

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Mouloud MAMMARI de Tizi-Ouzou
Faculté des Sciences Agronomiques et des Sciences Biologiques
Département des Sciences Agronomiques



MEMOIRE



De fin d'études
En vue de l'obtention du diplôme de Master II en
sciences Agronomiques
Spécialité : Sciences du sol

THEME

**Les indices de la qualité des Sols céréaliers sous
climat semi-aride (Cas de la région de Bordj
Bou Arreridj)**

SOL



Présenté par :

M^r IDIRI Lyes

Devant les jurys :

Mme BOUDIAF NAIT KACI M.

MCA UMMTO Promotrice

Mr MERROUKI K.

MCB UMMTO Président

Mme SETBEL S.

M.C.A UMMTO Examinatrice

Mlle ISSAOUN DJ.

Doctorante UMMTO Co-Promotrice

Promotion : 2019 - 2020

Remerciements

Merci à **Mme BOUDIAF NAIT KACI.M**, qui nous a permis de réaliser ce travail sous sa direction.

Je remercie avant tout les membres du jury d'avoir accepté d'évaluer ce travail de thèse, à **Mr MERROUKI**, d'avoir accepté de présider, **Mme SETBEL.S**, d'avoir examiné notre travail. J'en suis très honoré.

J'exprime ma reconnaissance à **Mlle ISSAOUN Djamila**, co-promotrice de cette thèse, pour sa collaboration essentielle dans ce travail, ainsi que ces nombreux et pertinents conseils.

Cette thèse a été réalisée au sein du Laboratoire de Science du Sol de l'Université de Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.

Merci à toutes les personnes du département d'Agronomie de l'Université de Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, pour leur gentillesse et leur bonne humeur.

Merci à tous mes proches, ma famille, pour m'avoir encouragé tout au long de ce travail.

A tous les enseignants, et étudiantes de la promotion de 2ème année Master « Sciences du sol », camarades, amis et tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire.

Dédicaces

*A tous les êtres qui me sont les
plus chers 😊*

SOMMAIRE

Introduction	1
Chapitre I. Synthèse bibliographique	

1. Sol.....	3
1.1.Constituants du sol	3
1.2.Fonctions des sols.....	3
1.3.Faune du sol	4
2.Concept de la qualité des sols	5
2.1.Propriétés physiques et chimiques des sols	6
2.1.1.Matière organique dans le sol.....	6
2.2.Propriétés biologiques du sol	7
3.Indices biologiques, physiques et chimiques de la qualité des sols	8
3.1.Indices physico-chimiques de la qualité des sols	8
3.2.Indices biologiques de la qualité des sols.....	9
4 Céréaliculture	10
4.1.Zones de production des céréales	11
4.2.Rotations et associations culturales	11
4.3.Agriculture de conservation	12
4.3.1.Travail du sol.....	12
4.3.1.1. Travail conventionnel (TC).....	13
4.3.1.2. Inconvénients du travail conventionnel.....	13
4.3.2.Impact de l’agriculture de conservation(AC) sur la qualité des sols.....	14
4.3.3.Importance (impact) de la réduction du travail du sol.....	17
4.3.4.Techniques culturales simplifiées (TCS)	17
4.3.5. Semi direct.....	18
4.3.5.1. Caractérisation du semis direct sous couverture végétale.....	18
4.3.5.2. Avantages du semis direct sous couverture végétale.....	19
4.3.5.3. Inconvénients du semis direct.....	19
4.3.6.Effets des techniques de conservation sur les propriétés du sol.....	19
4.3.6.1. Effets des techniques de conservation sur les propriétés physiques du sol.....	20
4.3.6.2. Effets des techniques de conservation sur les propriétés biologiques du sol.....	22
4.3.6.3. Effets des techniques de conservation sur les propriétés chimiques du sol.....	23

Chapitre II. Matériel et Méthodes

I. Situation géographique de la région de Bordj Bou Arreridj	26
I.1. Présentation géographique	26
I.2. Site d'étude	27
I.2.1. Localisation et conditions expérimentales	27
I.2.1.1. Synthèse climatique.....	27
I.2.1.2. Variation du relief de la région.....	27
I.2.1.3. Couverture pédologique.....	27
I.2.1.4. Activités agricoles.....	27
I.2.2. Successions des cultures étudiées	28
I.3. Choix des stations	28
Matériel utilisé.....	29
II.1. Matériel utilisé sur le terrain.....	29
II.2. Matériel utilisé au laboratoire	29
Méthodes	30
III.1. Méthode d'échantillonnage	30
III.2. Extraction des invertébrés	30
III.3.3. Tri, dénombrement	30
III.4. Identification	31
IV.1. Détermination du pH des sols	31
IV.2. Dosage du carbone organique	31
V. Exploitation des résultats.....	32
V.1. Densité.....	32
V.2. Richesse spécifique	32
V.3. Fréquences centésimales ou abondances relatives	32
V.4. Indice de diversité de Shannon-Weaver	32
V.5. Indice de diversité maximale.....	33
V.6. Indice d'équirépartition ou d'équitabilité.....	34
VI. Traitement des données	34

Chapitre III. Résultats et discussion

I. Caractéristiques chimiques des sols	35
I.1. pH	35
I. 1. 1. Variation des pH des sols de la station de Bordj Bou Arreridj	35
I.1.2. Effet du type de travail du sol	35
I.1.3. Effet précédent cultural	36
I.1.4. Effet profondeur	36
I.2. Carbone organique.....	36
I.2.1. Effet travail du sol	36
I.2.2. Effet précédent cultural	37
I.2 .3. Variation du taux de carbone organique dans la station de Bordj Bou Arreridj	37
I.2.3.1. Effet profondeur.....	38
I.3. Variation de l'abondance des invertébrés selon les niveaux	38
I.3.1. Relevés faunistique	38
Conclusion.....	41

Perspectives

Annexes

Liste des figures

Figure 1. Classification des invertébrés selon la taille	5
Figure 2. Concept de la qualité des sols utilisant des indicateurs en relation avec les fonctions du sol.....	10
Figure 3. Localisation géographique de Bordj –Bou –Arreridj (google maps, 2020)	26
Figure 4. Illustrations de la méthode TSBF (Tropical Soil Biology and Fertility) en quatre étapes.....	29
Figure 5. Les étapes du prélèvement du sol.....	30
Figure 6. Une loupe binoculaire pour tri et dénombrement de la faune.....	31
Figure 7. Variations du pH des sols de la station de Bordj Bou Arreridj en fonction du travail du sol, du précédent cultural et de la profondeur.....	35
Figure 8. Variation de carbone organique en fonction du travail du sol, de la culture et de la profondeur.....	37
Figure 9. Abondance des invertébrés selon le travail, les niveaux et la culture.....	39
Figure 10. Abondances relatives des individus et des espèces échantillonnés dans la station de Bordj Bou Arreridj.....	40

Liste des Tableaux

Tableau 1. Proposition d'indicateurs physiques, chimiques et biologiques des fonctions et de la qualité des sols (Doran et Zeiss, 2000).....	8
Tableau 2. Successions des cultures étudiées et le type de travail du sol.....	28

Liste des Abréviations

m² : Mètre carré

mm : Millimètre

SSSA : La Soil Science Society of America

pH : potentiel d'Hydrogène

CAH : Complexe argilo-humique

ITAB : Institut technique de l'agriculture biologique

S.A.U : Surface utile agricole

Mt : Million Tonne

P : Précipitation

Qtx : Quintaux

MADR : Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural

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

TC : Travail conventionnel

TC : Techniques Culturelles

AC : Agriculture de conservation

INRA : Institut national de la recherche agronomique

TCS : Techniques Culturelles Simplifiées

CO₂ : Dioxyde de carbone

NO₂ : Dioxyde d'azote

SD : Semis Direct

Liste des Abréviations

Pc : Pré-consolidation

C et N : Les paramètres les plus utilisés pour estimer la biomasse microbienne (C et N microbiens)

MOS : Matière organique sèche

NO₃⁻ : Nitrate

Kg N/ha : Kilogramme Azote/ Hectare : L'unité de la quantité d'azote fixée

mg/L : milligramme/litre

CEC : Capacité d'échange cationique

P : Phosphore

K : Potassium

Ca²⁺ : Calcium, ion

Mg²⁺ : Magnesium, ion

Na⁺ : Sodium, ion

Km : Kilomètre

ANDI : Agence Nationale de Développement de l'Investissement

m : Mètre

cm : Centimètre

DSA : Direction des services agricoles

BBA : Bordj Bou Arreridj

ITGC : Institut Technologique des Grandes Cultures

TSBF : Tropical Soil Biology and Fertility

W : Watt

Liste des Abréviations

H : Hydrogène


MO : Matière organique

NL : Non Labour

LC : Labour Conventionnel

CO : Carbone Organique

N1 :
N2 :
N3 :



Les niveaux d'échantillonnage

INTRODUCTION

Introduction

Les céréales, en Algérie, occupent une surface annuelle de 3,5 millions d'hectares (Rouabhi et *al.*, 2019). Elles sont principalement situées dans l'est du pays, dans les régions semi-arides des hauts plateaux, où les précipitations annuelles sont inférieures à 400 mm. Les stress climatiques imposent une limite à l'expression du potentiel de production des cultivars utilisés (Amokrane et *al.*, 2002).

Les sols de ces régions sont principalement calcaires avec de faibles niveaux de matière organique (Batouche et Labiod, 1991). Les effets combinés de tous ces facteurs affectent la production céréalière, et les rendements restent faibles même si les variétés cultivées sont améliorées (Lahmar et Ruellan, 2007). Le secteur céréalier constitue l'une des principales filières de la production agricole en Algérie (Boulal et *al.*, 2007).

En Algérie le phénomène de dégradation du sol est présent sur les hautes plaines, à cause de déficit hydrique, des pratiques culturales inadaptées et de la surexploitation des terres qui ne vont pas de pair 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. Le maintien d'un système de production agricole fiable et durable est devenu l'une des préoccupations majeures des producteurs des régions arides et semi-arides (Lyons et *al.*, 1996 ; Bruelle et *al.*, 2017) pour réaliser la sécurité alimentaire durable.

