

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou
Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences
Agronomiques



MÉMOIRE

Présenté par : **Kaci Dyhia et Ramdani Lynda**

Pour obtenir le diplôme de **Master**

Option : Science du sol

THÈME

**Contribution à l'étude de l'effet de la conservation des sols sur la
qualité des sols sous climat semi-aride.**

Soutenu le : 22/12 /2020

DEVANT LE JURY

PRESIDENT: M^r MERROUKI. K M.C.B UMMTO

PORMOTRICE : M^{me} BOUDIAF NAIT KACI.MM.C.A UMMTO

CO-PROMOTRICE: M^{lle} ISSAOUN.DD Doctorante UMMTO

EXAMINATRICE : M^{me} SETBEL.SM.C.A UMMTO

Année universitaire 2019/2020

Remerciement Remerciement

Au terme de cette étude, je remercie avant tout, **Dieu** le tout puissant de m'avoir guidé durant toutes mes années de formation et m'avoir permis la réalisation de ce présent travail.

Tout d'abord nous tenons à adresser nos plus vifs remerciements à Mme Nait Kaci.M, qui nous a permis de réaliser ce travail sous sa direction

Un grand merci pour

Mr Merrouki. , d'avoir accepté de présider

L'honorable jury

A Mme Issaoun .DJ pour sa disponibilité

A Mme Setbel.S

D'avoir examiné notre travail

A toutes les personnes qui de près ou de loin, ont

Contribué à l'élaboration de ce travail

A Mme GUERMAH Dyhia pour son aide précieuse

Dédicaces

A mes très chers parents,

Aucune dédicace aussi parfaite et douce soit-elle, ne saurait exprimer toute ma reconnaissance et tout l'amour que je vous porte. Jamais il n'aurais vu le jour sous les conseils que vous avez consentis pour mon éducation.
Que DIEU vous protège et vous accorde une longue vie pleine de santé et de bonheur.

A mes très chers frères et mes adorables sœurs,

Qui m'on beaucoup soutenu et m'encourager avec tous les moyens.

A toute ma famille, surtout ma tante et ma cousine,

A tous mes amis (es)

A toi Linda

Dyhia

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à :

À la personne qui est toujours avec moi, mon très cher père qui a sacrifié ses jours et ses nuits pour mon éducation et mon bien être, et pour tout ce qu'il a fait pour moi.

À ma très chère et douce maman, qui est toujours près de moi, m'encourage, me conseille, me soutien et qui n'a jamais cessé de prier pour moi. Aucun mot ne peut exprimer ce que tu mérites pour tous les sacrifices que tu as fait depuis ma naissance à ce jour. Merci maman, que dieu te garde et te protège.

À mes chères sœurs et mon cher frère

À mes chères copines thigiri, syhem, lylya, dyhia

À mon binôme dyhia

À toute ma famille Ramdani

Lynda

Liste des Abréviations

TCSL : Techniques Culturelles Sans Labour

SD : Semis Direct

FAO : Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (Food and Agriculture Organization of the United Nations)

TCS : Techniques Culturelles Simplifiées

SL : Sableux- limoneux

MO : Matière organique

cm : Centimètre

mg : Milligramme

ha : Hectare

SAU : Surface Agricole Utile

MT : Million Tonne

N : Azote

Km : Kilomètre

m : Mètre

ITGC : Institut Technologique des Grandes Cultures

mm : millimètre

TSBF : Tropical Soil Biology and Fertility

pH : potentiel d'Hydrogène

CO : Carbone Organique

CaCO₃ : Calcaire total

E : Equitabilité

H' : Indice de diversité de Shannon Weaver

H'max : Diversité maximale

Liste des Abréviations

NL : Non Labour

LC : Labour Conventionnel

N1 :
N2 :
N3 : } Les niveaux d'échantillonnage

ACP : Analyse en Composante Principale

Liste des figures

Figure 1 : Classification des techniques de travail du sol (Laurent et al ., 2014)

Figure 2 : Aspect superficiel d'une parcelle de semis direct et accumulation de la matière organique.

Figure 3 : Evolution de la production des céréales en Qx en Algérie (MADR ? 2013)

Figure 4 : Localisation de la wilaya de Sétif en Algérie

Figure 5 : Illustration de la méthode de TSBF (Tropical Soil Biology and Fertility) en quatre étapes

Figure 6 : Méthode d'échantillonnage du sol

Figure 7 : Une loupe binoculaire pour tri et dénombrement de la faune

Figure 8 : Variation du pH des sols de la station de l'ITGC de Sétif en fonction de travail du sol, de la culture et de la profondeur

Figure 9 : Variation de calcaire total en fonction de travail du sol, de la profondeur et de la culture installée

Figure 10 : Variation de carbone organique en fonction de travail du sol, de la culture et de la profondeur

Figure 11 : Abondance des invertébrés selon le travail du sol, les niveaux et la culture

Figure 12. Abondances relatives des individus et des espèces échantillonnés dans la station de l'ITGC

Figure 13 : Projection des variables selon l'ACP

Figure 14. Les cinq classes d'invertébrés donnés selon l'ACP.

Figure15. Quelques invertébrés récoltés

Liste des tableaux

Tableau 1 : Densité apparente relevée dans le contexte de non laboure.

Tableau 2 : Les successions des cultures étudiées et le type de travail du sol

Tableau3 : Relevés faunistiques.

Tableau 4 : Effectifs et Abondances relatives des individus et des espèces échantillonnés dans la station de l'ITGC.

Tableau 5: Valeurs de diversité de Shannon Weaver (H') , de la diversité maximale ($H' \text{ max}$), de l'équitabilité (E) et de la richesse spécifique des espèces à l'aide des différentes méthodes d'échantillonnages au niveau des micro-parcelles d'études

Tableau6. Les cinq classes d'invertébrés donnés selon l'ACP.

Sommaire

Sommaire

Liste des tableaux

Liste des figures

1ère partie : Généralités

Introduction générale.....	1
-----------------------------------	----------

Chapitre I : Les techniques de travail du sol

1. Introduction	2
2. Les techniques de travail du sol	2
2.1. Le travail conventionnel du sol	3
2.1.1. Les avantages de travail conventionnel	4
2.1.2. Les inconvénients de travail conventionnel	4
2.2. Le semis direct	5
2.2.1. Les avantages de semis direct	5
2.2.2. Les inconvénients de semis direct.....	6
2.3. Techniques culturales simplifiées	6
2.4. L'effet du travail du sol sur les propriétés de sol	6
2.4.1. Effets du semis direct sur les composantes du sol	6
2.4.1.1. Sur les composantes physiques	6
A- Structure du sol	7
B- Densité apparente	7
C- Porosité du sol	8
D- Conservation de l'eau	8
2.4.1.2. Sur les composants chimiques.....	8
A- Matière organique	8
2.4.1.3. Sur les composants biologiques	8
A- Organismes du sol.....	9
2.4.2. L'effet du travail conventionnel sur les composantes du sol	9
2.4.2.1. Sur les composants biologiques	9
A- Sur les composants biologiques	9
2.4.2.2. Sur les composants chimiques	9

Sommaire

A- Matière organique	9
2.4.2.3. Sur les composants physiques	10
A- Structure du sol	10

Chapitre II : Les céréales et les légumineuses

1. Introduction	11
2. La céréaliculture	11
3. La situation de la céréale en Algérie	11
4. L'agriculture de conservation et le comportement de la céréale.....	12
5. Importance de légumineuses dans le système de culture	13
6. Effets des légumineuses sur les fonctionnements du sol.....	14

2ème partie : Matériels et méthodes

-Situation géographique de la région de Sétif	15
1. Présentation géographique	15
2. Le site d'étude	15
2. 1.Localisation et conditions expérimentales	15

Chapitre I : Matériels utilisés

1. Matériel utilisé sur terrain	17
2. Matériel utilisé au laboratoire	17

Chapitre II : Méthodes utilisées

II.1. Méthode d'échantillonnage	18
II. 2. Extraction des invertébrés.....	19
II. 3. Tri, dénombrement	19
II .4 . Identification.....	20
II.5.Caractérisation des sols.....	20
II.5.1. Détermination du pH des sols.....	20
II.5.2. Dosage du carbone organique	20
II.5.3. Dosage du calcaire total.....	21

Sommaire

II.6.Exploitation des résultats par des indices écologiques	21
II.6.1.Exploitation des résultats par des indices écologiques de composition	21
II.6.1.1.La richesse spécifique totale	21
II.6.2. La fréquence centésimales ou abondance relative	21
II.6.3. Indice de diversité de Shannon-Weaver, la diversité maximale et l'équitabilité	22
II.6.3.1. Indice de diversité de Shannon-Weaver	22
II.6.3.2.Indice de diversité maximale	22
II.6.3.3. L'équitabilité	23
II.6.4. Analyses statistiques	23

3ème partie : Résultats et Discussion

I. Caractéristiques chimiques des sols	24
I.1. pH.....	24
I.1. 1. Variation des pH des sols de la station de l'ITGC de Sétif.....	24
• Effet du type de travail du sol	24
• Effet culture	24
• Effet profondeur	24
I.2. Calcaire total	25
I.2. 1. Variation du taux de Calcaire total de la station de l'ITGC de Sétif	25
I.3. Carbone organique	26
I.3 .1. Variation du taux de carbone organique dans la station de L'ITGC de Sétif.....	26
• Effet travail du sol	27
• Effet culture	27
• Effet profondeur	28
II. Variation de l'abondance des invertébrés selon les niveaux	28
III. Relevé faunistique	28

Sommaire

IV. Effectifs et abondance relative des individus et des espèces échantillonnés dans la station de l'ITGC	30
III. Indices de diversité de Shannon Weaver, diversité maximale et équitabilité appliqués aux espèces échantillonnées.....	31
IV. Analyse en Composantes Principales (ACP)	32
Conclusion	37
Références bibliographique	38

Introduction

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

En Algérie le phénomène de dégradation du sol est présent sur les hautes plaines, zone céréalière, à cause de déficit hydrique, des pratiques culturales inadaptées et de la surexploitation des terres qui ne vont pas de paire avec l'évolution pédoclimatique du milieu, la technique de travail du sol classique avec labour a atteint ses limites de développement dans certaines régions, les terres labourées sont sujettes à l'érosion et pour limiter ce phénomène le recours aux techniques culturales simplifiées et au semis direct seraient une alternative viable (Abellaoui et al, 2010) Il a été démontré que ce système permettait de rétablir la fertilité des sols (Ito et al., 2006), la macroporosité, l'humidification et la minéralisation de la matière organique du sol (Francis et Fraser, 1998). Ces processus améliorent la structure, la rétention d'eau, et les propriétés chimiques et nutritionnelles du sol (Lal, 1988 ; Klodivko, 2001 ; Ouedraogo et al., 2006).

L'objectif de cette étude était de comparer les impacts de semis direct et travail

conventionnel du sol sur les propriétés chimiques, l'abondance, la densité et diversité taxonomique de la faune du sol de la station expérimentale de l'Institut Technique des Grandes Cultures de Sétif.

Ce mémoire est rédigé de la façon suivante :

Le premier chapitre présente une synthèse bibliographique qui comporte les axes :

Le deuxième chapitre présente les différents matériel et méthodes utilisés.

Et en fin le troisième chapitre donne les résultats obtenus et leurs interprétations.

Chapitre I

Introduction

Le travail du sol est l'ensemble des opérations mécaniques fragmentant le sol, il tient une place dans les systèmes de cultures comparés aux autres techniques agricoles, son impact sur les caractéristiques des sols cultivés est en effet plus global (Labreuche et Laurent, 2014). L'objectif principal est de permettre un développement des plantes dans les meilleures conditions possibles, afin d'obtenir une production optimale, avoir un état du sol favorable à la mise en place des cultures et à leur développement racinaire (Néron, 2011). Il permet l'entretien du sol et la réorganisation de sa structure. Cependant, le travail du sol occupe une place particulière, en raison de l'importance de son effet sur l'état de la parcelle cultivée ; la préparation du sol affecte en effet l'ensemble des composantes physiques, chimiques et biologiques des sols cultivés (Guillemanet *al.*, 2003).

Les techniques du travail du sol

Le choix du mode de travail du sol peut influencer de façon positive ou négative la dynamique de la structure, des micro-organismes et de la matière organique dans les sols et agir par conséquent sur leur productivité (N'dayegamiye, 2007).

/Il existe une grande diversité de type de travail du **sol et ce** pour plusieurs raisons :

La première est qu'il existe de nombreux types d'outils différents, la deuxième, est qu'il y a une multitude de manières de les combiner. De plus, d'autres éléments tels que les conditions du milieu et les conditions d'utilisation (vitesse d'avancement, réglage, profondeur d'action, ...) influenceront également le résultat final de la préparation du sol. /Cependant de manière générale, en allant d'un travail superficiel à un travail profond, les coûts en énergies fossiles et les charges de mécanisation augmentent (Laurent et *al.*, 2014).

