts). In: *Proceedings of I World Congress on Conservation Agriculture, Madrid 1-5, October. Vol 1:3-12.*
- **Rieu C. 2001 a.** Les enjeux économiques de la simplification du travail du sol ., Du labour au semis direct : enjeux agronomiques, conférence-débat INRA-ITCF, Salon International du Machinisme Agricole, février, p21-22, pp 22.

Références Bibliographiques

- **RIEU C. 2001 b.** La simplification du travail du sol, moyen d'adaptation des systèmes d'exploitation :Simplifier ? A quel prix...., perspectives agricoles, n°269, juin, p 8-10.

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.
- **Sebotté M., 1974.** Agronomie et agriculture. Essai d'analyse des tâches de l'agronome. Cahiers de l'ORSTOM, série biologie, 3, 3-25.
- **Seguy L., S. Bouzinac, C. Maronzi, 2001.** Système de culture et dynamique de la matière organique. [http // agro écologie. Cirad. fr/PDF/postlsfr](http://agroécologie.cirad.fr/PDF/postlsfr). Pdf.
- **Shster W., et Edward A., 2003.**Interaction between tillage earthworms in agro ecosystems in EL TITI "ad". Soil tillage in agro ecosystem. CRC press. New York "USA", pp:229.
- **Slama, A., Ben Salem, M., Ben Naceur, M., Zid ED. (2005).** Les céréales en Tunisie : production, effet de la sécheresse et mécanismes de résistance. Institut national de la recherche agronomique de Tunisie (INRAT). Univ. Elmanar. Tunisie. P62.
- **Soane, B. D., Ball, B. C., Arvidsson, J., Basch, G., Moreno, F. et RogerEstrade, J. (2012).** No-till in northern, western and south-western Europe: A review of problems and opportunities for crop production and the environment. Soil and Tillage Research, 118:66–87.
- **Soltner D., 1986.** Les bases de la production végétales: La plante et son amélioration.4èmeEd. Collection Sciences et Techniques Agricoles.
- **Soltner., 1988.** Les grandes productions végétales. Les collections science et technique agricoles, Ed. 17ème édition 71p .

T

- **Tebrügge, F. & Düring, R. A. 1999.** Reducing tillage intensity - a review of results from a long-term study in Germany. Soil & Tillage Research, 53, 15-28.
- **Tebrügge F. 2001.** No-tillage visions- protection of soil, water and climate and influence of management and farm income, In world congress on conservation agriculture-volume 1: keynotes contributions, pp 303-316.

Références Bibliographiques

X

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

Y

- **Young E. 2001.** Charges de structure : les rouage de mécanisation, cultivar le Mensuel, n°514,septembre, p26-28.

Z

- **Zaghouane, O., Abdellaoui, Z., Houassine, D. 2006.** Quelles perspectives pour l'agriculture de conservation dans les zones céréalières en conditions algériennes. Options Méditerranéennes : Série A. n. 69 p. 183-187.
- **Zouaoui G. 1993.** Etude en F1 et F2 des hybrides issus du croisement de 05 variétés de blé dur : détermination génétique des principaux caractères a intérêt agronomique. Mem. Ing. D'Etat. I.N.R.A El Harrach. Alger. 7p.

ملخص

الدراسة ركزت على سلوك زراعة القمح الصلب (صنف بوسلام) فيما يتعلق بمختلف تقنيات المحاصيل التي تتمثل في : تقنية البذر المباشر (المسنن والقرص)،التقنية المبسطة و الحرق التقليدي و البذر المباشرة بشكل رئيسي في المناطق شبه الجافة.الهدف من هذه التجربة مزدوج،تقييم التقنية الزراعية على بعض الخصائص الميكانيكية،الفيزيائية والمائية من الجانب الزراعي. النتائج بينت آثارا ايجابية في ما يتعلق بالبذر المباشر بالقرص من حيث مخزون المياه،والخصائص الفيزيائية والكيميائية. الدراسة الفيزيولوجية والزراعية للقمح بينت أن تقنية البذر المباشر المسنن أعطت مردودا عاليا مقارنة بالحرق التقليدي وتقنية الزراعة المبسطة و البذر المباشر بالقرص.

الكلمات المفتاحية: البذر المباشر،التقنية المبسطة،الحرق التقليدي،الرطوبة،المحافظة،القمح الصلب، شبه جاف،المردود.

Résumé

Ce travail porte sur l'étude comparative de l'effet des différentes technologies de travail du sol: le semis direct (à dent et à disque), la technique culturale simplifiée et le travail conventionnel sur le comportement de la culture de blé dur (*Triticum durum* Desf.), variété *Boussellem*, en zone semi-aride. L'objectif de l'expérimentation est double ; évaluer la technique culturale sur quelques propriétés physiques, mécaniques et hydriques et sur le plan agronomique. Les résultats obtenus montrent des effets positifs du semis direct (à disque) sur le profil hydrique, les propriétés physiques et mécaniques. L'analyse physiologique et agronomique de la culture du blé ressort un meilleur comportement avec le semis direct à dents, qui a donné un bon rendement comparé au travail conventionnel, la technique culturale simplifiée et le semis direct à disque.

Mots-clés : Semis direct, technique culturale simplifiée, travail du sol conventionnel, rétention, blé dur, semi-aride, rendement.

Summary

This work focuses on the comparative study of the effect of different soil working technologies: direct seeding, conventional technique and simplified technique on the development of durum wheat (*Boussellem* variety), in semi arid area. The purpose of this experiment is twofold; evaluate the cultivation technique on some physical, mechanical and hydric characteristics and on an agronomic level. The results obtained show that the direct seeding using a disk seeder expressed positively on the water profile, the physical and the mechanical characteristics. The agronomic and the Physiologic analysis of wheat cultivation showed a better behavior with the direct seeding using a tooth seeder, that gives the highest yield compared to conventional work and simplified technique, direct seeding using a disk seeder.

Key words: Direct seeding, simplified technology, conventional technique, water profile, durum wheat, semi-arid, yield.