Dans cette optique, pour la restauration de la qualité du sol et la gestion durable des terres, un nombre de chercheurs ont conduit à une nouvelle initiative à travers le monde qui accorde une attention particulière à renverser le processus actuel de dégradation des sols et à réaliser cet objectif double et antagoniste, d'améliorer progressivement la production et de préserver l'environnement : c'est l'agriculture de conservation. Celle-ci doit reposer sur la suppression du travail du sol, la protection par une couverture végétale constituée de résidus et de pailles (Mrabet, 1993 ; 2001a). La fixation de cette agriculture contribuera à la durabilité des systèmes agricoles en Afrique du Nord (CDSR, 2001). En effet, elles sont utilisées pour préserver le potentiel biologique et physicochimique des sols et les protéger des risques de l'érosion tout en limitant les frais de mécanisation. Le système du semis direct se voit comme premier pilier pour restaurer la fertilité des sols.

Introduction

Un sol remplit des fonctions et des services éco systémiques différents en fonction de ses propriétés physiques, chimiques et biologiques, ainsi, pour évaluer la capacité d'un sol à assurer ses fonctions, « la qualité des sols » est l'un des concepts les plus utilisés (Amossé, 2014). L'appréciation de la qualité des sols et de son évolution, sous l'effet de changements globaux ou d'actions anthropiques directes, exige la définition d'indicateurs pertinents et la mise au point de techniques fiables de quantification. Ces indicateurs sont des propriétés mesurables des sols ou des plantes qui informent du bon fonctionnement du sol (Pankhurst et *al.*, 1997).

Ce travail est une modeste contribution à l'évaluation des indices de la qualité des sols céréaliers sous climat semi-aride.

L'objectif de cette étude est de comparer les impacts du semis direct et du 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 Bordj Bou Arreridj initié par l'Institut Technique des Grandes Cultures (ITGC) de Sétif.

Le présent mémoire s'organise en trois (03) chapitres, le 1^{er} chapitre, s'agit d'une synthèse bibliographique, dont on a parlé sur des généralités relatives au sol, les propriétés biologiques, physiques et chimiques du sol en rapport avec sa qualité, la céréaliculture, les indices de sa qualité et sur les pratiques culturelles influençant ce dernier. Dans le 2^{ème} chapitre, on a abordé la partie expérimentale dont on a présenté la station d'étude, les techniques d'échenillage, l'identification des espèces extraites du sol en étude, les analyses statistiques de à fin de déterminer la qualité du sol en question. Le 3^{ème} chapitre montre les résultats et discussions. Enfin, une conclusion clôt notre travail avec des perspectives.

CHAPITRE I
SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

1. Sol

Le sol correspond à la partie superficielle de l'écorce terrestre. Couverture de la lithosphère en contact avec l'atmosphère. Il est soumis à des altérations d'ordre biotique et abiotique. Ainsi, il est présenté comme un produit d'interface de l'interaction entre différents composants ; la roche, l'eau, l'air et les êtres vivants (Robert, 1996 ; Chaussod, 2002 ; Ramade, 2003 ; Calu, 2004). C'est un écosystème particulier, dans lequel se développent la microflore, la faune et les végétaux. En effet, c'est un réservoir de biodiversité encore assez méconnu (Antoni, 2007 in Lieutaud, 2007).

Les sols sont des milieux dont les modes de fonctionnement sont définis par des interactions entre constituants – solutions et organismes vivants qu'ils renferment (Girard et *al.*, 2005).

1.1. Constituants du sol

Le sol est composé de trois fractions : la fraction solide, la fraction liquide et la fraction gazeuse (Beauchamp, 2003). La fraction liquide est la fraction solide se compose de constituants minéraux variés qui sont les argiles, les limons et les sables, et de constituants organiques, composés à 80 % de matière organique morte, tel que les résidus de plantes et d'animaux en état de décomposition naturelle (Paul et *al.*, 1996).

La fraction liquide est la solution du sol complexe et très variable. Elle contient de très nombreuses substances dissoutes organiques et inorganiques, ionisées et non (Calvet, 2003).

La fraction gazeuse ou atmosphère du sol dépend principalement de la profondeur dans le sol et l'activité biologique. L'air du sol contient en général les mêmes substances que l'air atmosphérique mais sa composition peut être très différente en raison, en particulier, de l'activité biologique (Soulas et *al.*, 1983).

1.2. Fonctions des sols

Les fonctions essentielles du sol sont d'après Karlen et *al.* (1997) :

- ✓ Soutenir une activité, une diversité et une productivité biologique ;
- ✓ Réguler et fractionner les flux d'énergies et d'eau ;
- ✓ Filtrer, réguler, dégrader, immobiliser et détoxiquer les éléments organiques et inorganiques produits par les dépôts atmosphériques, industriels et municipaux ;

- ✓ Approvisionner et permettre le cycle des nutriments et des autres éléments, et fournir un support aux structures socio-économiques et une protection pour les trésors archéologiques associés avec les habitations humaines ;

1.3.Faune du sol

Le sol abrite un grand nombre d'organismes, on compte plus de 260 millions d'individus par m² sur sol de prairie (Gobat *et al.*, 2003). Il s'agit majoritairement d'invertébrés. Ils se localisent essentiellement où se situe le potentiel énergétique des apports végétaux, ce qui correspond aux 10 à 20 premiers centimètres du sol. Les animaux fouisseurs pouvant toutefois s'en éloigner quand les circonstances l'exigent (Bachelier, 1978).

La pédofaune est extrêmement diversifiée (Deprince, 2003). Elle est classiquement divisée en trois catégories en fonction de la taille des organismes (Fig.1) ; en microfaune, mésofaune et macrofaune (Bachelier, 1978) :

***La microfaune** est constituée d'espèces de diamètre inférieur à 0,2 mm, elles vivent généralement dans un film d'eau. Ce sont des espèces hydrophiles; des protozoaires, quelques espèces de rotifères terrestres et des tardigrades résistants à la sécheresse (Bachelier, 1978) ;

***La mésofaune** rassemble les invertébrés entre 0,2 et 4 mm, constituée d'espèces hygrophiles et d'espèces xérophiles. Il s'agit d'acariens, de collemboles, de pseudoscorpions, de protoures, de diploures, de petits myriapodes (ces groupes se rassemblant sous le terme " microarthropodes "), de nématodes de plus grande taille et d'enchytréides (Bachelier, 1978) ;

***La macrofaune** est composée des animaux entre 4 et 80 mm. Ce sont des **lombriciens**, des larves d'insectes, des cloportes, des myriapodes chilopodes et diplopedes, des mollusques gastéropodes (limaces et escargots), des chélicérates (araignées et opilions) et de divers hexapodes (Bachelier, 1978). La macrofaune joue un rôle clé dans la régulation des propriétés physiques des sols et de la biodiversité des organismes plus petits (Lavelle et Spain, 2001).

Les lombriciens (Annélides, Oligochètes) représentent une composante majeure de la macrofaune du sol puisque, dans la plupart des écosystèmes terrestres, ils dominent en biomasse (Pelosi, 2008).

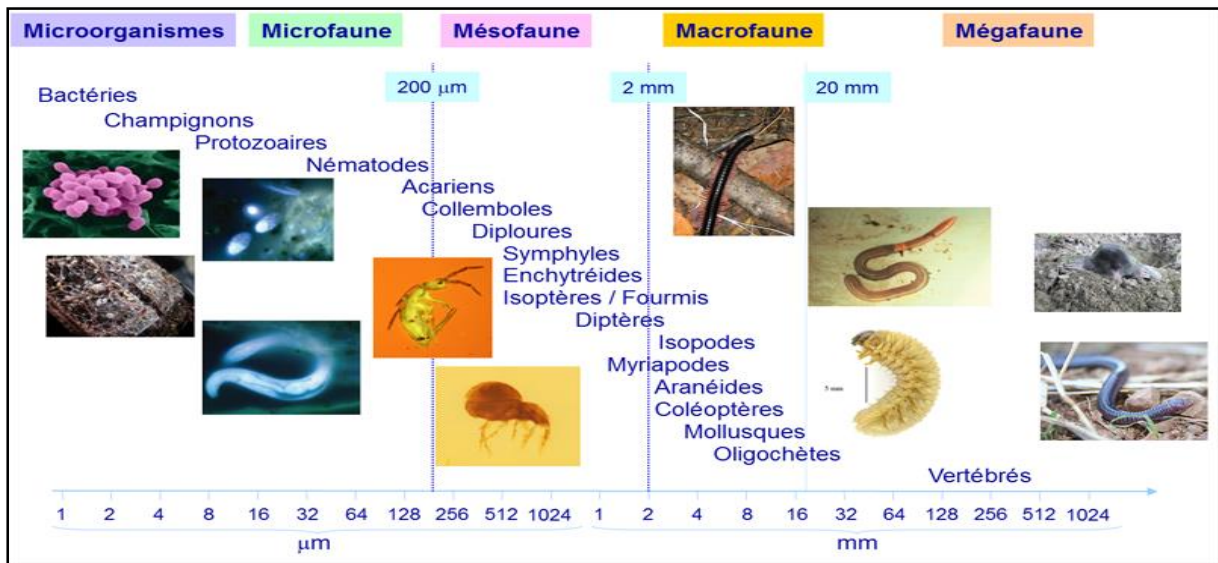


Figure 1. Classification des invertébrés selon la taille (Anonyme 1)

2. Concept de la qualité des sols

Les définitions les plus pratiques de la qualité des sols ont trait à leurs fonctions. La définition généralement utilisée par les agronomes met l'accent sur la productivité du sol. Un sol en "bonne santé" produit des récoltes abondantes et de grande qualité (Gros, 2002).