L'Agriculture de Conservation inclut toute pratique qui réduit, modifie ou élimine le labour et qui limite l'enfouissement des résidus afin d'en maintenir suffisamment à la surface du sol tout au long de l'année (Ribeiro, 2007). Il existe plusieurs types de techniques qui ont toutes en commun, à la déférence du labour, de ne pas induire un de mélanger les résidus au sol sans retourner ce dernier : c'est ce qui se produit avec la plupart des outils employés dans le cadre des techniques culturales sans labour (TCSL) (Laurent et *al.*, 2014). Le semis direct (SD) désigne plus spécifiquement une technique n'impliquant aucun travail du sol (Vankeerberghen et *al.*, 2014).

Trois critères peuvent être utilisés pour caractériser le type de travail du sol : l'effet que l'outil a sur le sol et sur les résidus de culture, la profondeur de travail et la

proportion de la surface de la parcelle effectivement travaillée (Laurent et *al.*, 2014)
(Fig.1).

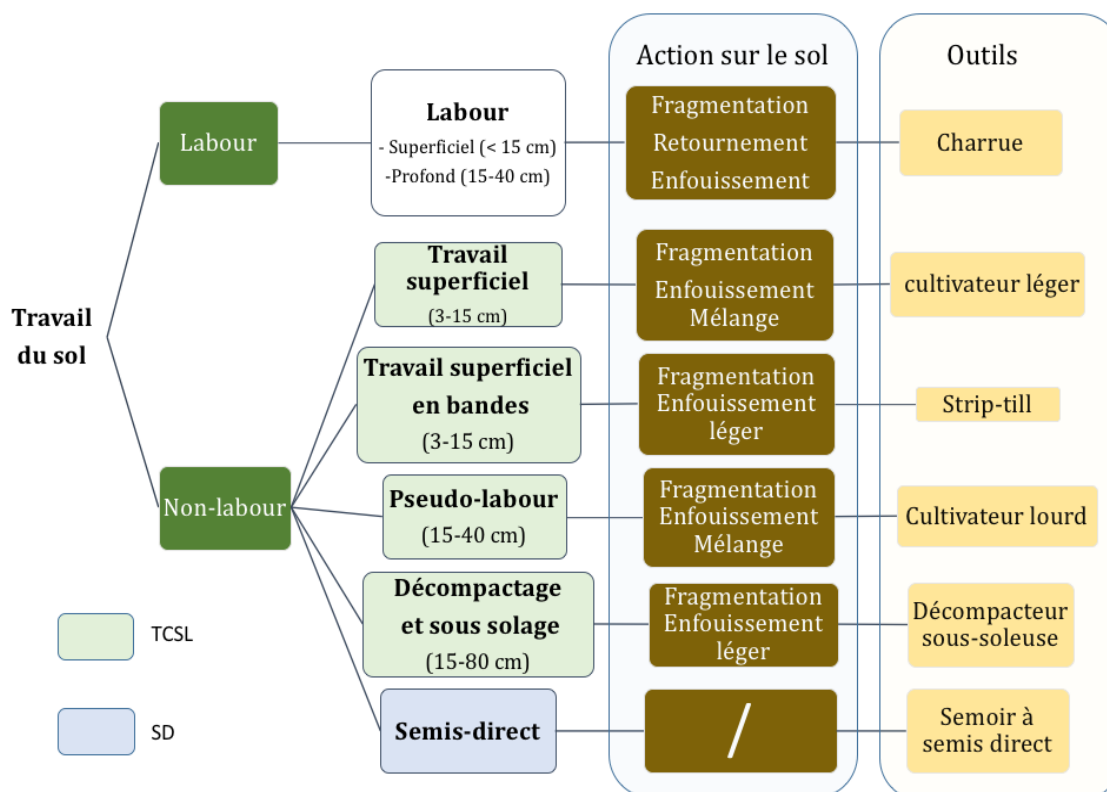


Figure 1. Classification des techniques du travail du sol (Laurent et *al.*, 2014).

1/ Le 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 (Arnon, 1972). Généralement, la préparation de lit de semence est réalisée en trois étapes :

a. Travail primaire

Le travail primaire est un travail profond avec retournement appelé labour il consiste à découper et retourner une bande de terre, Cette opération se réalise à l'aide du charrue versoirs dont il existe plusieurs types de charrues, à socs et à disques.

b. Travail secondaire

Le travail secondaire dénommé reprise de labour ou pseudo labour a pour objectif d'ameublissement du sol sans retournement c'est-à-dire la réduction de la taille des mottes issues du labour. Pour réaliser le travail secondaire on fait appel soit aux outils à disques et à dents ou défaut à des outils animés (cultivateur animé) (Boisgontier, 1995).

c. Préparation de lit de semence

La préparation de lit de semence est la troisième et la dernière étape du travail conventionnel, cette opération dont l'action est superficielle (dite aussi façon superficielles) est destinée à affiner la préparation de lit de la semence. On distingue le hersage et éventuellement le roulage. En général, le hersage est pratiqué avant le semis tandis que le roulage est réalisé avant ou après le semis (Boisgontier, 1995).

1.1-Les avantages

Les façons culturales tel que pratiquées, visent une amélioration physique et mécanique du sol, Néanmoins, on constate que le travail du sol affecte les propriétés chimiques et biologiques également. A cet effet, on peut citer parmi les avantages du travail conventionnel :

- Amélioration de la structure du sol (aération, infiltration) (Mahdi, 2004).
- Enfouissement de la matière organique et des engrais peu solubles.
- Lutte efficace contre les mauvaises herbes et certains parasites.
- Amélioration du stockage de l'eau dans le sol et limitation des pertes d'eau par évaporation

1.2-Les inconvénients

La zone semi-aride des hautes plaines céréalières de l'Est, se caractérise par un climat aléatoire et capricieux ou le volume pluviométrique est régulièrement irrégulier. Cette situation se trouve accentuée par le manque de matériel (notamment de traction) fait que certains travaux du sol réalisés durant les périodes défavorables, provoquant ainsi l'effet inverse attendu.

On reproche à cette technique qui retourne le sol, les inconvénients qui suivant :

- Il favorise l'érosion éolienne et hydrique par l'action de vent et de l'eau qui peut être très importante dans les sols fragiles (Seguy et al. 2001).
- Une disparition de la couche superficielle de la matière organique (Mahdi, 2004).
- L'assèchement de la faune comme vers de terre en les exposants aux pesticides, en ne les incitant plus à remonter chaque nuit en surface, puisqu'ils trouvent la matière organique enfuie. Leur travail d'aération du sol est donc diminué ou interrompu en surface. La diminution de la biomasse en vers de terre, associée à la disparition de l'humus diminuent rapidement et fortement la capacité du sol à l'infiltrer et retenir l'eau.
- La compaction du sol introduite par les machines. Un coût élevé et une lenteur dans la réalisation des travaux

2/ Le semis direct

Selon MRABET (2001), le semis direct est un système conservatoire de gestion des sols et des cultures, dans lequel les semences sont placées directement dans le sol qui n'est jamais travaillé. Dans le système de semis direct, les opérations se limitent à l'ensemencement de la culture sans travail du sol. Le non labour, ou agriculture sans labour et zéro –labour sont des

synonymes du semis direct dans le contexte de l'agriculture de conservation, qui est un nouveau mode d'exploitation des ressources naturelles du sol et de l'eau. Cette agriculture a été mondialement diffusée au nom du développement durable (SEGUY et al. 2001 ; ARES, 2006, GROSCLAUDE et al. 2006 ; LAHMAR, 2006 ; FAO, 2007 ; ALMARIE et al., 2008 ; EL-AISSAOUI et al ; 2009, EL-BERAHLI, 2009 ; E BRAHLI et al., 2009, SERPANTIE, 2009).

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



Figure2. Aspect superficiel d'une parcelle de semis direct et accumulation de la matière Organique.

• **Système de semis direct en Algérie**

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

2.1.Les avantages de semis direct sous couverture végétale Les performances techniques du semis direct se résument en,

- Améliore l'humidité du sol (Klein et al. 2002 in Bouzerzour et al.200).
- Préviend l'érosion (Seguy et al. 2002; Almaric et al. 2008).
- Augmente l'infiltration (Mrabet, 2001).
- Réduit l'évaporation (Mrabet, 2001).

- Tamponne les températures.
- Développement de l'activité biologique (Thomas, 2006).
- Contrôle les adventices (Nalewaja, 2001).
- Contrôle de la faune (Taupin et Bousquet, 2005)
- Accroît le taux de matière organique du sol et fournit des nutriments aux plantes. (Chevrier et Barbier, 2002).
- Réduction de la fertilisation minérale par rapport à l'agriculture conventionnelle.
- Rendement économiques (Mrabet et Bourarach, 2001), est meilleurs par rapport au conventionnel en cas de sécheresse. (Raguin, 2008).

2.2. Les inconvénients de semis direct

- Difficultés de contrôle des mauvaises herbes.
- La présence d'une grande quantité de résidus en surface ou leur mauvaise gestion, rend le sol plus froid et la croissance initiale de la plante plus lente, (Aibar, 2006 ; Daniele et Glardon, 2008).
- Ces résidus favorisent une prolifération des limaces qui affectent la levée des plantes.
- Incidence des maladies causées par les champignons qui peut augmenter avec des températures plus fraîches et une humidité très élevée. (Aibar, 2006);

3/ techniques culturales simplifiées

Les TCS sont souvent une étape avant la conversion à l'agriculture de conservation et caractérisent la troisième révolution agricole. L'origine de leur développement dans les pays européens vient de la chute des cours des céréales dans les années 90 puis de l'augmentation du prix des carburants. Ces deux facteurs ont engagé les agriculteurs à réfléchir à leurs coûts de production. Ceci a conduit certains cultivateurs à supprimer un poste important en main d'œuvre et en carburant: le labour. De l'adoption de ces nouvelles techniques en a découlé des avantages agronomiques. Ces techniques agricoles permettent de valoriser la diversité des agroécosystèmes en proposant des solutions adaptées aux situations locales tout en diminuant l'énergie injectée dans le système. Les couverts végétaux ont ensuite été intégrés à ces techniques culturales. L'activité biologique du sol en est favorisée. Cette démarche poussée à son maximum, l'agriculture de conservation, est soutenue par la FAO.

4/ L'effet du travail du sol sur les propriétés de sol

4.1. Effets du semis direct sur les composantes du sol

4.1.1. Sur les composantes physiques

A- Structure du sol

La structure du sol est le résultat, à un moment donné, de l'équilibre entre les phénomènes de tassement ; par le passage d'engins agricoles, conditions humides d'intervention, de fragmentation ; par le climat, la faune et/ ou le travail du sol, d'agrégation ; par des

compactions modérées ou par le climat et/ ou la faune et de déplacement du sol par le travail du sol (ROGER-ESTRADE et al., 2002). Il en résulte que la structure du sol est très variable au sien des couches de sol cultivées non seulement dans le temps (sous l'action des système de culture, du climat), mais aussi dans l'espace, présente donc une forte variabilité spatiale des conditions locales de circulation d'eau, d'activité biologique et d'aération (BOIZARD et al., 2004). Des résultats d'essais de différentes techniques de semis du blé dur ayant montré que la stabilité structurale est meilleure dans le semis direct car, en surface et la matière organique y est plus abondante (BENNIOU, 2008 ; BELLEMOU, 2012).

B- Densité apparente

La densité apparente constitue une première estimation de la porosité globale du sol la densité apparente est principalement contrôlée par plusieurs facteurs (STRUDLEY et al., 2008):

- Cultureux: le travail du sol par la fragmentation du sol et la création d'une porosité artificielle. A l'inverse du passage répété d'engins tasse le sol et peuvent diminuer la porosité, notamment en cas de sol lourd;
- Hydrologiques: l'alternance des cycles des humectations- dessiccations en relation avec la présence d'argile dans le sol. Les périodes de dessiccation favorisent l'ouverture des fontes.
- Biologiques: liées l'activité de la méso-faune et au développement racinaire. De fait, la question du changement de la densité apparente peut-elle se poser essentiellement en semis direct en raison de l'absence complète de travail du sol.