Depuis une dizaine d'années toutefois, l'agriculture est envisagée selon une optique différente. Elle n'est plus considérée comme une activité en circuit fermé, mais plutôt comme un élément qui s'insère dans un système écologique beaucoup plus vaste et qui interagit avec les autres éléments du système. Ce constat a permis de donner à la qualité des sols une nouvelle définition qui dépasse la productivité et qui tisse des liens avec l'environnement dans son ensemble (Gros, 2002).

La SSSA proposa que la qualité du sol soit définie comme étant « la capacité du sol à fonctionner dans un écosystème donné (naturel ou géré) et pour une utilisation donnée, à supporter une production végétale et animale, à contribuer à un environnement de qualité et favoriser la qualité des plantes, des animaux et des humains » (Karlen *et al.*, 1997).

Karlen *et al.* (1992) définis la qualité du sol comme « l'aptitude du sol à servir de milieu naturel pour la croissance des plantes nécessaires à la vie des animaux et des hommes ». Leur définition est basée sur le rôle de la qualité du sol dans le maintien de la productivité à long terme et dans la préservation de l'environnement.

2.1. Propriétés physiques et chimiques des sols

La nature et le mode de regroupement des particules du sol lui donnent une texture et une structure caractéristiques. Les propriétés physiques des sols sont aussi liées à la porosité qui assure la circulation de l'air et de l'eau qui permet l'acheminement des ressources nutritifs indispensables à la plante (Duchaufour, 2001).

Le pH est l'une des propriétés chimiques du sol qui peut nous informer sur la biodisponibilité des éléments nutritifs et les risques de toxicité ainsi sur les proportions de cations sur le CAH (Devau et al., 2009). En effet, le pH est un paramètre clé en agronomie et dans la dynamique des sols, il influence sur trois composantes de la fertilité des sols: la biodisponibilité des nutriments, l'activité biologique et la stabilité structurale des sols (Dinont et al., 2008).

2.2.1. Matière organique dans le sol

la matière organique est un ensemble de substances organiques de nature et de propriétés variées (Chamayou et al., 1989). Proviennent de l'activité de tous les organismes présents à la surface ou à l'intérieur du sol ainsi que la litière végétale (Davet, 1996).

Cette matière organique va suivre la voie de la minéralisation ou de l'humification. L'humus tenant lieu de mise en réserve temporaire ; celui-ci sera à son tour dégradé et minéralisé (Chaussod, 2002).

Les matières organiques des sols sont donc une ressource naturelle qu'une agriculture durable aux plans écologiques et économiques doit considérer et gérer (Chenu, 2007). Les réserves organiques du sol peuvent être considérées comme un capital à entretenir et améliorer, dans le cadre d'une gestion durable des agrosystèmes (Roussel et al., 2001).

Cependant, la fertilité des sols dépend principalement de la quantité et la qualité des matières organiques transformées par des organismes décomposeurs. L'efficacité de ces derniers peut être caractérisée par le taux de transformation de la matière organique, dépendant des facteurs du milieu tels que la température, l'humidité et des caractéristiques de la matière à décomposer. Les populations d'invertébrés jouent un rôle primordial dans la transformation des matières (Francis et al., 2003).

2.2. Propriétés biologiques du sol

La qualité biologique des sols fait référence à l'abondance, la diversité et l'activité des organismes vivants qui ont un rôle important dans la décomposition des résidus animaux et végétaux, dans la transformation et le stockage des nutriments et les échanges gazeux et hydriques. Ils participent à la formation et à la stabilisation structurale du sol, ainsi qu'à la synthèse des composés humiques (Chaussod, 1996).

Les travaux de Naeem et *al.* (1994), montrent que la diminution de la biodiversité d'un écosystème engendre la réduction de certains processus écologiques. Ils précisent que les écosystèmes les plus diversifiés sont aussi les plus productifs. Ces discussions sont appuyées par Copley (2000), qui estime que le fonctionnement des écosystèmes terrestres dépend fortement de leur biodiversité.

Les indicateurs biologiques peuvent être définis comme des organismes qui répondent à un stress par leur présence ou leur absence, par les modifications de certaines caractéristiques ou activités particulières, ou par une bioaccumulation de certains contaminants (Eijsackers, 1982).

Cependant, Weigand et *al.* (1995), ont montré que la biomasse bactérienne est un indicateur sensible d'une diminution à long terme des teneurs en matière organique résultante par exemple d'intensification de certaines pratiques agricoles ou d'une perturbation d'un écosystème naturel. En effet, la biologie du sol a une fonction essentielle de dégradation et de recyclage des matières organiques.

3. Indices biologiques, physiques et chimiques de la qualité des sols

Tableau 1. Proposition d'indicateurs physiques, chimiques et biologiques des fonctions et de la qualité des sols (Doran et Zeiss, 2000).

Indicateurs de l'état du sol	Relations entre l'état du sol et sa fonction ; mesures prioritaires	Valeur écologiquement significative ; Comparaison pour l'évaluation
Physiques		
Texture	Rétention et transport de l'eau et des éléments chimiques ; Modélisation de l'utilisation, de l'érosion et de la variabilité des sols	% sables, limons et argile ; Sites les moins érodés ou la position topographique
Profondeur du sol, enracinement	Estimation de la productivité potentielle et de l'érosion ; Normalisation de la variabilité des paysages	cm ou m ; Sites non cultivés ou différents localisation dans le paysage
Infiltration et densité apparente (Da)	Potentiel de solubilité, de productivité et d'érosivité ; ajustement des mesures en bases volumétrique	min par 2,5 cm d'eau, Mg/cm ³ ; Position topographique
Capacité de rétention	En relation avec les flux hydrique, le transport et l'érosivité ; Eau utile, Da, texture, Mo	% (Mg/cm ³), cm d'eau disponible pour 30 cm ; Intensité des précipitations
Chimiques		
Matière organique (C et N org. Totale)	Fertilité, stabilité du sol, érosion ; Utilisé dans le processus de modélisation et de normalisation des sites	kg C et N / ha 30 cm ; Sol non cultivé ou contrôle initial
pH	Activités biologiques et chimiques ; Essentiel dans les processus de modélisation	Comparaison entre des limites max et min d'activités microbiennes et végétales dS/m ;
Conductivité électrique	Activités microbiennes et végétales ; Essentiel dans les processus de modélisation	Comparaison entre des limites max et min d'activités microbiennes et végétales
N, P et K extractibles	Nutriments phyto-disponibles et potentiels de perte d'azote ; Productivité et indicateurs de la qualité environnementale	kg / ha 30 cm ; Niveau de suffisance saisonnière pour la croissance des plantes
Biologiques		
Biomasse, C et N microbiens	Potentiel de catalyse microbienne du C et du N ; Modélisation du danger des apports en Mo	kg C et N / ha 30 cm ; Relatif au C et N total ou à la production de CO ₂
N potentiellement minéralisable	Productivité et apport en N ; Modélisation	kg N / ha 30 cm d ⁻¹ ; Relatif aux teneurs en C et N total
Respiration, teneur en eau, température	Mesure des activités bactériennes ; Estimation des activités en lien avec la biomasse	kg C / ha 30 cm d ⁻¹ ; Relatif à la biomasse microbienne

3.1.Indices physico-chimiques de la qualité des sols

Les indices physico-chimiques sont la texture, la quantité de matière organique et le pH qui sont les principales propriétés physico-chimiques intégratives de la qualité des sols.

L'étude de la texture des sols consiste en une analyse granulométrique : analyse consistant à classer les éléments du sol d'après leur grosseur et à déterminer le pourcentage de chaque fraction.

La matière organique joue un rôle fondamental dans le maintien du sol vivant à long terme. Un taux de matière organique élevé favorise le développement des micro-organismes et de la faune des sols. Ce sont ces mêmes micro-organismes qui mettent ensuite les éléments minéraux à disposition des plantes grâce à la minéralisation de cette matière organique. Les

caractéristiques des matières organiques et leur contenu dans les sols doivent donc être considérés comme des critères indispensables au diagnostic en matière de fertilité.

Le pH du sol est un indicateur des conditions physico-chimiques de la solution du sol. Il exerce un effet direct sur l'activité microbienne (ITAB, 2002) du sol ainsi que sur la biodisponibilité des nutriments, à travers des phénomènes de solubilisation et d'insolubilisations propres à chaque élément. En particulier, un pH acide peut bloquer la disponibilité d'éléments minéraux tels que le phosphore (Boyer, 1982).

3.2. Indices biologiques de la qualité des sols

Sachant que le cycle biogéochimique des nutriments du sol est en grande partie le fait de microorganismes en interrelations avec leur environnement et le rôle fondamental qu'ils jouent dans le fonctionnement du sol (Nannipieri et al., 2003), ceux-ci sont très largement utilisés comme bio-indicateurs. En effet, ils remplissent les critères nécessaires à l'élaboration d'un indicateur efficace (facilité de mesure, sensibilité au stress, robustesse d'après Dale et al. (2001).

Le grand nombre de fonctions fait qu'elles ne peuvent pas être prises en compte de manière exhaustive. Il est donc nécessaire de choisir des activités microbiennes qui rendent compte du fonctionnement global du sol. Ces activités doivent être choisies selon trois types de critères: l'importance écologique des flux générés se rapportant aux deux plus importants cycles des éléments qui sont le carbone et l'azote, la représentativité par rapport à l'ensemble de la communauté microbienne du sol et l'accessibilité technique à la mesure des activités choisies à savoir, la respiration et la dénitrification.

Ceci, revient à évaluer les capacités enzymatiques des microorganismes présents dans le sol au moment du prélèvement (Lensi et al., 1985), la respiration microbienne du sol concerne l'ensemble des micro-organismes dans leur diversité et abondance. Elle nous renseigne sur la capacité de la communauté microbienne hétérotrophe du sol à dégrader la matière organique. Elle peut aussi être considérée comme un indicateur de la biomasse microbienne totale active du sol et donc de sa capacité biotique (Fig. 2)

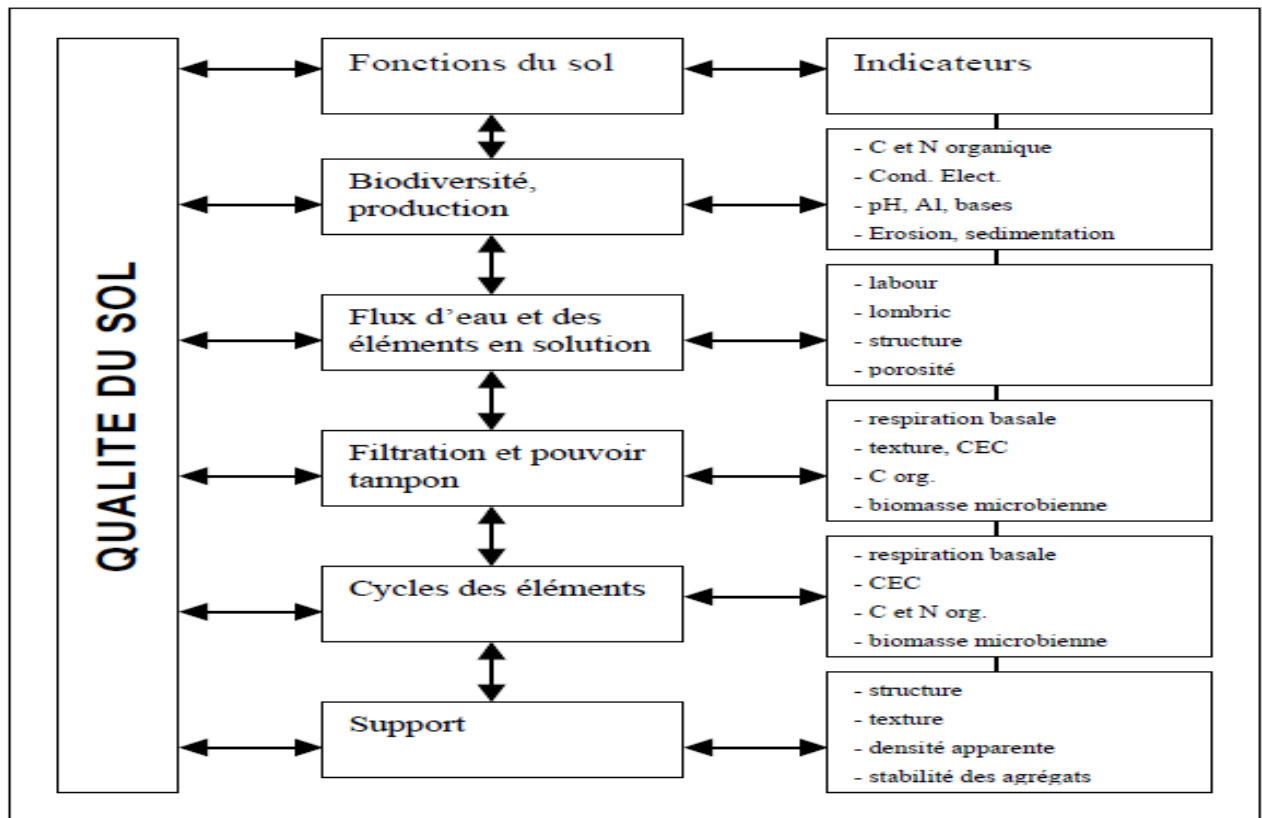


Figure 2. Concept de la qualité des sols utilisant des indicateurs en relation avec les fonctions du sol (Mausbah et Tugel, 1997).

4. Céréaliculture

Les céréales sont un constituant majeur des régimes alimentaires de l'homme et de l'animal partout dans le monde. Si l'on considère les superficies couvertes, le blé est la plante la plus cultivée dans le monde (Kacem, 2005).

En Algérie, les produits céréaliers occupent une place stratégique dans le système alimentaire et dans l'économie nationale (Djermoun, 2009). La céréaliculture occupe en moyenne une superficie de 4194820 ha soit l'équivalent de 50% de la surface agricole utile (S.A.U) (Madar, 2006).

La production nationale des céréales est encore faible, elle a atteint environ 42 Mt en 2011. Mais, elle ne couvre que 20 à 25% des besoins du pays, le reste étant importé (Moullef, 2010). Cette faible productivité est elle-même due à des contraintes abiotiques comme la pluviométrie, les biotiques, particulièrement les adventices et humaines tels que les itinéraires techniques appliqués (Chellali, 2007).

4.1. Zones de production des céréales

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

- ✓ **Une zone potentielle**, située essentiellement dans les plaines littorales et sub-littorales et le nord des hauts plateaux, avec un cumul 450 et 800mm de P. La céréaliculture variée est pratiquée de manière intensive avec une superficie de 1 à 1.2 millions d'hectares (Cadi et al., 2000).
- ✓ **Une zone intermédiaire**, localisée principalement au sud des hauts plateaux, la pluviométrie est inférieure à 400mm, constituant la zone agropastorale où se pratique une céréaliculture de subsistance avec des rendements très bas. La superficie est estimée à 1.8 millions d'hectares (Latreche, 2011).
- ✓ **Une zone steppique**, où la céréaliculture est pratiquée de manière irrégulière sur 0.3 à 0.8 millions d'hectares, selon les années. C'est une zone à hiver froid, les précipitations enregistrées sont faibles, présentant une grande variabilité interannuelle, de 200 à 300mm. C'est une zone peu productive, axée essentiellement sur l'orge (Latreche, 2011).
- ✓ **La zone sud**, où se pratique une céréaliculture sous irrigation (Latreche, 2011).

4.2. Rotations et associations culturales

La rotation culturale est une succession ordonnée et répétée des cultures sur une même parcelle pendant une série d'années. Elle diffère d'association culturale où plusieurs variétés sont rangées simultanément. Les rotations/associations culturales constituent un élément important pour minimiser les risques encourus en monoculture. Elles permettent de briser le cycle des pathologies tout en valorisant les interactions entre les propriétés physiques et chimiques de différentes espèces végétales cultivées de façon alternative ou associées sur une même parcelle (FAO, 2012).

Ces notions présentent des nuances avec l'assolement qui est plutôt la diversité géographique des cultures pendant une saison culturale. La combinaison d'espèces ou de variétés cultivées dans le temps et l'espace vise à améliorer l'exploitation du profil de sol, à limiter la spécialisation et la diffusion parasitaire (Serpantié, 2009).

4.3. Agriculture de conservation

Cette pratique a été retenue lors du « First World Congress on Conservation Agriculture : A Worldwide Challenge ». Qui s'est déroulé à Madrid du 1-5 octobre 2001, sa définition est la suivante :

- ✓ Absence de retournement profond du sol (travail minimum du sol) et implantation des cultures en semis direct ;
- ✓ Couverture permanente du sol (culture de couverture, résidus et mulch). Pour protéger le sol et contribuer à l'élimination des mauvaises herbes ;
- ✓ Rotation de cultures diversifiées et associations de culture, qui favorisent les microorganismes du sol et stoppent le développement des organismes nuisibles aux végétaux, des mauvaises herbes et des maladies ;
- ✓ L'agriculture de conservation vise à relancer la production agricole en optimisant l'utilisation des ressources agricoles et en aidant à réduire la dégradation généralisée des terres par une gestion intégrée du sol, de l'eau et des ressources biologiques disponibles, combinée à des apports externes. Le labour mécanique est remplacé par un labour biologique du sol, les micro-organismes du sol, les racines et la faune du sol assumant alors la fonction de labourage et garantissant l'équilibre en éléments nutritifs du sol. La fertilité du sol (éléments nutritifs et eau) est gérée par la gestion de la couverture des sols, la rotation des cultures et la gestion des mauvaises herbes ;

4.3.1. Travail du sol

En agriculture, le travail du sol est réalisé par une série de façons culturales à l'aide d'instruments aratoires et destinées à créer dans le sol un milieu favorable au développement des plantes cultivées. Elles peuvent être exécutées avant la mise en place d'une culture, ou pendant son développement. La manière de travailler le sol a un impact à moyen et long terme très important sur sa biodiversité et ses qualités agro-pédologiques (Ponge, 2000).

4.3.1.1. Travail conventionnel (TC)

Le système conventionnel du sol est caractérisé par un labour entre deux cultures, créant un lit de semence avec les opérations de labour secondaire (Aron, 1972). Généralement, la préparation de lit de semence est réalisée en trois étapes :

➤ **Travail primaire**

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

➤ **Travail secondaire**

Le travail secondaire dénommé reprise de labour ou pseudo labour à 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).

➤ **Préparation du 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 (dit aussi façon superficielles) est destinée à affiner la préparation de lit de 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).

4.3.1.2. Inconvénients du travail conventionnel (TC)

On reproche à cette technique qui retourne le sol particulièrement quand le facteur eau est limitant (Mahdi, 2004). Les inconvénients comme suit :

- ✓ IL favorise l'érosion éolienne et hydrique par l'action du vent et de l'eau qui peut être très importante dans les sols fragiles ;
- ✓ Une disparition de la couche superficielle de la matière organique ;

- ✓ 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 enfouie. 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 diminue rapidement et fortement la capacité du sol à l'infiltrer et retenir l'eau ;
- ✓ La composition du sol introduite par les machines ;

4.3.2. Impact de l'agriculture de conservation (AC) sur la qualité des sols

L'AC 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.

a. Sur le plan environnemental

- **Limitation de l'érosion**

L'érosion est la dégradation de la surface du sol sous l'action de l'eau et de l'air. Il existe plusieurs formes d'érosion : hydrique, éolienne et mécanique. Environ 3 millions d'hectares des terres arables disparaissent progressivement chaque année dans le monde (Benmansour et *al.*, 2006).

Les facteurs d'influence des phénomènes d'érosion sont la morphologie du terrain, les propriétés du sol et le climat ainsi qu'une exploitation intensive et imprudente des terres agricoles ou encore par la mauvaise gestion des champs agricoles (Nouira et *al.*, 2007). Par contre les techniques de travail du sol peuvent limiter ses influences (Chevrier et Barbier, 2002).