Alors, la porosité est essentiellement d'origine biologique: lombrics, développement racinaire. Les études actuelles mettent en valeur les points suivants:

A court terme, c'est-à-dire moins de 10 ans, en semis direct, on constate fréquemment une augmentation de la densité apparente des 20 premiers centimètres (CULLEY et al., 1987; RASMUSSEN, 1999; KAY et VANDENBYGAART, 2002; LAMPURLANES et CANTERO-MARTINEZ, 2006; STRUDLEY et al., 2008) comme le montre le tableau 01. Cependant, comme le soulignent KEY et VANDEN (2002), il reste difficile à interpréter les différences de la densité apparente du sol, car les données précises des itinéraires techniques sont rarement mentionné: nombre et conditions de passages, outils et les caractéristiques des terrains travaillés.

Tableau 01. Densité apparente relevée dans le contexte de non-labour

Rotation	Pratique	Texture	Profondeur (cm)	Densité apparente
4ans : Soja-Blé-Pois	Charrue	SL	0-7.5	1.34
	Charrue	SL	7.5-15	1.35
	Charrue	SL	15-22.5	1.39
	SD	SL	0-75	1.35
	SD	SL	7.5-15	1.35
	SD	SL	15-22.5	1.38

C- Porosité du sol

La porosité du sol est une caractéristique majeure contrôlant les propriétés hydrodynamiques du sol et le développement racinaire des plantes, mais aussi un indicateur physique de la qualité du sol influencé par les différentes techniques culturales (LAHLOU, et al. 2005). Dans les premiers centimètres de sol, la distribution de la taille des pores est modifiée en l'absence de travail du sol. La méso porosité et/ou la macroporosité diminuent dans un sol mis direct par rapport un sol labouré (HILL, 1990 ; PIERCE et al. 1994; HUSSAIN et al. 1998; FERRERAS et al., 2000); l'écart entre les deux situations culturales est particulièrement marquée après le travail du sol (PIERCE et al., 1994).

D- Conservation de l'eau

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 et les travaux simplifiés permettent une meilleure rétention en eau par rapport au labour conventionnel avec la charrue au soc.

.4.1.2. Sur les composants chimiques

A. Matière organique

La matière organique est un composant important dans le sol, leur présence permet l'apparition des meilleures propriétés physico-chimiques pour le développement des végétaux. 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). D'après des études comparatives des techniques de travail du sol montrent que les meilleurs teneurs en matière organique dans le sol sont mesurés sur le non labouré (ABDILLAOUUI et al. 2010). 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.

.4.1. 3. Sur les composants biologiques

A- Organismes du sol

Les modifications des conditions climatiques en semis direct, avec des écarts en eau plus élevés (KLADIVKO, 2001) sont favorables à l'activité et à l'augmentation de la biomasse microbienne dans les premiers centimètres de sol (ROPER et GUPTA, 1995). Cette augmentation s'observe pour la population bactérienne comme pour la population fongique (WARDLE, 1995). De nombreuses études montrent que dans les systèmes de travail du sol de conservation, la biomasse microbienne présente une forte stratification verticale tandis qu'elle est répartie de façon homogène sur la profondeur de la couche de sol labourée (ANDRADE et al. 2003). L'augmentation de la MO en surface grâce au semis direct favorise la biomasse et la diversité microbienne dans la partie superficielle du sol. En effet, la zone 0-5 cm voit une augmentation significative des bactéries mais aussi l'apparition de nouvelles espèces non présentes en labour. Les champignons, aussi favorisé sous semis direct, participent activement à l'agrégation des sols ce qui a pour conséquence une meilleure stabilisation.

4.2. L'effet du travail conventionnel sur les composantes du sol

4.2.1. Sur les composants biologiques

Le travail du sol modifie les propriétés structurales du sol, sa porosité et la répartition des matières organiques fraîches restituées ou apportées. Il affecte ainsi les organismes du sol directement en les blessant, les tuant ou en les exposant au risque de prédation (Roger-Estrade et al., 2010) et indirectement en modifiant leur habitat et la localisation des sources d'éléments nutritifs. La diminution de la taille des pores va affecter les organismes en fonction de leur taille. L'existence d'un mulch de débris végétaux en surface va constituer un abri et limiter l'exposition des organismes à la sécheresse. Les conditions d'aération, de température, d'humidité et de pénétrabilité par les racines (Huwe, 2003) qui sont indirectement modifiées par le travail du sol, impactent également les habitats des organismes. Le travail du sol modifie donc l'écosystème du sol en modifiant la diversité des espèces, leurs abondances et leurs activités (Altieri, 1999), de façon plus ou moins importante selon sa fréquence et son intensité (degré de fragmentation et profondeur de travail). Ces effets sur les organismes vivants du sol se traduisent par des modifications de services écosystémiques. Ces changements peuvent être bénéfiques pour la production lorsqu'ils favorisent par exemple le développement d'organismes auxiliaires (e.g. carabes) ou des ingénieurs du sol (e.g. vers de terre) ou néfastes lorsqu'ils provoquent une augmentation des populations de ravageurs (e.g. limaces). Les autres éléments techniques de gestion des systèmes de culture (rotation des cultures, matière organique, utilisation de pesticides...) peuvent modifier les réponses des organismes du sol au travail du sol. Il est toutefois possible de faire ressortir les effets spécifiques du travail du sol sur ces organismes. De nombreuses études montrent qu'en règle générale, une baisse de l'intensité des interventions mécaniques augmente la densité et la diversité des organismes du sol, même si cette réponse peut être très variable selon les espèces considérées (Kladivko, 2001).

4.2.2. Sur les composants chimiques

A. Matière organique

Le labour avec une charrue à versoirs entraîne un retournement de la couche superficielle de sol. Les impacts sont :

- Des résidus de culture placés en profondeur ;
- Une baisse de la teneur en matière organique du sol en surface et dans le profil labouré
- Une homogénéisation de la teneur en matière organique de la couche labourée après

Plusieurs années d'utilisation du labour.

4.2.3. Sur les composants physiques

A. Structure du sol

De nombreuses études (Angers et al. 1993) ont montré que la stabilité de la structure du sol de surface est généralement plus grande dans les champs en semis direct que dans ceux travaillés de manière conventionnel (labour). Les principales raisons pouvant expliquer cet effet sont que :

- Le labour fait diminuer la quantité de matière organique en surface

- L'activité biologique est plus faible en surface à la suite du labour;
- L'action mécanique du labour brise les agrégats formant la structure du sol ;
- La présence abondante de vers de terre en semis direct favorise le développement d'un réseau de galeries et de pores qui améliore la structure du sol.

Chapitre II

- **Introduction**

Les céréales et les légumineuses sont les cultures les plus fréquentes dans les hauts plateaux de l'ouest algérien. Mais l'on commence à s'inquiéter des rendements très faibles enregistrés ces dernières années malgré l'utilisation des engrais. C'est pour cette raison qu'un bon nombre de chercheurs se penche sur les méthodes de travail du sol et leurs effets sur les propriétés physiques et biologiques du sol ((Mrabet et al., 1993; Kacemi et al, 1995). Les cultures conduites sous régime pluvial sont souvent soumises à des déficits hydriques, de durée variable, causés par l'épuisement des réserves d'eau stockées dans le sol. Ce déficit hydrique, qu'il soit prolongé ou de courte durée, affecte inéluctablement, d'une manière négative, les rendements des cultures (H. Ben Hassine, et al). De nombreux travaux montrent que le remplacement du labour par un travail simplifié entraîne une augmentation de la densité du sol. En conséquence, la porosité totale diminue en non travail du sol dès les premières années de la mise en place du système (Guérif, 1994 ; Rasmussen, 1999 ; Maillard et al, 1995). Eynarda et al. 2004 pensent que c'est un indicateur d'une augmentation du rôle de l'activité biologique dans la formation des pores. Tebrügge et Düring (1999) montrent que le labour crée artificiellement une grande proportion (50%) de pores supérieurs à 120 µm dont le volume diminue rapidement durant la période hivernale, ce qui fait baisser la porosité totale. Le non travail conserve une porosité totale plutôt constante voire en légère augmentation. Les résultats récents en zone semi-aride marocaine ont montré que la qualité physique et chimique des horizons superficiels du sol est nettement améliorée sous le système de non travail du sol par rapport au labour conventionnel (Mrabet et al. 2001b). Ainsi, une meilleure séquestration en matière organique a été enregistrée pour un sol argileux gonflant après 11 ans d'expérimentation. Le système de non travail du sol a permis un stockage de 3,36 mg.ha⁻¹ de carbone organique de plus que le système conventionnel (Mrabet et al. 2001). 2643-7666 (article)

La céréaliculture

La céréaliculture est une culture très importante dans la structure de la production agricole mondiale. Les céréales constituent de loin la ressource alimentaire la plus importante au monde à la fois pour la consommation humaine et pour l'alimentation du bétail. Le secteur des céréales est d'une importance cruciale pour les disponibilités des alimentaires mondiales. Quelle soit irriguée ou pluviale, la céréaliculture Algérienne connaît de faibles rendements attribués entre autre à une maîtrise insuffisante de production à savoir la mécanisation des différentes étapes de l'itinéraire technique bien que considérée comme relativement développée, la mécanisation de la céréaliculture algérienne répond que partiellement aux conditions édaphiques et climatiques grande consommatrice d'énergie cette technique à base de labour est responsable également de la dégradation physique des sols et de l'environnement, ce qui peut menacer la durabilité même de l'agriculture (Kheyyar .M.O. Amar . M. et Harrad F. 2007).

La situation de la céréaliculture en Algérie

La superficie totale de l'Algérie est de 238 millions d'hectares dont 191 millions sont occupés par le Sahara. La superficie agricole représente 3% de ce total, la surface agricole utile (SAU) est de 7,14 millions d'hectares, dont près de la moitié est laissée en jachère chaque campagne

agricole. Les cultures herbacées couvrent 3,8 millions d'hectares. La céréaliculture constitue la principale activité, notamment dans les zones arides et semi-arides. Les terres annuellement emblavées représentent 3,6 millions d'hectares, soit 50% des terres labourées (MADR, 2007). Les grandes cultures, notamment les céréales, les légumineuses alimentaires, les fourrages et les oléagineux sont des produits alimentaires de première nécessité dans l'agriculture algérienne elles constituent la consommation de base qui est estimée à environ 228 kg par habitant et par an pour les céréales (Ait Abdallah-Djennadi et al., 2010) comparativement à l'Egypte dont la moyenne est de 131 kg/hab/an et à la France dont la moyenne est de 98 kg/hab/an (FAO, 2007). La production totale des céréales est très variable d'une année à une autre sous l'effet des facteurs du climat, en particulier le manque d'eau (figure 6). La production totale des céréales est loin de couvrir la demande qui est de plus en plus importante elle est d'ordre de 6.5 MT (Badrani, 2004).

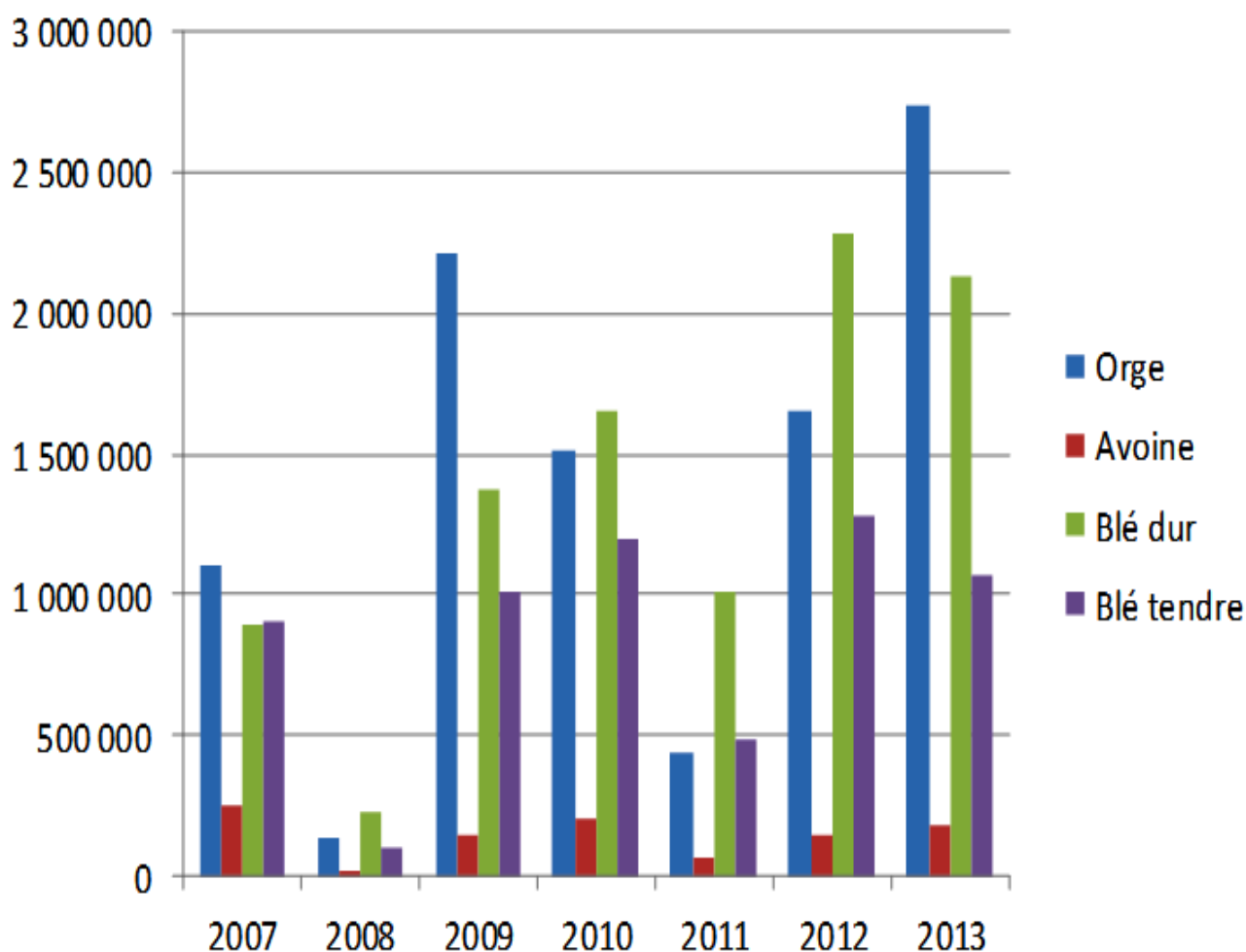


Figure 3. Évolution de la production des céréales (en Qx) en Algérie (MADR, 2013)