Le taux de recouvrement du sol par les résidus est très élevé en semis direct, ce qui correspond à un effet protecteur important du couvert végétal et donc à une limitation de l'érosion (Chevrier et Barbier, 2002).

Le fait de ne plus travailler le sol et d'implanter une couverture végétale ou d'avoir un mulch permet une meilleure stabilité du sol. En outre la compaction ou le tassement des sols sont d'autant plus limités que la présence de couvert végétal ou de mulch est importante (INRA, 2004).

Le travail du sol en semis direct conduit à des taux d'érosion plus faible par rapport au labour conventionnel. Donc cette technique constitue une mesure efficace pour protéger les sols contre l'érosion, réduisant ainsi les charges de sédiments contaminés évacués vers les cours d'eau. (Nouira et *al.*,2007).

- **L'amélioration et protection de la qualité des eaux**

Parmi les avantages de l'AC la limitation de la pollution des eaux de surface par les substances fertilisantes et les résidus des produits phytosanitaires a un fait sur la réduction de l'érosion. En plus elle contribue à limiter la pollution des eaux par le lessivage de nitrates en réduisant la lixiviation de l'azote, car la minéralisation de l'azote contenu dans les matières organiques est ralentie tant à l'automne qu'en printemps. (Chevrier et Barbier, 2002).

Selon Viaux.1999, la présence d'un couvert végétal vivant pendant la période hivernale permet donc, en complément de TCS, de limiter la lixiviation des nitrates dans le sol pendant les périodes pluvieuses de l'hiver. De plus la présence de couvert végétal augmente l'adsorption et la dégradation des matières actives, ce qui réduit la fuite de cette dernière dans le milieu.

En outre, d'après les travaux d'Abdellaoui et *al.* (2006), la couverture du sol a permis de limiter l'évaporation du sol suite à la limitation de la remontée par capillarité de l'eau contenue en profondeur de sol.

- **Un accroissement de la biodiversité et de l'activité biologique**

Les TCS favorisent 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 *al.*, 2002). D'après Granval et *al.*(1993), quand on ne travaillant plus le sol, on constate que la biomasse lombricienne est presque multipliée par cinq. Ainsi, la présence de cultures intermédiaires dans des systèmes en travail minimum contribue également à l'accroissement de leurs populations. Cependant, les galeries générées par les pérégrinations lombriciennes, favorisent un meilleur drainage et stabilisent le sol, évitant ainsi l'érosion. En outre, le maintien d'un couvert permanent sur le sol fournit un habitat

pour plusieurs espèces qui se nourrissent des pestes, et qui vont à leur tour attirer des insectes, les oiseaux et d'autres animaux. La rotation des cultures et des plantes de couverture permet de maintenir et d'augmenter la biodiversité génétique contrairement à un système de monoculture (Chevrier et *al.*, 2002).

- **Une contribution à la réduction de l'effet de serre**

Il est aujourd'hui largement admis que l'augmentation de la concentration atmosphérique en gaz à effet de serre contribue au processus de réchauffement climatique. L'agriculture serait responsable de 30% des émissions des gaz à effet de serre dans le monde, dont 25% des émissions de CO₂ et 70% des émissions de NO₂ (FAO, 2001).

Les systèmes agricoles basés sur le maintien d'un couvert végétal et le non labour du sol stockent plus de carbone, comparé aux quantités que les systèmes utilisant le labour à la charrue.

Pendant les premières années de mise en œuvre de l'AC, l'accumulation de la matière organique du sol augmente en raison de la décomposition des racines, et des résidus de cultures qui restent à la surface du sol. La décomposition de la matière organique est lente, et une bonne partie est incorporée dans le profil du sol, conséquemment la libération du carbone dans l'atmosphère est ralentie. Dans le bilan global, le carbone est piégé dans le sol (Chevrier et *al.*, 2002).

L'AC est dit une « agriculture de carbone ». Elle présente un grand intérêt pour la réduction des émissions des gaz à effets de serre grâce : au stockage du carbone dans la matière organique, à la réduction de l'érosion, à la réduction de la consommation des carburants et à terme, un recours limité à la fertilisation azotée. Son intérêt pour la prévention des effets désastreux du réchauffement climatique est avéré (FAO, 2007).

b. Sur le plan Agronomique

- **Un enrichissement des matières organiques des sols en surface**

Les techniques de conservation des sols contribuent, par le non retournement des sols, à localiser les matières organiques en surface. Cependant, l'accumulation des résidus des cultures entraîne une augmentation de la matière organique du sol. Dans un premier temps, ceci se limite à la première couche superficielle du sol, mais avec le temps ce phénomène va toucher les couches en profondeur.

La matière organique joue un rôle important dans le sol : utilisation des engrais, capacité de rétention d'eau, agrégats du sol et environnement du système racinaire sont fortement influencés par la teneur du sol en matière organique (Chevrier *et al.*, 2002).

Bessam *et al.*(2001), démontre que l'état de la matière organique et l'activité biologique sont les pivots de l'amélioration de la structure du sol sous semis direct avec couverture de résidus. Ce système présente un taux de matière organique toujours plus élevé.

- **Une amélioration de la structure du sol et de sa stabilité structurale**

Les techniques de conservation des sols contribuent tout d'abord à protéger le sol des « accidents structuraux ». En effet, la formation du mulch augmente la densité de la couche arable, ce qui a pour conséquence d'améliorer la résistance du sol au tassement et de limiter la battance. (Chevrier *et al.*, 2002).

Avec l'adoption des techniques de conservation des sols, la structure du sol se modifie progressivement pour atteindre un profil cultural continu après quelques années. Il a été constaté que la semelle de labour est ameublie sous semis direct (par les nombreux canaux de vers de terre reliant la surface aux couches inférieures du sol).

Selon Chervet *et al.* (2000), les techniques de semis direct sont une nouvelle démarche agronomique qui vise à développer, voir restaurer le sol vers une fertilité naturelle. Cette amélioration de la fertilité du sol s'appuie sur une redynamisation organique 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 (Mrabet *et al.*, 2001).

D'après Guerif(1991), les changements de la stabilité de la structure peuvent être détectés après deux à trois ans du changement de pratiques culturales, l'équilibre est atteint en trois années seulement.

4.3.3. Importance (impact) de la réduction du travail du sol

Le travail minimum est une stratégie qui tend à réduire le nombre de façons culturales et le volume de terre remanié. Le labour réalisé classiquement à la charrue à disques ou à soc est ainsi remplacé par des techniques visant à perturber le sol uniquement en surface pour l'installation des cultures (Abdellah, 2009).

4.3.4. Techniques culturales simplifiées (TCS)

Les techniques culturales simplifiées, ou travail réduit ou encore techniques de conservation des sols sont un ensemble d'itinéraires techniques de travail superficiel du sol sans retournement de ce dernier, qui peuvent inclure aussi bien une opération de pseudo-labour qu'une implantation en semis direct (Robert et al., 2004).

Le travail minimum a été initialement développé en Amérique du sud où les méthodes classiques, importées de l'Europe, n'étaient pas adoptées en conditions pédoclimatiques spécifiques à ce milieu (Heddadj et al., 2007).

C'est un système moins intensif que le travail conventionnel et qui résulte en une incorporation incomplète des résidus de culture. Ce travail réduit comporte habituellement deux étapes (Anonyme, 2000) : Un travail primaire dans lequel le sol est brisé ou soulevé au lieu d'être retourné comme dans le cas du TC, la profondeur est limitée entre 5 et 10 cm. Un travail secondaire est effectué dans les horizons superficiels (15 cm de profondeur) de manière moins agressive qu'en système conventionnel. Il a pour but de préparer le lit de semence, de niveler la surface du sol et d'incorporer les engrais et les herbicides.

4.3.5. Semi direct

Le semis direct (SD) est un système de conservation, de gestion des sols et des cultures, dans lequel la semence placée directement dans le sol qui n'est jamais travaillé. Seul, un petit trou ou un sillon est ouvert, de profondeur est suffisante avec des outils spécialement conçus à cet effet pour garantir une bonne couverture et un bon contact de la semence avec le sol. Aucune autre préparation du sol n'est effectuée (Seguy et al., 2001).

Le semis direct peut s'effectuer sur ou non une couverture permanente de végétal. Le semis direct sur couverture végétale permanente du sol, imitant l'écosystème forestier tout en accroissant la production des plantes. Dans ces systèmes, le sol n'a jamais travaillé et une couverture morte ou vivante est maintenue en permanence.

4.3.5.1. Caractéristiques du semis direct sous couvert végétal

L'objectif essentiel de la technique du semis direct en général est de conserver, d'améliorer et d'utiliser les ressources naturelles d'une façon plus efficace par intégrée du sol, de l'eau, des agents biologiques et des apports des 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, 2006).

4.3.5.2. Avantages du semis direct sous couverture végétale

a. Aspects environnementaux

- ✓ Contrôle de l'érosion, la protection des sols et la préservation de leur fertilité au moindre coût ;
- ✓ Réduction de l'agriculture itinérante ;
- ✓ Réduction de la consommation d'eau pour la production agricole ;
- ✓ Efficacité accrue de l'utilisation des engrais et pesticides diminuant ainsi leur impact polluant ;
- ✓ Effet tampon pour les flux d'eau et la réduction des risques d'inondation ;
- ✓ Récupération des sols marginaux ;
- ✓ Séquestration du carbone et la réduction de l'effet de serre ;

b. Aspects socio-économiques

Outre des aspects positifs sur les plans techniques et environnemental, un intérêt majeur de ces systèmes est qu'ils sont particulièrement attractifs sur le plan économique du fait de la réduction des temps de travaux et de leur pénibilité, de l'optimisation de l'organisation du travail avec un accès facilité aux champs, mais aussi de la réduction de la consommation en carburant pour les grandes exploitations, des intrants (engrais, pesticides), et des investissements (tracteur, charrue, etc....).