L'agriculture de conservation et le comportement de la céréale

Des résultats contradictoires sont rapportés, en ce qui concerne le comportement de la céréale en systèmes conventionnel et de conservation dans les régions arides et semi-arides. Schillinger (2001) ne trouve pas de différences, du point de vu comportement de la céréale,

entre les pratiques conventionnelles et conservatrices. Au contraire, Lampurlanes et al. (2002) rapportent que le non labour de la jachère est le meilleur système pour la production de l'orge dont le rendement était indépendant de l'eau stockée par la jachère de 16 mois. Ceci suggère que la pratique d'une jachère de longue durée n'est pas indispensable dans certaines situations et incite à des recherches sur l'effet des rotations. Mrabet (2011) observe une meilleure production de matière sèche sous système de non labour.

les résultats agronomiques de dix ans d'expérimentation en Tunisie, ont montrés que le rendement de blé dur conduit en semis direct est en moyenne supérieur de 8 q/ha par rapport au semis conventionnel dans les zones subhumides et de 7 q/ha en zones semi-aride (Angar et al., 2011) Ramdani (2011) mentionne certaines variétés de blés sont plus performantes en non labour qu'en conventionnel Selon Norwodd (1994), les eaux de pluies migrent plus en profondeur sous système de non labour que sous système conventionnel. L'humidité en surface est souvent plus important dans le cas du non labour, ce qui favorise une bonne installation, et une meilleure tolérance de la sécheresse (Klein et al. 2002). La densité de plant levés est souvent réduite sous no till, mais cet effet ne se retrouve plus au niveau de la densité des épis produits par unité de surface ni au niveau du rendement (Lithourgidis et al. 2006). Les résultats des études de l'effet du couvert végétal (légumineuses) vivant sur le comportement de la céréale montrent une réduction du rendement, comparativement à une céréale en Culture pure, désherbée (Carof, 2006). Cette baisse est proportionnelle à la quantité de matière sèche accumulée par la culture de couverture, au stade épiaison. Cependant la culture de couverture contrôle efficacement l'infestation des adventices. Des études doivent être conduites sur l'interaction entre la céréale et les espèces pouvant servir de couverture, pour identifier celles qui maximisent l'effet positif sur les adventices et minimisent l'effet négatif sur la céréale (Samarajeewa et al. 2005).

Importance de légumineuses dans le système de culture

Dans les systèmes de culture utilisant les rotations, l'azote fixé par les légumineuses peut être utilisé d'abord par les légumineuses, puis par les cultures suivantes. Utilisées en rotation ou en association dans les systèmes de culture, les légumineuses apportent une certaine contribution en azote en fixant et en intégrant une partie de l'azote atmosphérique dans le système. Les résidus des légumineuses sont plus riches en azote et contribuent à enrichir le sol en cet élément (LaRue et Patterson, 1981). Les cultures succédant aux légumineuses peuvent bénéficier indirectement de l'azote fixé par l'entremise des résidus laissés par la légumineuse (Chalk, 1998). Selon Danso (1995), l'azote de la fixation symbiotique a une contribution plus importante pour la croissance des plantes comparativement aux engrais azotés appliqués dans l'agriculture des pays en développement. L'azote fixé de l'atmosphère contribue pour 50 à 60 % du N des légumineuses à graines, 55 à 60 % du N des arbres fixateurs d'azote, 70 à 80 % du N des légumineuses fourragères.

Plusieurs travaux ont en effet montré que les associations céréale-légumineuse sont largement plus compétitive vis-à-vis des adventices que la légumineuse cultivée seule (Bulson et al., 1997 ; Hauggaard-Nielsen et al., 2001 ; Liebman et Dick, 1993). La présence d'une céréale dans un couvert de pois permettrait de mieux utiliser l'azote minéral du sol en comparaison du pois pur et de réduire ainsi cette ressource pour les adventices limitant la

croissance de celles-ci (Hauggaard-Nielsen et al., 2001). La plus forte compétitivité de la céréale pour l'azote du sol permettrait d'autre part de réduire les risques de pertes d'azote minéral par lessivage par rapport au pois pur (Hauggaard-Nielsen et al., 2003). D'autres effets bénéfiques des légumineuses semblent intervenir dans l'accroissement des rendements et certains auteurs comme Chalk (1998) préfère le terme "effet rotation" pour désigner cet effet positif des légumineuses sur la culture suivante.

II.3. 3. Effets des légumineuses sur les fonctionnements du sol

Les légumineuses peuvent fixer l'azote de l'air, or l'azote est une substance nutritive la plus importante pour les plantes et la plus part des sols. Sont pauvres en cet élément grâce à leurs qualités nutritives, les légumineuses constituant par ailleurs un apport important à l'alimentation quotidienne des êtres humains et des animaux. L'azote contenu dans l'air est absorbé par la légumineuse qui l'utilise pour sa croissance, puis le libère après la dégradation des résidus et sera absorbé par une autre plante mis en culture dans le même champ (Nieuwenhuis et Nieuwlink, 2005).

L'introduction de légumineuses au sein d'une succession culturale ou en association dans les prairies génère plusieurs effets positifs sur l'environnement, à commencer par une réduction des émissions de gaz à effet de serre. Ces plantes, capables de capter l'azote de l'air et apportent de la diversité végétale, favorisent les économies d'intrants à l'échelle des rotations, mais aussi des produits phytosanitaires.

L'impact sur la qualité du sol est également démontré pour la culture de légumineuses fourragères comme la luzerne, l'apport de matière organique, la restructuration, le développement de microflore et microfaune sont importants (Debarge et Tenaud, 2015). Les racines créent de la porosité en profondeur, ce qui favorise la vie microbiologique et la microfaune (vers de terre, carabes, arthropodes divers).

Matériel et méthodes

I. Situation géographique de la région de Sétif

I.1. Présentation géographique

La wilaya de Sétif est située à environ 300 km au sud-est d'Alger. Elle s'étend sur une superficie de 6.549 km². Située dans l'Est Algérien, dans la région des hauts plateaux et s'élève à 1100 m d'altitude.

Elle est limitée au nord par les wilayas de Jijel et Bejaïa, à l'est la wilaya de Mila, à l'ouest la wilaya de Bordj-Bou-Arreidj et au sud les wilayas de Batna et Msila (Andi, 2013) (Fig 7).

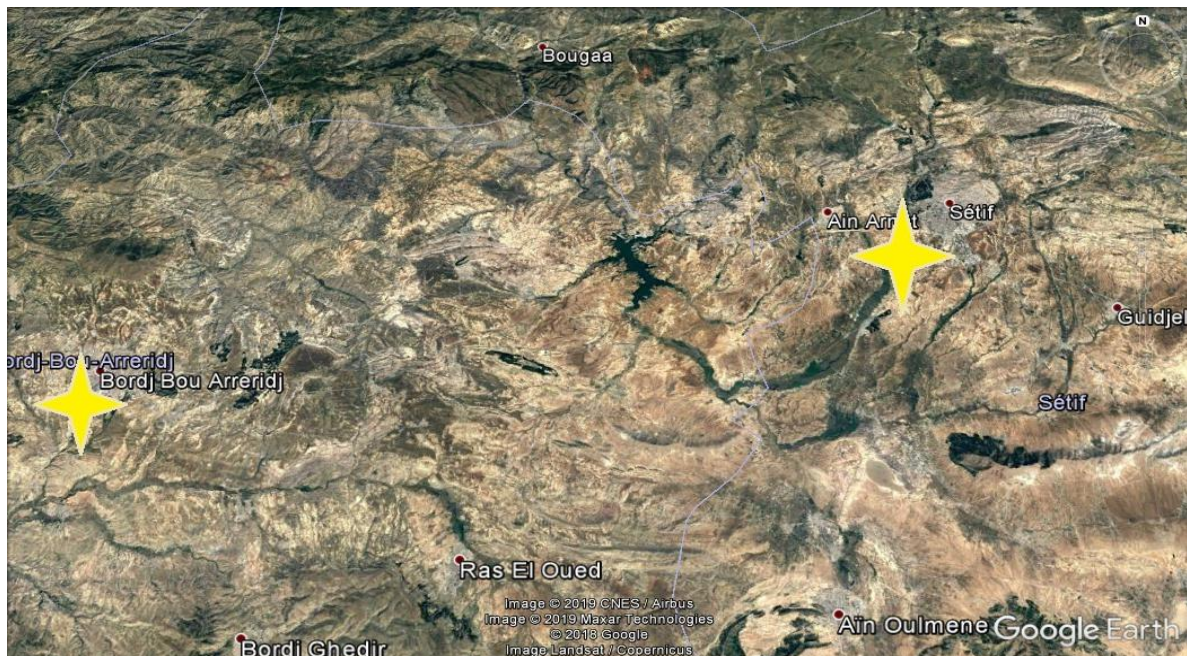


Figure 4. Localisation de la wilaya de Sétif en Algérie

2. Le site d'étude

2.1. Localisation et conditions expérimentales

La parcelle d'étude est située à la station expérimentale de l'ITGC de Sétif, au lieu dit R'MADA dans la commune de MEZLOUG, daïra de AIN ARNAT. La station expérimentale de l'ITGC (Sétif) appartient au climat méditerranéen semi-aride caractérisé par un été sec et chaud, un hiver froid et humide et un printemps relativement sec à fréquentes gelées tardives avec une saison sèche qui peut s'étaler sur 4 à 5 mois de mars à septembre, avec risque précoce de sirocco (Baldy, 1974).

I. 2. Synthèse climatique

La région de Sétif est caractérisée par un climat continental semi-aride avec des étés chauds et des hivers rigoureux. La moyenne des précipitations annuelles est d'environ 434 mm pour l'ensemble de la wilaya, la zone nord est la plus humide avec une précipitation annuelle de 700 mm. Les températures dépassent souvent les 40° en été et descendent en dessous de zéro en hiver avec des chutes de neige et des gelées fréquentes. Les vents prépondérants sont ceux venant de l'ouest et du nord-ouest (ANDI, 2013).

I. 3. Variation du relief de la région

La région de Sétif est formée des hautes plaines où trois types de zones existent. Une zone montagneuse qui occupe plus de 40% de la superficie totale, constituée de trois masses montagneuses dont les montagnes de la région nord qui sont les Babors. Cette dernière s'étend sur une centaine de kilomètres avec une altitude maximale de 2004 m. Les montagnes de Bibans, dans l'extrémité orientale, couvrent le nord-ouest de la wilaya et les montagnes du Hodna, qui s'étalent sur le sud et le sud-ouest, où l'altitude atteint à Djebel Boutaleb 1890 m. (ANDI, 2013)

Dans la zone des hautes plaines qui est une immense étendue, occupant 50% de la superficie totale de la wilaya, relativement plate dont l'altitude varie de 900 à 1200 m. Par contre la zone de dépression sud et sud-est qui est située dans le sud et le sud-est de la wilaya, l'altitude dépasse rarement les 900 m. Cette zone pratiquement plate couvre une superficie de 10% de l'espace total et se caractérise par la présence des 'chotts' ou dépression salées.

I. 4. Couverture pédologique

Chaque zone des citées ci-dessus se caractérise par un type du sol. La zone montagneuse est occupée par des sols calcaires et alluviaux. Dans les hautes plaines, on trouve une dominance des sols calciques et calcaires dont la qualité est variable d'un lieu à un autre. Les uns s'amincissent et deviennent caillouteux. La frange sud-est est couverte par les sols salins avoisinant les chotts et les sebkhas (Zeroug, 2012).

I. 5. Activités agricoles

Dans la région des hautes plaines de Sétif, l'agriculture s'articule principalement autour de la production céréalière et l'élevage, tout en combinant d'autres spéculations agricoles. La diversité des systèmes de production est la résultante de la conjugaison des conditions physiques, climatiques et des facteurs structuraux des unités agricoles qui induisent des formes d'organisation et des logiques de production diverse (Benniou et *al.*, 2006)

Les successions des cultures étudiées

Au cours des deux années, différentes cultures se sont Succédé au sein des deux modes de travail du sol

	CULTURE PRECIDENTE	CULTURE ACTUELLE
SEMIS CONVENTIONEL	Céréale (orge)	Légumineuse (vesce)
	Légumineuse (vesce)	Céréale (orge)
SEMIS DIRECT	Céréale (orge)	Légumineuse (vesce)
	Céréale (orge)	Légumineuse (vesce)

Tableau2. Les successions des cultures étudiées et le type de travail du sol.

Choix de la station d'étude

L'échantillonnage a eu lieu au printemps 2019, les points de prélèvement ont été choisis en fonction du couvert végétal, de la technique culturale utilisée ainsi que l'homogénéité de la lithotoposéquence. Le dispositif expérimental des stations et leurs parcelles est mis en place par l'équipe de l'ITGC de Sétif, il rentre dans la thématique de recherche d'un projet de thèse inscrit au niveau du laboratoire ressources naturelles.

II. Matériel utilisé

II. 1. Matériel utilisé sur terrain

Afin de réaliser notre échantillonnage sur le terrain, nous avons utilisé le matériel suivant : une pioche, pelle, quadrat de (25×25×10) cm³, sacs en plastique, étiquettes et marqueurs, pince, l'éthanol et tubes à essais.

II. 2. Matériel utilisé au laboratoire

Sur le terrain, trois zones de prélèvements sont délimitées au niveau du site étudié. Au sein de chacune de ces zones, 03 points de prélèvements sont déterminés. Au niveau de chaque point de prélèvement (photos A et B, figure 5), les macro-invertébrés sont échantillonnés selon la méthode TSBF (Anderson & Ingram, 1993 ; ISO 23611-51) qui utilise un matériel simple et peu coûteux et qui combine l'extraction chimique (eau formolée) et le tri manuel du sol. Les invertébrés récoltés sont conservés dans de l'eau formolée à 4% ce qui permet de fixer les

couleurs et les tissus. Une fois au laboratoire les échantillons sont nettoyés et les principaux ordres de macro invertébrés sont séparés et dénombrés. Les individus sont stockés dans de l'alcool à 70% et identifiés par la suite jusqu'au niveau taxonomique des espèces.



A : Nettoyage de la surface d'extraction
 B : Extraction chimique à l'eau formolée (0.2%)
 C : Prélèvement d'un bloc de sol (25 x 25 x 15 cm)
 D : Tri manuel du sol

Figure 5. Illustrations de la méthode TSBF (Tropical Soil Biology and Fertility) en quatre étapes.

III. Méthodes

III. 1. Méthode d'échantillonnage

L'échantillonnage a été réalisé avril 2019. Pour chaque prélèvement nous avons utilisé un quadrat de 6250cm^3 ; selon le principe de la méthode de Coineau, 1974). Pour chaque parcelle élémentaire, trois profondeurs ont été considérées dans cette partie du travail, à savoir : 0-10 cm ,10-20 cm et 20-30 cm, avec trois répétition dans chaque une. Les échantillons sont placés dans des sachets juste après leur prélèvement, étiquetés et ramenés au laboratoire pour les analyses biologiques. Pour les analyses chimiques on a prélevé les échantillons avec la tarière à 0-20cm, 20-40 cm et 40-60 cm de profondeur (Fig 6).



Figure 6. Méthode d'échantillonnage du sol

III. 2. Extraction des invertébrés

Dans un premier temps toute la faune visible à l'œil nu est prélevé à l'aide d'une pince et mise dans des tubes contenant un conservateur qui est l'éthanol. Afin de récupérer les invertébrés qui s'y trouvent dans chaque échantillon de sol, nous avons utilisé la méthode de Berlese-Tullgren, dont le principe consiste à mettre sur un support stable des entonnoirs en plastique sur laquelle on place des mailles à 2 mm, dans lesquels on met les échantillons du sol. Un flacon, contenant de l'alcool dilué à 70 %, ferme la base de l'entonnoir. Les échantillons sont progressivement desséchés au moyen d'une lampe de 75 W placée au-dessus allumée 2h chaque jour. L'éclairement intense et le dégagement de chaleur, provoque la « fuite » de la microfaune qui s'enfonce, tombe dans l'entonnoir puis dans le flacon où elle est recueillie et rangée soigneusement afin de faire les identifications.

III. 3. Tri, dénombrement

Les invertébrés extraits sont conservés dans des fioles contenant de l'éthanol dilué à 70%.

Le tri et le dénombrement a été fait avec une loupe binoculaire (Fig 7), le principe consiste à prendre une petite boîte de pétri en verre, verser des petites quantités du contenu des fioles et nous procédons à l'identification puis au comptage des individus de chaque groupe faunistique présent dans chaque échantillon de sol.



Figure 7. Une loupe binoculaire pour tri et dénombrement de la faune.

III .4 . Identification

L'identification des invertébrés extraits est faite à l'aide de quelques clés de déterminations et des photos en se basant sur des critères morphologiques du corps tel que : la couleur, le nombre de pattes, antennes, anneaux, tentacules, pinces, ailes, pièces buccales.

Parmi ces clés nous avons celles élaborée par Lusignan, (2003) ; Dedelin, (2007) et

Dubois, (2016). En raison de la grande diversité taxonomique des groupes faunistiques qui se trouvent dans les sols, nous avons limité l'identification aux groupes.

IV. Caractérisation des sols

Les analyses ont été réalisées dans le laboratoire Science du sol, du département des Sciences Agronomiques de l'Université de Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou. Pour les analyses chimiques, nous avons pris tous les sols traités, séchés à l'air libre, broyés et tamisés au crible de 2mm, puis conditionnés dans un endroit sec.

IV. 1. Détermination du pH des sols

Le pH représente l'acidité de la solution du sol exprimée par la quantité d'ions H^+ libres qu'elle contient. Il est mesuré dans une suspension d'eau avec un rapport sol /eau=1/5, à l'aide d'un pH mètre bien étalonné au par avant.

IV.2.Dosage du carbone organique

Nous avons adopté la méthode Anne qui consiste à oxyder par voie humide le carbone organique contenu dans un échantillon de sol par le bichromate de potassium en milieu sulfurique. L'excès du bichromate est titré par un réducteur, qui est le sel de Mohr (sulfates de fer et d'ammonium) en présence de la diphénylamine et le fluorure de sodium. Par la suite le calcul du pourcentage de carbone organique sera déterminé comme suit :

$$C\% = (V_t - V_e) \times 0,615$$

Le pourcentage du carbone organique est utilisé afin d'estimer le taux de matière organique selon la formule :

$$MO\% = C\% \times 1,72$$

T_t : volume de sel de Mohr utilisé pour la titration de l'échantillon témoin

T_e : volume de sel de Mohr utilisé pour la titration de l'échantillon du sol

IV.3.Dosage du calcaire total

La détermination du taux de calcaire total est faite selon la méthode volumétrique qui consiste en une attaque des carbonates du sol par de l'acide chlorhydrique 1N. Par la suite l'excès de ce dernier est titré avec la soude 1N en présence de la phénolphtaléine à 2 %.

Le taux de carbonates est obtenu selon la formule suivante :

$$\text{CaCO}_3 \% = 12,5(V_t - V_e)$$

V_t = volume témoin

V_e = volume échantillon

V-Exploitation des résultats par des indices écologiques

Après avoir traité les résultats par la qualité de l'échantillonnage, l'exploitation des résultats obtenus est réalisée par des indices écologiques de composition et de structure et par des techniques d'analyse statistique.

V-1-Exploitation des résultats par des indices écologiques de composition

Les indices écologiques de compositions sont la richesse totale, la richesse moyenne, la fréquence centésimales ou abondance relative et la fréquence d'occurrence et la constance.

V-1-1 Richesse spécifique totale

Elle représente un des paramètres fondamentaux caractéristiques d'un peuplement (RAMADE, 1984), elle peut être exprimée sous deux aspects différents.

Elle représente le nombre total d'espèces qui comporte le peuplement considéré dans un écosystème donné (RAMADE, 1984), dans notre étude la richesse totale est le nombre des espèces trouvées.

V-2-Fréquences centésimales ou abondances relatives

BLONDEL (1979) la diversité n'exprime pas seulement le nombre d'espèces mais aussi leur abondance relative. FAURIE et al. (1984) signale que l'abondance relative s'exprime en pourcentage (%) par la formule suivante :

$$\text{AR \%} = (n_i \times 100) / N$$

AR % permet de préciser la place occupée par les effectifs de chaque espèce trouvée dans les pièges.

n_i : nombre total des individus d'une espèce i prise en considération

N : nombre total des individus de toutes les espèces présentes

VI-Indice de diversité de Shannon-Weaver, la diversité maximale et l'équitabilité

VI-1-Indice de diversité de Shannon-Weaver

VIEIRA DA SILVA (1979), L'indice de diversité de Shannon-Weaver est calculé par de la formule suivante :

$$H' = -\sum q_i \log_2 q_i$$

H' est l'indice de diversité de Shannon-Weaver exprimé en unités bits.

Log2 est le logarithme à base

2. q_i est la fréquence relative d'abondance de l'espèce i prise en considération

Plus la valeur de H' est élevée plus le peuplement pris en considération est diversifié.

Il implique dans ce cas des relations entre les espèces présentes et leur milieu d'une plus grande complexité. On utilise cet indice pour connaître la diversité d'une espèce donnée au sein d'un peuplement.

VI-2-Indice de diversité maximale

BLONDEL (1979) exprime la diversité maximale par la formule suivant :

$$H'_{max} = \log_2 s$$

H' max est la diversité maximale S est la richesse totale.

VI-3-Indice d'équirépartition ou d'équitabilité

L'équirépartition est le rapport de la diversité observée à la diversité maximale. BLONDEL (1979),

$$E = H' / H'_{max}$$

E est l'équirépartition.

H' est l'indice de la diversité observée.

H' max est l'indice de la diversité maximale.

S est le nombre d'espèces (richesse spécifique).

RAMADE (1984) signale que L'équitabilité varie entre 0 et 1, elle tend vers 0 quand la quasi-totalité des effectifs correspond à une seule espèce du peuplement et vers 1 lorsque chacune des espèces est représentée par le même nombre d'individus.

VII- Analyse statistique des données

Le traitement statistique de nos résultats a été faite avec stat box version 6.0 et Excel stat. Les matrices ont été établies sous Excel pour le calcul des différents paramètres de structure et organisation de la macrofaune.

Résultats et discussion

Caractéristiques chimiques des sols

L'effet des pratiques culturales sur les propriétés chimiques du sol sont données dans cette partie du travail

I.1. pH

1. 1. Variation des pH des sols de la station de l'ITGC de Sétif

Les résultats du pH sont illustrés dans la figure (8). Les valeurs de pH varient de 7.34 à 7.83 d'après les normes d'interprétation proposées par Mémento d'agronomie, les pH des sols de la station de l'ITGC de Sétif sont moyennement basiques à alcalins.