4.3.5.3. Inconvénients du semis direct

Daniele *et al.* (2008) ont montré que cette pratique peut causer certains inconvénients tels que :

- ✓ difficultés 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 (Daniele *et al.*, 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) ;

4.3.6. Effets des techniques de conservation sur les propriétés du sol

4.3.6.1. Influence des techniques de conservation du sol sur les propriétés physiques du sol

De nombreux chercheurs ont constaté que l'étude physique du sol en agriculture, fournissant une description de ces processus constitue ainsi un instrument indispensable à une bonne gestion des sols, non seulement du point de vue de l'amélioration de la production végétale, mais également à l'égard de leur protection et de leurs conservation (Musy et *al.*, 1991).

La protection physique des sols touche plusieurs domaines : le compactage encore appelé « le tassement » du sol, qui résultant de la pression exercée aux passages de machines lourdes, correspond à une réduction de la densité apparente d'un sol qui se traduit par une augmentation de la masse volumique et inversement par une diminution de la porosité ou de l'indice des vides.

Lorsque la réduction du volume de pores s'accompagne d'une expulsion d'eau, on parle de consolidation. D'autre part, en diminuant la perméabilité du sol à l'eau et à l'air ; l'érosion hydrique ou éolienne provoquant des pertes irréversibles de matériaux terreux ; le décapage, le stockage et le remblai de terre liés à l'exploitation de matières premières et aux travaux de chantier ; l'affaissement des sols organiques après des corrections des eaux souterraines à grande échelle (Tobias, et *al.*, 1999).

- **Texture**

La texture des sols joue un rôle complexe sur la sensibilité au tassement car un sol n'est jamais constitué d'un seul type de particules. En effet, la capacité de portance d'un sol, caractérisée par la pression de pré-consolidation P_c , a tendance à augmenter, lorsque la teneur en argile augmente (seulement dans des conditions sèches).

Imhoff et *al.* (2004), expliquent cet effet par les propriétés des argiles qui ont la faculté d'augmenter les forces de cohésion entre les particules solides.

Cependant, Larson et *al.* (1980), observent une augmentation du paramètre P_c jusqu'à un certain point : au-delà de 33 % d'argile le paramètre P_c diminue (Smith et *al.*, 1997).

La structure du sol est un concept qualitatif, qui fait référence à une propriété du sol intégrative. La définition la plus acceptée est celle de Dexter (1988) qui est très générale mais prend en compte les différents aspects de la structure qui se manifestent à différentes échelles:

«La structure de sol est l'hétérogénéité spatiale des différents constituants ou propriétés du sol».

Dexter (1988), propose donc que la structure est un synonyme de l'arrangement de particules ou propriétés à toutes les échelles. 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 compactations modérées ou par le climat et/ou la faune) et de déplacement du sol par le travail du sol (Roger-Estrade et *al.*, 2000).

Il en résulte que la structure du sol est très variable au sein des couches de sol cultivées, non seulement dans le temps (sous l'action des systèmes de cultures, du climat), mais aussi dans l'espace. Le sol présente donc une forte variabilité spatiale des conditions locales de circulation d'eau, d'activité biologique.

- **La densité apparente et la porosité du sol**

La densité apparente du sol (et la porosité) varie en fonction de la texture du sol, de la structure, et de la teneur en matière organique, mais pour un type de sol donné, il peut être utilisé pour surveiller le degré de compactage du sol et la formation de flaques. Les variations de densité apparente affectent d'autres propriétés et les processus qui influencent de l'eau et l'apport d'oxygène (Schoenholtz et *al.*, 2000).

L'effet des différentes techniques de travail du sol sur la structure diffère selon le type de sol, les sols sensibles aux tassements, se prêtent moins à l'abandon du labour car leur faible activité structurale limite la régénération de la structure du sol par les phénomènes naturels de retrait gonflement (Munkholm et *al.*, 2003).

En effet le non retournement des couches de sols par la charrue ou les techniques de travail superficielles, surtout les techniques de semis direct, favorisent l'activité fouisseuse de la faune du sol, et la présence de biopores contribue donc à diminuer les effets de ces techniques sur la densité apparente du sol à long terme (au-delà de 10 années d'adoption de ces techniques) (Munkholm et *al.*, 2003).

Cependant, les sols non travaillés présentent une structure plus compacte et une porosité totale souvent plus faible que celle des sols labourés ou travaillés avec un outil à dent. (Dirgo, 2006).

4.3.6.2. Effets des techniques de conservation du sol sur les propriétés biologique du sol

Les indicateurs biologiques de la fertilité actuellement utilisés sont ceux liés à la structure de la biomasse microbienne et à leur activité. L'intérêt de l'évaluation de la biomasse à un moment donné, plus encore, sa variation dans le temps, est lié à son rôle dans la métabolisation des composés organiques, la formation structurale et la stabilisation des sols, ainsi qu'à sa fonction de marqueur écologique (Franco et *al.*, 2004).

À cause de leur rôle dans le fonctionnement du sol, les populations microbiennes et leurs activités sont considérées comme des indicateurs utiles de l'amélioration et de la dégradation des sols. Etant donné que la biomasse microbienne est considérée comme une partie de la matière organique du sol qui est constituée par les cellules microbiennes vivantes, les paramètres les plus utilisés pour estimer la biomasse microbienne sont le C et N microbiens (Davet, 1996).

Parmi les activités microbiennes, certaines réactions, comme la respiration du sol, peuvent être réalisées par la plupart de microorganismes du sol, alors que d'autres sont catalysées par un nombre restreint d'espèces microbiennes particulières (activités enzymatiques) (Nannipieri et *al.*, 1990).

Les activités enzymatiques dans les sols, comme la respiration et la biomasse microbienne, sont sensibles aux modifications environnementales, et sont de ce fait considérées comme des indicateurs des perturbations naturelles et anthropiques (Schloter et *al.*, 2003).

Les enzymes les plus souvent mises en évidence dans le sol sont celles appartenant aux groupes des oxydoréductases (déshydrogénases, nitrate-réductase, catalase, etc.) et des hydrolases (phosphatases, nucléases, lipase, amylase, cellulase, etc.).

Comme pour la biomasse microbienne du sol (Pérez-deMora et *al.*, 2006) et la respiration du sol (Wang et *al.*, 2003), démontrent que l'activité enzymatique est positivement corrélée avec la teneur en matière organique (Garcia-Gil et *al.*, 2000).

Cependant, la qualité de cette dernière est aussi importante que la quantité. En revanche, à l'échelle de l'écosystème, la respiration est augmentée du fait d'une augmentation de la production de biomasse (Aeschlimann, 2003).

4.3.6.3. Effets des techniques de conservation du sol sur les propriétés chimiques du sol

Les systèmes de travail du sol de conservation laissent plus de 30 % des résidus de cultures en surface ou les concentrations dans les premiers centimètres du sol. Le labour quant à lui enfouit et répartit ces résidus de cultures sur la profondeur de la couche labourée.

Ce changement dans la répartition des résidus de cultures au sein du profil de sol va avoir des conséquences à plus ou moins long terme sur les teneurs et stocks des matières organiques du sol et des éléments nutritifs.

- **Teneur en C total et N total**

Les concentrations en C et en N organique dans les systèmes de conservation sont en général supérieures dans les 10 premiers centimètres du sol par rapport à un sol labouré et décroissant fortement dans les horizons sous-jacents (D'Haene et *al.*, 2008). Par conséquent, les stocks de C et N organiques (t.ha⁻¹) dans les systèmes de conservation sont supérieurs en surface par rapport aux systèmes labourés (Gál et *al.*, 2007) mais peu de différences apparaissent en profondeur (Balesdent et *al.*, 2000).

En effet, si globalement les techniques de travail du sol de conservation stockent plus de MOS sur 0-30 cm, il apparaît que le stock de MOS est supérieur en dessous de 30 cm dans les sols labourés (Baker et *al.*, 2007) ce qui contribue à surestimer la capacité des techniques de conservation à augmenter le stockage du C-tôt dans les sols.

Le rapport C/N de la MOS dans les systèmes de conservation est en général supérieur à celui des systèmes labourés en surface là où les résidus de culture s'accumulent, et peu de différences apparaissent en deçà (McCarty et *al.*, 1998).

- **Azote minérale**

L'azote inorganique du sol constitue la fraction disponible pour les cultures. Le sol en contient rarement plus de 10% d'azote inorganique total (Scheiner, 2005). Dans le sol, l'azote minéral se présente généralement sous la forme de nitrate (NO₃⁻), qui est très mobile et qui peut facilement être lixiviée avec les eaux de percolation, notamment pendant la saison pluviale (Spiess, 2005).

Les travaux sur l'effet des techniques de travail de sol sur les niveaux de l'azote minéral au cours de l'année donnent des résultats parfois divergents. L'Anglet et *al.* (1976) ont montré que dans la plupart du temps, au cours de cycle cultural, les niveaux d'azote minéral sont semblables dans les sols labourés ou en semis direct, voire quelques fois supérieurs en fin

d'hiver dans les sols en semis direct. La minéralisation de l'azote se déroule d'une manière plus continue et dure plus longtemps en semis direct qu'avec le labour (Zihlman et *al.*, 2001).

La dynamique de minéralisation des composés organiques modifiés en semis direct et la minéralisation concomitant au travail du sol n'existe plus ; la composition des microorganismes décomposeurs, dominé par les champignons, favorise l'immobilisation de l'azote au détriment de sa minéralisation (Carteret et *al.*, 1987).

Qu'ils' agisse de sols argileux (Catt et *al.*, 2000), de sols sableux (Hansen et *al.*, 1997) ou de sols limoneux (Stoddard et *al.*, 2005).

En revanche, Drury et *al.* (1993) ont observé des concentrations mais aussi des pertes d'azote plus élevées (bien que non significativement) dans le cas du labour que dans celui du semis direct. Ammann et *al.* (2003), ont observé une différence de perte d'azote de 30 kg N/ha entre semis direct et labour une année parmi les 3 années de leur étude.