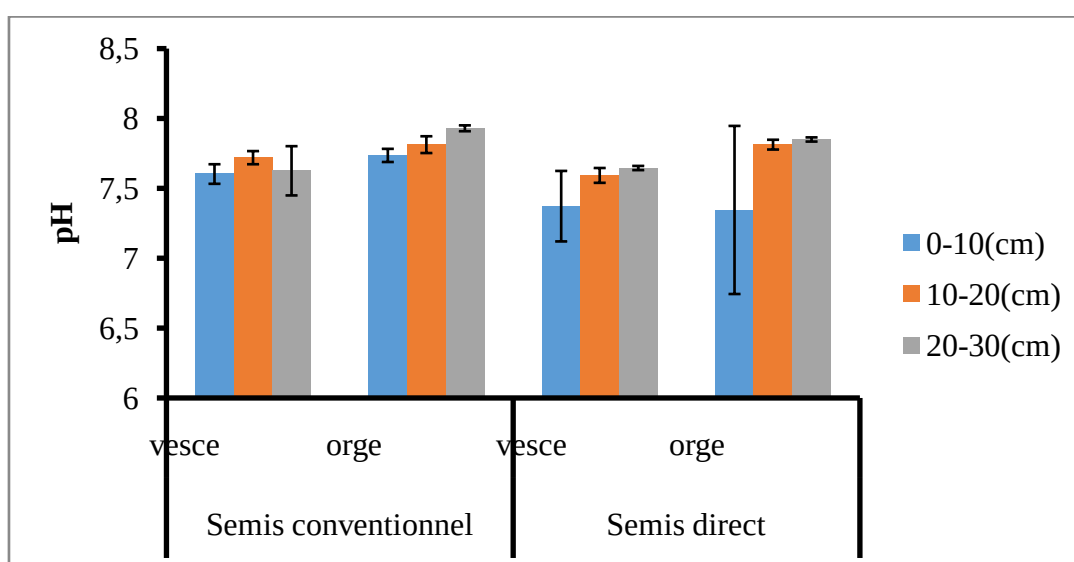


Figure 8. Variations du pH des sols de la station de l'ITGC de Sétif en fonction de travail du sol, de la culture et la profondeur.

Afin de mieux comprendre les variations de cette caractéristique, nous avons opté pour une discussion qui traite l'effet de chaque variable considérée dans la problématique posée par l'équipe de l'ITGC. Dans un premier temps on a :

Effet du type de travail du sol

L'analyse de la variance a révélé un effet travail du sol non significatif pour les pH des sols étudiés. Ces résultats sont similaires à ceux trouvés par Laryea et Unger, (1995) et Grant et Bailey, (1994) (pas d'effet des systèmes de labour sur les variations des pH du sol). Mrabet et Ibno Namr, (2008), Ces derniers montrent une baisse du pH sous sol non labouré (NL) par

rapport à ceux conduits en labour conventionnel(LC).Mrabet et al.(2001a) ont trouvé une différence de 0.2 unités pH après un suivi de 11 ans. Cette baisse de pH est très importante pour les sols calcaires en termes de la biodisponibilité des éléments minéraux particulièrement pour l'azote et le phosphore. Karlen et *al.* (1994) ont noté une différence de 0.4 unités de pH entre NL et LC.

Effet culture

Les résultats du pH des sols en fonction du type de culture installé montrent une différence significative avec ($P=0,02701$). Les valeurs du pH sont plus importantes sous culture de la vesce et varient de 7,37 à 7,72, comparativement à l'orge,dont les valeurs varient de 7,34 à 7, 93. Hinsinger et al., 2003 montre que le type de culture influe beaucoup sur le pH du sol, cependant Le phénomène d'acidification est particulièrement important chez les légumineuses.

Effet profondeur

Les variations du pH en fonction de la profondeur montrent une différence hautement significative ($p=0,00991$) ; on a deux groupes homogènes des pH des sols en surface et en profondeur. Les pH en profondeur augmentent significativement par rapport au pHde la surface. Le pH du sol est sous le contrôle de plusieurs facteurs qui sont surtout ; la topographique, la nature de la roche mère et la nature du couvert végétal (Florea et Joumaa, 1998).

I.2. Calcaire total

Les résultats du dosage du calcaire total sont présentés dans la figure (9).

I.2. 1. Variation du taux de Calcaire total de la station de l'ITGC de Sétif

Les taux de carbonates de calcium (CaCO_3) des sols de la station de l'ITGC de Sétif sont peu à modérément calcaires avec une variation de 10à 13 % (Fig.12)

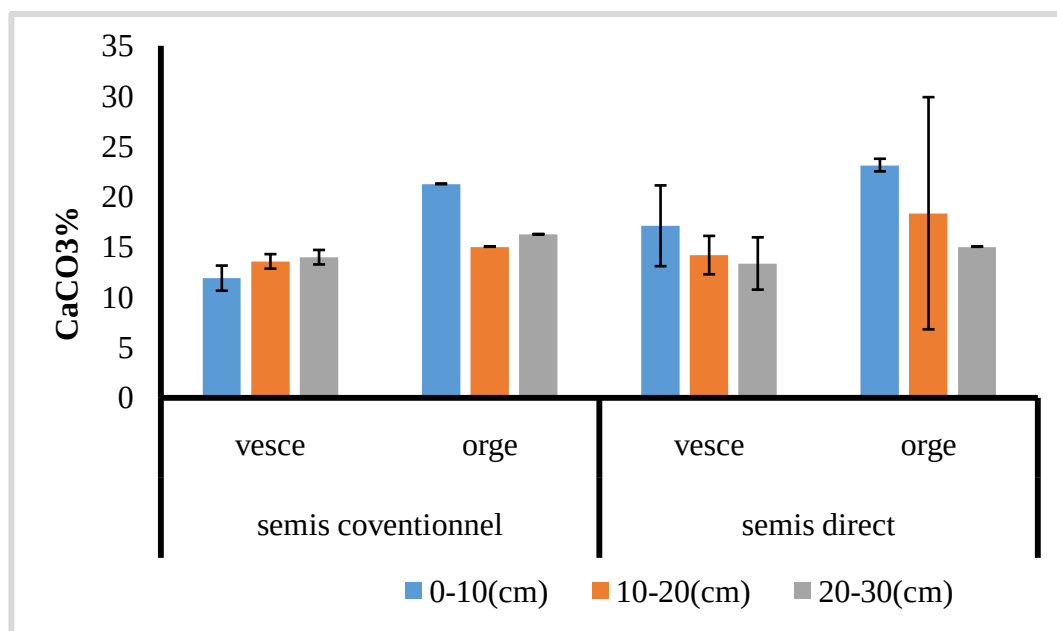


Figure 9. Variation du calcaire total des sols étudiés en fonction de travail du sol, de la profondeur et de la culture installée

L'analyse statistique a montré que le type de travail du sol n'a pas d'effet sur le calcaire, comparativement à la profondeur et le type de culture installé qui révèlent un effet significatif. Le taux de calcaire sous orge est élevé comparativement au sol sous vesce. Les carbonates varient de 21.25% et 13.95% respectivement pour la vesce et l'orge (Fig 9). Cette différence dans les variations du calcaire peut être due à son utilisation massive par ces espèces végétales cultivées dans ces milieux (Mansouri et al., 2013) et/ou à la nature des exsudats racinaires.

I.3. Carbone organique

Le niveau de matière organique contenu dans le sol est parmi les critères essentiels de la dégradation du sol car elle possède une influence majeure sur les propriétés physiques, chimiques et biologiques des sols.

I.3 .1. Variation du taux de carbone organique dans la station de L'ITGC de Sétif

Les résultats du dosage du calcaire total sont présentés dans la figure (10).

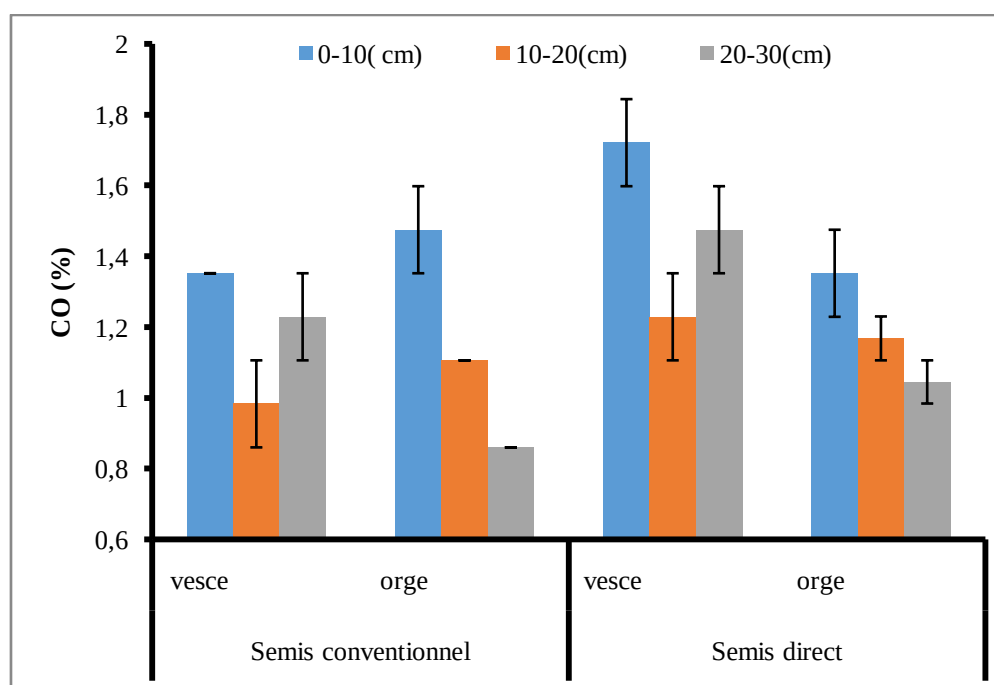


Figure 10. Variation de carbone organique en fonction de travail du sol, de la culture et de la profondeur

Effet travail du sol

Les résultats obtenus montrent une différence très hautement significative ($p=0,00005$). Le taux de carbone organique des sols soumis en semis direct sont élevés, varient de 1,4% à 1,72%. Ces sols sont riches en matière organique. Les sols conduits en travail conventionnel ont des valeurs qui varient entre 0,86% à 1,47 %, ce sont des sols pauvres en matière organique. Ces résultats sont similaires à ceux trouvés par Angar et al., (2010), où le taux de matière organique en SD était supérieur à celui en semis conventionnel dans tous les horizons du sol. De fait, les effets positifs du semis direct sur la structure du sol, les activités biologiques et les niveaux de rendement ne se manifestent donc pas immédiatement, mais après quelques années (Adrien, 2007).

Effet culture

Les résultats obtenus de l'analyse statistique ne montre aucune différence significative du taux de carbone organique des sols sous différents types de culture. A ce stade d'expérimentation, la culture mise en place à un effet sur les teneurs en carbone organique. Ce qui est similaire à ce que la littérature nous a montré. Diné & Gregorich (1995), montrent les différents effets des rotations sur le taux de carbone organique (CO) reflètent l'importance des caractéristiques morphologiques des différentes cultures et le type de résidus dans l'amélioration du taux de CO dans le sol.

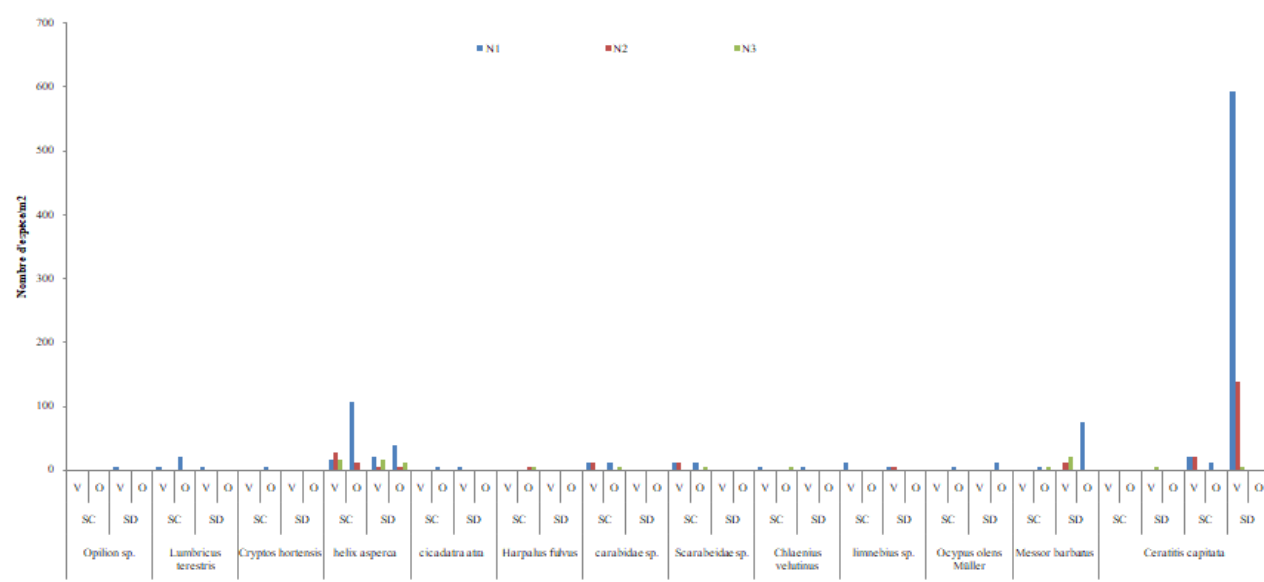
Effet profondeur

Les résultats de l'analyse statistique montrent une diminution très hautement significative du taux de carbone dans les sols en fonction de la profondeur (Fig. 10). Le semi direct présente la plus importante valeur (1,72%) en surface mais également la plus faible (1,47%) en profondeur. Les résultats corroborent avec ceux de Bessam et Mrabet, (2001), qui ont rapporté que la matière organique est plus élevée en surface et décroît avec la profondeur en plus du fait que les résidus restent toujours en surface après quatre ans. Ces mêmes auteurs ont signalé que les résidus évoluent de façon remarquable sous semis direct après 5 ans de pratique. Cependant, Bouzrara et al., (2011), signalent qu'à 30 cm de profondeur, c'est le SC qui présente la plus grande valeur suivi de SD.