- **Phosphore**

Les techniques de travail du sol influencent en premier lieu le mode de distribution dans le soldu phosphore apporté par l'engrais, les matières organiques exogènes et les résidus des cultures. Quelles que soient les techniques mises en œuvre, elles sont sans effet notable sur les teneurs en phosphore, en général très faibles, des couches de sols situées au-dessous de la plus grande profondeur de travail.

A ce niveau, en raison de la capacité qu'ont les racines à absorber du phosphore dans la solution du sol jusqu'à des concentrations de quelques mg/L (Barber, 1995), les teneurs du sol en phosphore demeurent généralement très faibles avec pour corollaire l'existence d'un fort pouvoir fixateur pour cet élément. Dans l'horizon de surface, les opérations culturales qui réalisent un retournement ou un malaxage du sol tendent à homogénéiser le phosphore dans le volume travaillé. Par contre celles qui n'engendrent pas de mélange des couches travaillées, conduisent à l'instauration d'un gradient de teneurs décroissantes avec la profondeur (Sharpley, 2003), très fortement marqué dans le cas du semis direct. La création de ce gradient s'accompagne d'un enrichissement de la couche de surface qui peut interagir avec l'eau qui ruisselle. Ce phénomène est d'autant plus fort que les apports de phosphore sont abondants.

- **La capacité d'échanges cationiques et d'autres éléments minéraux**

Les réactions d'échange cationiques entre la solution du sol et le complexe adsorbant réfèrent à deux importants paramètres chimiques des sols à savoir la capacité d'échange cationique (CEC) et les cations échangeables.

La CEC, qui est une expression de charges négatives par unité de masse d'un sol, est l'une de plus importantes caractéristiques du sol. Or, il est connu que seules les argiles et l'humus, par leurs propriétés colloïdales, peuvent développer des charges importantes à leur surface (Brady et *al.*, 2002).

Répartition des éléments nutritifs est également modifiée par les techniques de travail du sol. Ainsi, les micronutriments présentent une stratification verticale identique à celle des pools de C et N : le P, et K s'accumulent en surface dans les systèmes de conservation et diminuent en profondeur tandis qu'ils sont répartis de façon homogène sur la couche de sol labourée (Wright et *al.*, 2007).

La répartition des macronutriments (Ca^{2+} , Mg^{2+}) semble être plus liée à la nature et à la répartition des éléments minéraux du sol qui sont en général plus concentrés en profondeur à proximité de la roche mère (Wright et *al.*, 2007).

Le non retournement du sol en semis direct conduit à un enrichissement en éléments minéraux des premiers centimètres de sol par rapport à une situation avec labour (Edwards et *al.*, 1992). D'un autre côté, en semis direct, les quantités d'éléments minéraux peuvent être réduites en profondeur, notamment le phosphore et le potassium (Pekrun et *al.*, 2003). L'émission de protoxyde d'azote est favorisée dans un sol non travaillé (Liu et *al.*, 2006).

CHAPITRE II
PARTIE EXPÉRIMENTALE

I. Situation géographique de la région de Bordj Bou Arreridj

I.1. Présentation géographique

La wilaya de Bordj Bou Arreridj (Fig.4), occupe une place stratégique au sein de l'Est Algérien. Elle se trouve à mi-parcours du trajet séparant Alger de Constantine. Le Chef-lieu de la wilaya est situé à 220 km à l'est de la capitale, Alger. La wilaya de Bordj Bou Arreridj se situe à 982 m d'altitude et s'étend sur une superficie de 3 921 km². La wilaya est située au Nord- Est du pays sur les Haut-Plateaux. Elle est limitée par les wilayas suivantes: Au nord: Bejaia, à l'est: Sétif, au sud : M'Sila et à l'ouest par Bouira.



Figure 3. Localisation géographique de Bordj –Bou –Arreridj (googlemaps, 2020)

I.2.Site d'étude

I.2.1. Localisation et conditions expérimentales

I.2.1.1. Synthèse climatique

La wilaya de Bordj Bou Arreridj se caractérise par un climat continental, qui offre des températures chaudes en été et très froides en hiver, parmi les plus basses en Algérie. La pluviométrie annuelle est de 300 à 700 mm(ANDI 2013).

I.2.1.2.Variation du relief de la région

La wilaya est constituée de trois zones géographiques qui se succèdent : Une zone montagneuse, avec au nord, la chaîne des Bibans ; une zone de hautes plaines qui constitue la majeure partie de la wilaya et une zone steppique, au sud-ouest, à vocation agropastorale. L'altitude varie entre 302 m et 1885 m.

I.2.1.3. Couverture pédologique

Selon Bender (2008), Au niveau de la wilaya de Bordj Bou Arreridj on peut distinguer les différents types de sol selon la zone :

- ✓ **La zone montagneuse** : Les sols relativement peu profonds argilo-limoneuse et les sols de moyennes et hautes montagnes repose sur roche mère constituée de calcaire, marno-calcaire et de grès.
- ✓ **La zone des hautes plaines** : Les sols rencontrés dans cette zone sont :-Sols bruns calcaires avec ou sans encroutements sur lesglacis.-Solsvertiques.-Sols lithiques et sols rigosoliques (CF BBA,2009)
- ✓ **La zone Sud** : La couverture pédologique de la zone est une association des sols lithiques marneux. (DSA, 2016).

I.2.1.4.Activités agricoles

La wilaya est à vocation agricole, notamment céréalière. Les potentialités sont de 246 154 ha de terres agricoles dont 187 000 ha de SAU, 7 300 ha en irrigué, 48.600 ha de pacage et parcours. 87 000 ha de la SAU sont consacrés à la céréaliculture. L'élevage, comprend 415683 têtes dont 379627 ovins. La zone des hautes plaines est à haut rendement céréalière. Au nord, la zone montagneuse des Bibans est dominée par l'arboriculture, surtout l'olivier et le figuier, la région possède de nombreuses huileries traditionnelles. Le sud-ouest est une zone steppique à vocation pastorale où se pratique une agriculture extensive avec association céréaliculture jachère.

I.2.2. Successions des cultures étudiées

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

Tableau 2.Successions des cultures étudiées et le type de travail du sol.

	CULTURE PRECEDENTE	CULTURE ACTUELLE
SEMIS CONVENTIONEL	Légumineuse (lentille)	Céréale (blé)
	Céréale (blé)	Céréale (blé)
SEMIS DIRECT	Légumineuse (lentille)	Céréale (blé)
	Céréale (blé)	Céréale (blé)

I.3. Choix des stations

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 lithoposéquence. Le dispositif expérimental des 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 le 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, marqueurs, pince, l'éthanol et tubes à essais.

II.2. Matériel utilisé au laboratoire

Sur le terrain, trois zones de prélèvement 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 (Fig. 5), les macro-invertébrés sont échantillonnés selon la méthode TSBF (Anderson et 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 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.



Figure 4. Illustrations de la méthode TSBF (Tropical SoilBiology and Fertility) en quatre étapes.

III. Méthodes

III.1. Méthode d'échantillonnage

L'échantillonnage (Fig. 6), a été réalisé le 22 avril 2019 dans la parcelle de wilaya de Bordj Bou Arreridj dont on a une légumineuse et une céréale, la parcelle est subdivisée en deux, une partie est conduite en SD et l'autre en SC.

Pour les prélèvements, nous avons utilisé un quadrat de 6250 cm³ ; selon le principe de la méthode de Coineau, (1974). Dans 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. Les échantillons sont placés dans des sachets juste après leur prélèvement, étiquetés et ramenés au laboratoire pour les analyses biologiques.



Figure 5. Les étapes du prélèvement 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.

III.3.3. 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. 6), le principe consiste à prendre une petite boîte de pétri en verre, verser des petites quantités du contenu des fioles, nous procédons à l'identification, puis au comptage des individus de chaque groupe faunistique présent dans chaque échantillon de sol.



Figure 6. Une loupe binoculaire pour l'identification 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 élaborées 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.

- **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 auparavant.

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 la matière organique selon la formule suivante :

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

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.

V. Exploitation des résultats

V.1. Densité

Elle représente le nombre d'individus d'un taxon ramené à une unité de surface et représente dans notre étude le nombre d'individus par m².

V.2. Richesse spécifique

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

V.3. 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 :

$$AR \% = (ni \times 100) / N$$

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

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

N : nombre total des individus de toutes les espèces présentes

V.4. Indice de diversité de Shannon-Weaver

L'indice de Shannon (SHANNON, 1948 ; SHANNON-WEAVER, 1963), aussi appelé indice de Shannon-Weaver est le plus couramment utilisé dans la littérature, il mesure le degré de

complexité d'un peuplement. L'indice est maximal quand tous les individus sont répartis d'une façon égale sur toutes les espèces (FRONTIER, 1983). A l'inverse, H' est minimal si, dans un peuplement chaque espèce est représentée par un seul individu, excepté une espèce qui est représentée par tous les autres individus du peuplement. Autrement dit, plus l'abondance de la communauté est monopolisée par un taxon, moins la communauté est diversifiée ; à l'inverse, une communauté composée d'espèces d'abondances égales, sera de « diversité » maximale.

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

$$H' = - \sum P_i \log_2 P_i \quad \text{où } P_i = n_i / N$$

n_i : effectif de l'espèce i N : effectif total du peuplement H' est exprimé en Bit (Binary digit) si \log calculé est de base 2 Dans la nature, quelque soit le groupe taxinomique étudié, les indices de diversité de Shannon sont compris entre 0 et 4,5, rarement davantage (FRONTIER & PICHOD-VIALE, 1998). L'indice de Shannon est souvent accompagné de l'indice d'équitabilité de PIÉLOU (1966), appelé également indice d'équirépartition (BLONDEL, 1979).

V.5. Indice de diversité maximale

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

$$H' \text{ max} = \log_2 S$$

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

H' max : La valeur maximale que peut atteindre l'indice de Shannon pour un nombre d'espèces donné S et une proportion équivalente pour chaque espèce

Cet indice peut varier de 0 à 1, il est maximal quand les espèces ont des abondances identiques dans le peuplement et il est minimal quand une seule espèce domine tout le peuplement.