I-Variation de l'abondance des invertébrés selon les niveaux

A la suite de l'inventaire faunistique effectué pour ce travail, la répartition des différents types d'espèces identifiées est présentée dans la figure 11

Les résultats de ce recensement montrent que l'abondance des invertébrés varie d'une manière décroissante selon les niveaux (figure 11). Nous remarquons que le N1 contient une abondance en espèces (*Diptera* sp, *Helix asperca*, *Messor barbarus* et *Lumbricus terrestris*) avec une moyenne de 592 ; 106,33 ; 64,66 et 21,33 individus respectivement, comparativement au deuxième (*Diptera* sp avec une moyenne de 138,66 individus) et au troisième niveau exploré (*Messor barbarus* avec une moyenne de 21,33)



V : Vesce

O : Orge

Figure11. Abondance des invertébrés selon le travail, les niveaux et la culture

Indice de diversité de Shannon et équitabilité appliqués aux espèces échantillonnées

Les résultats relatant les indices de diversité de Shannon Weaver (H'), de la diversité maximale ($H'_{\max}$) et de l'équitabilité (E) appliqués aux espèces échantillonnées au niveau des différentes parcelles d'études sont illustrés dans les tableaux 5.

Analyse en composante principale (ACP) :

Pour mieux comprendre la relation entre les différents groupes d'invertébrés dénombrés ainsi que celles entre ces derniers et les facteurs abiotiques qui gèrent le bio fonctionnement des sols dans lequel ils vivent, nous avons déterminé une ACP (Fig 13)

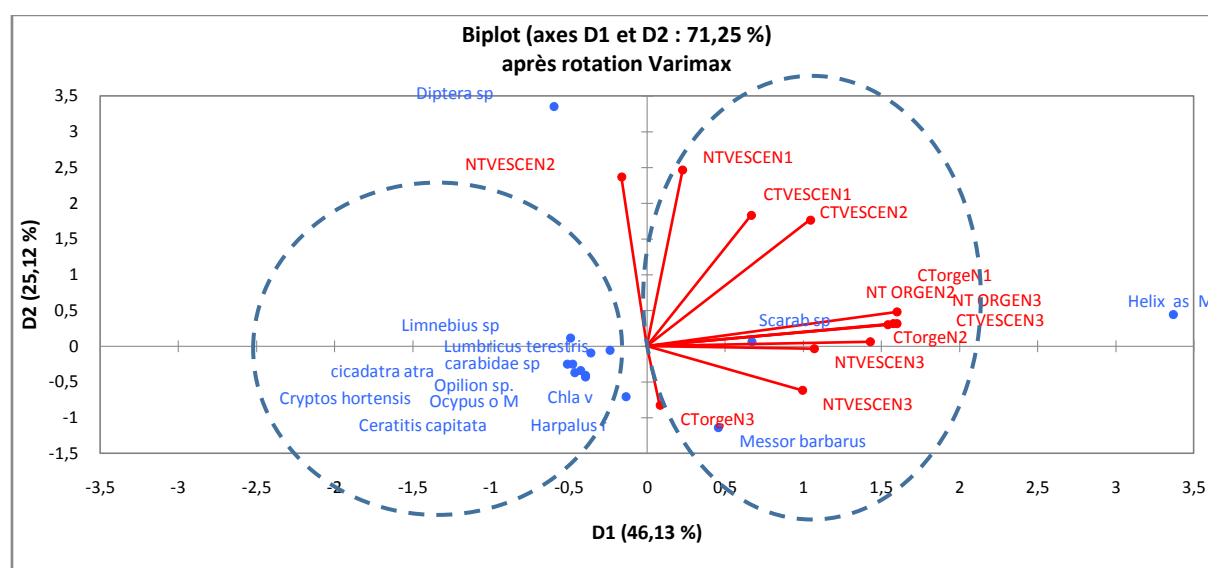


Figure 13. Projection des variables selon l'ACP.

La majorité des espèces sont corrélée négativement avec les différents traitements excepte la vesce en semis direct

Les espèces Helix aspersa ; Messor barbarus ; Scarab sp qui sont corrélée positivement avec les différents traitements.

Tableau6. Les cinq classes d'invertébrés donnés selon l'ACP.

Classe	1	2	3	4	5
Objets	1	1	10	1	1
Somme des poids	1	1	10	1	1
Variance intra-classe	0,0000	0,0000	3,9778	0,0000	0,0000
Distance minimale au barycentre	0,0000	0,0000	0,9055	0,0000	0,0000
Distance moyenne au barycentre	0,0000	0,0000	1,7562	0,0000	0,0000
Distance maximale au barycentre	0,0000	0,0000	3,1969	0,0000	0,0000
	Helix as				Messor
	M	Scarab sp	Chla v	Diptera sp	barbarus
			Limnebius sp		
			Ocypus o M		
			Harpalus f		
			carabidae sp		
			Ceratitiscapitata		
			cicadatra atra		
			Cryptos		
			hortensis		
			Opilion sp.		
			Lumbricus		
			terestris		

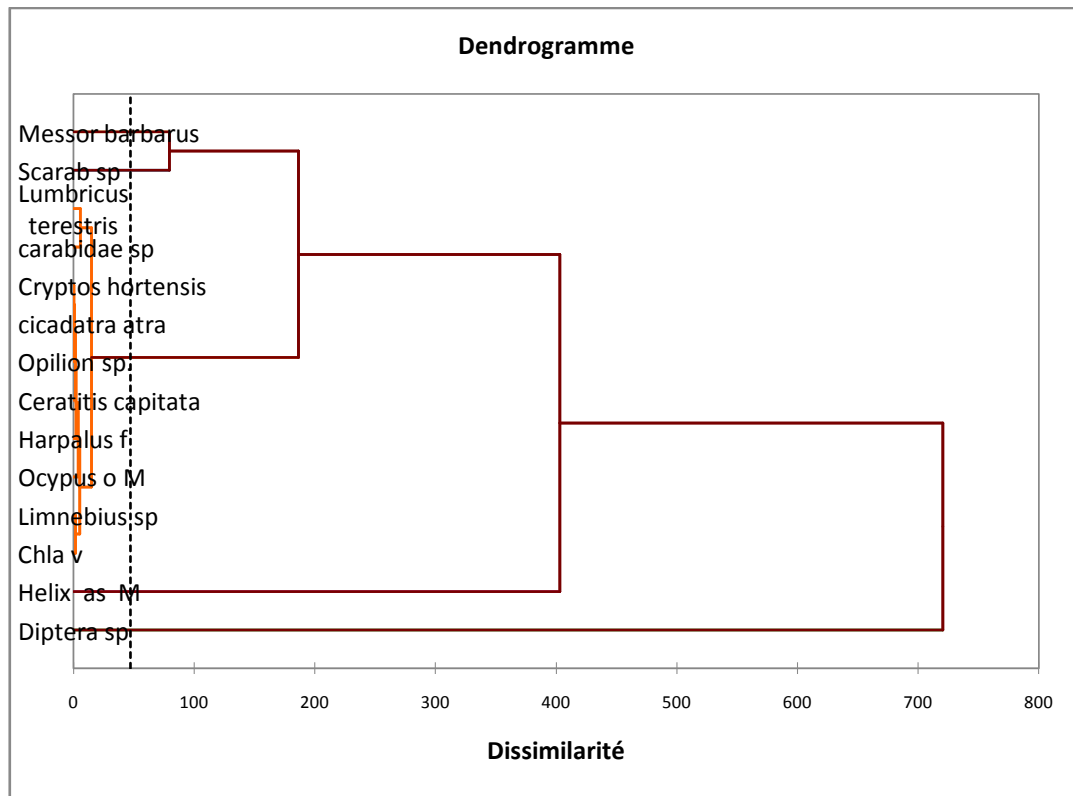
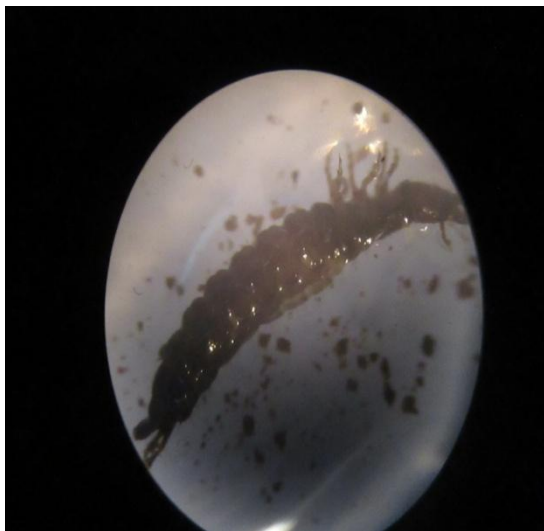
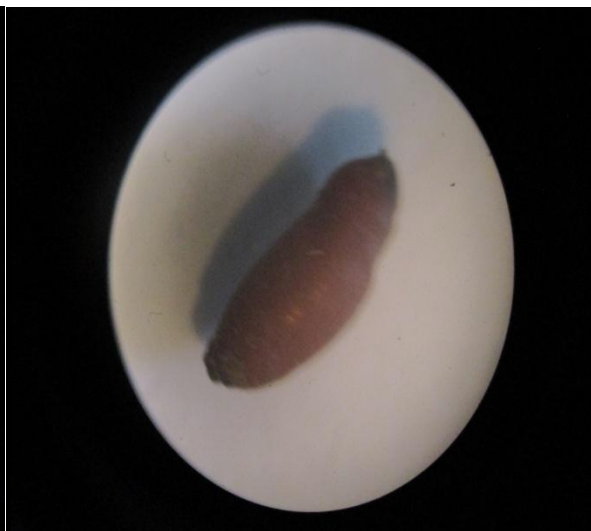


Figure 14. Les cinq classes d'invertébrés donnés selon l'ACP.



Diploure



Cocon de diptères



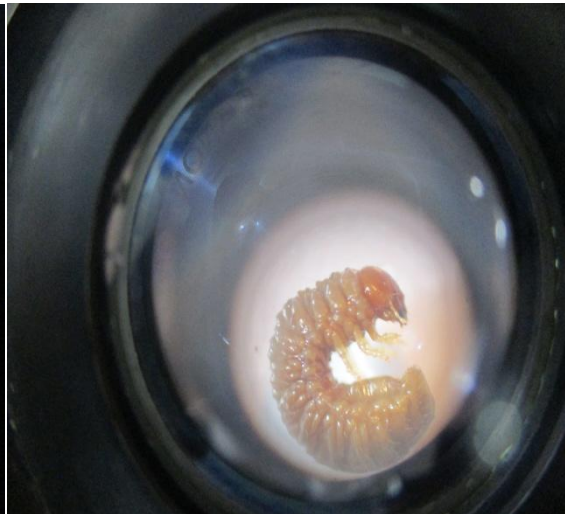
Diploure



Larve de diptères



Helix aspersa



Larve de
coléoptères

Figure15. Quelques invertébrés récoltés

Conclusion

Conclusion

Les résultats de cette étude permettent d'évaluer les propriétés du sol en agriculture de conservation et de déterminer l'effet du semis direct et la profondeur sur la variation du pH, la matière organique, le calcaire total et l'abondance et la biodiversité des invertébrés, dans les sols de la zone semis aride pour la station d'ITGC.

En premier lieux, l'étude a révélé un effet non significatif du type de travail du sol sur le pH comparativement au type de la culture (pH élevé sous vesce par rapport à l'orge) et à la profondeur qui ont un effet significatif.

Les taux de carbonates de calcium (CaCO_3) des sols de la station de l'ITGC de Sétif sont peu à modérément calcaires. D'après les résultats obtenus, le semis direct semble induire une amélioration de taux de la matière organique par rapport aux systèmes conventionnels basés sur le labour

L'inventaire faunistique a révélé un total de 276 individus et 52 espèces différents. L'influence de type de travail du sol sur l'abondance et la richesse des sols en macrofaune varie selon l'espèce. L'étude des effets de pratiques culturales telles que le travail du sol sur les organismes vivants du sol est complexe compte tenu des nombreuses interactions et de la variabilité de ces effets dans l'espace et dans le temps. Ils doivent donc être étudiés jusqu'à des échelles assez fines (profil cultural) et sur des périodes de temps suffisamment longues pour prendre en compte les capacités d'adaptation de certains organismes aux changements

Des travaux similaires pourront être menés, ce qui permettra de connaître et comprendre mieux la relation existante entre l'impact de ce type de travail du sol sur la biodiversité en général, sur la productivité des sols et les éléments de la faune d'une part. Donc nous préconisons d'autres expérimentations comme perspectives d'étude à long terme et d'ajouter d'autres pratiques afin d'étayer davantage nos résultats confirmant l'utilité de la pratique du semis direct.

Références bibliographiques

- **Abdellaoui Z., Tissekrat H., Belhadj A. et Zaghoulane O. 2010.** Etude comparative de l'effet du travail conventionnel, semis direct et travail minimum sur le comportement du blé dur. Actes du 4^{ème} rencontre méditerranéen du semis direct. Sétif, Algérie, du 3 à 5 mai 2010 p, 68-82.
- **Abdellaoui Z., Tissekrat H., Belhadj A., et Zaghoulane O., 2011.** Etude comparative de l'effet du travail conventionnel, semis direct et travail minimum sur le comportement du blé dur. Actes du 4^{ème} rencontre méditerranéen du semis direct, Sétif, Algérie,
- **Aibar J., 2006.** La lutte contre les mauvaises herbes pour les céréales en semis direct : principaux problèmes. Communication orale. Les actes des 3^{èmes} rencontre méditerranéennes du semis direct. Zaragoza 23-25 mars 2006, 8 p.
- **Ait-Abdallah-Djennadi F., Dekkiche N., Ghalem-Djender Z., Oumdjekane K. 2010.** cultures et couts de production des grandes cultures. Ed : ITGC, Alger. 6p
- **Almaric N ; Borezillon M ; Faiq C ; Roubinet E ; Schroeder M et Tite A., 2008a.** Le semis direct : la vulgarisation de l'agro écologique : de la théorie au terrain. qc. ca/ agro environnement document
- **Andrade D. S., Colozzi-Filho A. et Giller K. E. 2003.** Contribution à l'étude des effets du semis direct sur l'efficacité d'utilisation de l'eau et le comportement variétal de la culture de blé en région semi-aride, Mémoire de magistère: université de Sétif, 33p
- **Angar H., Ben Haj Salah H., Ben-Hammouda M. 2011.** Semis direct et semis conventionnel en Tunisie : les résultats agronomiques de 10 ans de comparaison In: Bouzerzour H., Irekti H. & Vadon B. Quatrièmes rencontres méditerranéennes du semis direct. Options méditerranéennes. Série A: Séminaires Méditerranéens (96): 53-59. Ed. CIHEAM
- **Ares E., 2006.** Le semis direct économique et écologique. La coopérative agricole juillet-août 2006; la Coop fédérée www.lacoop.coop. Pp 22-30.
- **Arnal atares P., 2006.** Semis direct dans la vallée moyenne de l'Ebre : Résumé des résultats et analyse économique. Option Méditerranéennes, Série A, Numéro 69. pp7785.
- **Benniou R., 2008.** Les systèmes de production dans les milieux semi-arides en Algérie: analyse agronomique de leur diversité et des systèmes de culture céréalières dans les Hautes Plaines Sétifiennes. Thèse de Doctorat, INA-Alger ; 293 p.
- **Bellemou A, 2012.** Etude des résultats d'essais de différentes techniques de semis du blé dur (CHEN'S), mémoire de magistère: INA-Alger ; 123p.
- **Bedrani S. 2004.** L'alimentation de rue en Algérie : quelques réflexions sur la base d'une enquête visuelle rapide. Alger. Options Méditerranéennes, (36) : 25-46.

- **Boizard H., Richard G., Defossez P., Roger-Estrade J. et Boiffin J. 2004.** Contribution à l'étude des effets de semis direct sur l'efficience de l'utilisation de l'eau et le comportement variétale de la culture de blé en région semi-aride, Mémoire de magistère: université de Sétif, 29p
- **Bulaboth ,2002.**TCS compte –rendu final, 31 p.
- **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, Institut National Agronomique Paris–Grignon : 15p.
- **Chervier A. et Barbrier F., 2002.** Performances économiques et environnementales des techniques agricoles de conservation des sols : création d'un référentiel et résultats. 21p.
- **Daniel P. et; Galardow G., 2008.** Technique culturale sans labour en Bretagne. Guide pratique, 43 p.
- **Daniel et Galardon2008.** Comportement de la culture de blé dur vis-à-vis du semis direct en zone aride, cas de Sidi-Ebarek. Bordj-Bou-Arredj, université de m'sila: Mémoire d'ingénieur, 14p.
- **El Aissaoui A., A. El Brahli, O. El Gharra, N. El Hantaoui, 2009.** Le semis direct pour une agriculture pluviale de conservation. pp249-256 symposium internationale 54 « agriculture durable en région méditerranéenne (AGDUMED) », Rabat, Maroc, 14-16 mai 2009.
- **El Brahli A., O. El Gharra, N. El Hantaoui, 2009.** Le système semis direct Nouveau mode de production et modèle d'agrégation pour une agriculture pluviale durable au Maroc Transfert de Technologie en Agriculture N° 182/Novembre 2009
- **Ferreras L.A., Costa J.L., Garcia F.O. et Pecorari C. 2000.** Effect of no-tillage on some soil physical properties of a structural degraded Petrocalcic Paleudoll of the southern "Pampa" of Argentina. Soil & Tillage Research, 54, 31-39.
- **FAO., 2007.** AG : Agriculture de conservation (<http://www.fao.org/ag/ca/fr/1a.htm>), 42 p.
- **Grosclaude J-Y., J-Ch. Deberre, M-A. Martin, G. Matheron. 2006.** Le Semis Direct Sur Couverture Végétale Permanente (SCV) une solution alternative aux systèmes de culture conventionnels dans les pays du Sud. © AFD, novembre 2006.
- **Hill R.L. 1990.** Long-term conventional and no-tillage effects on selected soil physical properties. Soil Science Society of America Journal, 54, 161-166.
- **Hussain I., Olson K.R. et Siemens J.C. 1998.** Long-term tillage effects on physical properties of eroded soil. Soil Science, 163, 970-981.
- **Key B.D. et Vanden B., 2002.** Etude des états de surface du sol et de leur dynamique pour différentes pratiques de travail du sol. Mise au point d'un indicateur de ruissellement, Thèse de doctorat : université de Strasbourg, 73-38 p

- **Kheyar M.O.Amara M. et Harrad F, 2007.** la mécanisation de la céréaliculture Algérienne : Constat et perspectives Annales de L'Institut National Agronomique –EL- Harrach ; Vol.28 .NO1et2 ,2007 Résumé
- **Kladivko E.J, 2001.** Etude des résultats d'essais de différentes techniques de semis du blé dur (Chen's), Mémoire de magistère : INRA, 35p.
- **Lahlou S., M. Ouadia, O. MalamIssa, Y. Le Bissonnais et R. Mrabet. 2005.** La porosité du sol charge en culture technique de conservation dans la zone semi-aride marocaine. Etude et gestation des sols, volume 12, 1; 2005: 69-70.
- **Lahmar R., 2006.** Opportunités et limites de l'agriculture de conservation en Méditerranée. Les enseignements du projet KASSA Options Méditerranéennes, Série A, Numéro 69.pp 11-18
- **Lampurlonés, J. and Cantero-Martinez, C., 2006.** Hydraulic conductivity, residue cover and soil surface roughness under different tillage systems in semiarid condition. Soil and tillage research, 85: 13-26.
- **Lampurlanés, J., Angás, P., Cantero-Martínez, C., 2002.**Tillage effects on water storage during fallow, and on barley root growth and yield in two contrasting soils of the semi-arid Segarra region in Spain. Soil Till. Res. 65: 207-220.
- **Lithourgidis S., KV. Dhima, CA. Damalas, IB. Vasilakoglou, IG. Eleftherohorinos 2006.**Tillage Effects on Wheat Emergence and Yield at Varying Seeding Rates, and on Labor and Fuel Consumption.Crop Sci. 46:1187–1192
- **Mrabet R., 2001.** Soil quality and carbon sequestration : impact of no-tillage systems. Troisièmes recontres méditerranéennes du semis direct zéro. (Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens ; n. 69). pp :69-70.
- **Mrabet, R., 1997.** Crop residue management and tillage systems for water conservation in a semiarid area of Morocco.PhD dissertation.Colorado State Univ.
- **Mrabet R., EH. Bourarach. 2001.** Le semis direct : une technologie avancée pour une agriculture durable au Maroc. PNTTA 76 : 3-9
- **Mrabet R., N.Saber, A. El-Brahli, S. Lahlou, F. Bessam. 2001.** Total particulate organic matter, and structural stability of a calcixeroll soil under different wheat rotations and tillage systems in a semi-arid area of Morocco. Soil Till Res.57 : 225-35
- **Mrabet R., 2000.** Etude de certains paramètres de durabilité des systèmes de production céréaliculture-élevage dans le contexte de l'intégration des techniques de l'agriculture de conservation, Mémoire de magistère: université de Sétif, 4p.
- **Nalewaja, J.D., 2001.** Weeds and Conservation Agriculture. Dans : I World Congress on Conservation Agriculture, Madrid (Espagne), 1-5 octobre 2001. Ed. CAEF-FAO, Madrid, 191-200.

- **Norwood C. 1994.** Profile water distribution and grain yield as affected by cropping system and tillage. *Agronomy Journal*, 86 : 558-563
- **Pierce F.J., Fortin M.C. et Staton M.J. 1994.** Periodic plowing effects on soil properties in a no-till farming system. *Soil Science Society of America Journal*, 58, 1782-1787.
- **Rasmussen, K.J., 1999.** Impact of ploughless soil tillage on yield and soil quality : A scandinavian review. *Soil and tillage research*, 53 (1) : 3- 14
- **Roger-Estrada 2002.** Morphological characterization of soil structure in tilled fields: from a diagnosis method to the modeling of structural changes over time. *Soil & Tillage Research* 79:33-49
- **Roper et Gupta S., 1995.** Etude des résultats d'essais de différentes techniques de semis du blé dur (Chen's), Mémoire de magistère : INRA, 35p
- **Samarajewwa K. B. D. P., T. Horiuchi, S. Oba. 2005.** Weed population dynamics in wheat as affected by *Astragalus sinicus* L. under reduced tillage. *Crop Protection*, 24, 864-869.
- **Schillinger W. 2001.** Minimum and delayed conservation tillage for wheat-fallow farming. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 65: 1203-1209

- **Seguy L., S. Bouzinac, C. Maronzzi, 2001.** Système de culture et dynamique de la matière organique. [http // agroecologie. Cirad. fr./PDF/postlsfr. Pdf](http://agroecologie.cirad.fr/PDF/postlsfr.Pdf)
- **Serpantié., G 2009.** l' « agriculture de conservation » à la croisée des chemins (Afrique, Madagascar). *Vertigo – La revue en sciences de l'environnement*, Volume 9, numéro 3, décembre 2009 georges.serpantie@ird.fr. pp 1-21.)
- **Strudley M.W., Green, T.R. and Ascough, J.C., 2008.** Etude des états de surface du sol et de leur dynamique pour différentes pratiques de travail du sol. Mise au point d'un indicateur de ruissellement, Thèse de doctorat : université de Strasbourg, 73-38 p.
- **Taupin P. et Bousquet N ., 2005.** Stratégies de lutte s'organiser contre les limaces, *Perspective agricole*, 50 P.
- **Thomas F., 2006.** Augmentation de la biomasse en circulation au travers de couverts et mélanges de couverts végétaux. Troisièmes rencontres méditerranéennes du semis direct Zaragoza. *Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens ;* (69), 37-38.
- **Wardle I.F., 1995.** Etude des résultats d'essais de différentes techniques de semis du blé dur (Chen's), Mémoire de magistère: INRA, 35p.
- **Xanxo L., A. Solans, C. Cantero-Martínez, 2006.** Système de production de cultures fourragères en semis direct dans la zone de la Seud'Urgell, à Lleida, en Espagne. *Options Méditerranéennes, Série A, numéro 69:* pp: 7-36.