V.6. L'indice d'équitabilité ou équirépartition

La régularité de distribution des espèces est un élément important de la diversité, elle représente le rapport de H' à l'indice maximal théorique dans le peuplement (H' max). Une espèce représentée abondamment ou par un seul individu n'apporte pas la même contribution à l'écosystème et le maximum de diversité sera atteint quand les espèces auront une répartition très régulière. Cet indice permet d'estimer la répartition des espèces au sein des relevés en évaluant la proportion des espèces dominantes. Il se calcule de la façon suivante :

$$E = H' / H' \text{ max}$$

VI. Traitements des données

Les analyses de variance (ANOVA) ont été utilisées pour tester les effets du travail, rotation et profondeur sur la faune édaphique avec le logiciel statbox version 6.0.

CHAPITRE III
RÉSULTATS ET DISCUSSION

I. 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

I. 1. 1. Variation des pH des sols de la station de Bordj Bou Arreridj

Les résultats du pH sont illustrés dans la figure 8. Les valeurs de pH varient de 7.7 à 7.9. D'après les normes d'interprétation proposées par Mémento d'agronomie (Annexe 1), les pH des sols de la station de Bordj Bou Arreridj sont basiques.

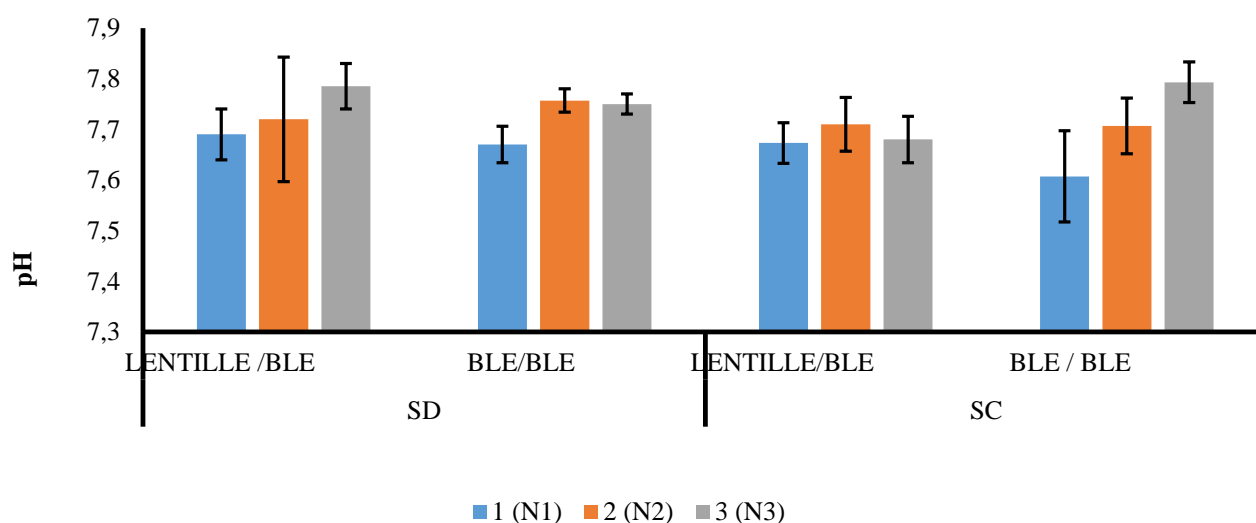


Figure 7. Variations du pH des sols de la station de Bordj Bou Arreridj en fonction du travail du sol, du précédent cultural et de la profondeur.

I.1.2. 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.

L'étude des moyennes indique une légère augmentation des pH des sols sous semis direct (SD) en comparaison au semis conventionnel du sol (SC). De 7.72 à 7.69.

Les 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 de pH du sol.

Par contre, Mrabet et IbnoNamr, (2008) et Karlen et *al.*, (1994) ont noté une baisse du pH sous les sols non labourés (NL) par rapport à ceux conduits en labour conventionnel (LC).

I.1.3. Effet précédent cultural

Les résultats du pH des sols étudiés montrent une similarité des pH quel que soit le précédent cultural (7.7).

Ces résultats ne coïncident pas avec ceux trouvés par Hinsinger et *al.*, 2003, qui a montré que le type de culture influe beaucoup les pH des sols, le phénomène d'acidification est particulièrement important chez les légumineuses.

I.1.4. Effet profondeur

L'analyse statistique a révélé deux groupes homogènes des pH des sols ; un groupe pour la profondeur 0-10 cm et un autre pour les horizons profonds 10-20 cm et 20-30 cm (Tab.2).

On note une augmentation significative des pH en profondeur par rapport à la surface. Les pH varient de 7.66 à 7.75.

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. Carbone organique

I.2.1. Effet travail du sol

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.

Le dosage de la teneur en matière organique du sol, effectué sur les 3 horizons, après la 2^{ème} année de mise en rotation de culture blé/blé et lentille/blé, a mis en évidence, l'effet des pratiques de travail du sol sur l'évolution de ce paramètre.

L'étude des moyennes indique deux groupes formés pour le carbone total (Tab.2), les techniques conservatrices du sol (SD) présentent un avantage en comparaison au TC et constituent un même groupe affichant respectivement les moyennes de 1,22 et 1,035 %.

Le travail du sol en modifiant la répartition et parfois la quantité de résidus de cultures retournés au sol, affecte également la qualité des MOP. Ainsi, les systèmes de conservation ont une plus grande part de MOP (Franzluebbers et Arshad, 1997) que les sols labourés en

raison notamment de la protection physique des MOS qui protège la MOS de l'activité microbienne dans les systèmes de conservation (Balesdent *et al.*, 2000 ; Six *et al.*, 2000).

Dans les zones semi-arides où la décomposition de la MO est influencée par les conditions de sécheresse (Campbell *et al.*, 1996), l'adoption du non labour réduit l'évaporation et par conséquent les pertes en eau, améliore les rendements et favorise l'accumulation de la MO par l'incorporation des résidus de récolte (Campbell et Janzen, 1995).

I.2.2. Effet précédent cultural

Les résultats obtenus de l'analyse statistique montrent une augmentation hautement significative du CO sous les sols sous céréale avec une rotation blé/blé par rapport au sol sous rotation lentille/blé. Ceci peut être expliqué par la quantité des résidus de la culture du blé.

I.2.3. Variation du taux de carbone organique dans la station de Bordj Bou Arreridj

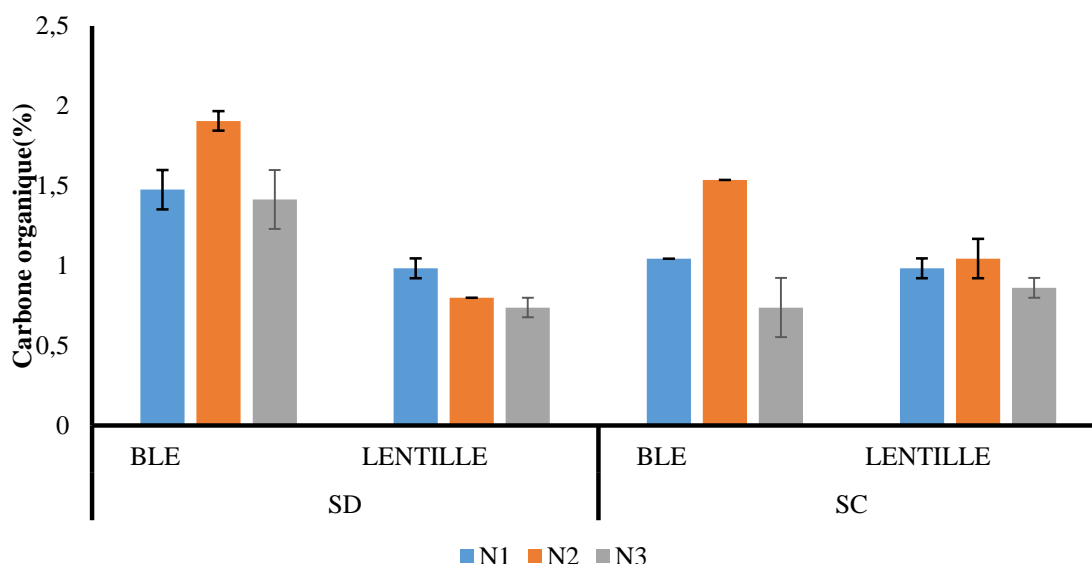


Figure 8. Variation de carbone organique en fonction du travail du sol, de la culture et de la profondeur

Le CO des sols étudiés (Fig.9) varie de 0.73 % à 1.9 %. D'après les normes d'interprétation (Annexe 2), les sols étudiés sont : pauvre à moyennement pauvre.

L'analyse a révélé un effet hautement significative pour le type de travail, précédent cultural et la profondeur.

I.2.3.1. Effet profondeur

Une richesse des horizons de surface par rapport à la profondeur, le taux de CO diminue avec la profondeur de 1,32 % à 0,93 %.

Nos résultats sont similaires aux résultats d'Al-Kaisi et Yin (2005), D'Haene *et al.*, (2008a), Gál *et al.*, (2007), Koch et Stockfisch (2006), Needelman *et al.*, (1999) et Pekrun *et al.*, (2003) où ils notent que les concentrations en C organique dans les systèmes de conservation sont en général supérieures dans les premiers centimètres du sol par rapport à un sol labouré et décroissent fortement dans les horizons sous-jacents.

I.3. Variation de l'abondance des invertébrés selon les niveaux

La répartition des différents types d'espèces identifiées est présentée dans le tableau 4.

I.3.1. Relevés faunistique

Différents taxons ont été déterminés au cours de l'échantillonnage dont : Arachnides, des insectes et Gastéropodes.

Nous avons réalisé un inventaire faunistique d'un total de 50 et 10 espèces différentes. Le nombre d'individus en semis conventionnel est de 45 avec 09 espèces supérieur au nombre d'individus en semis direct de 5 avec quatre (4) espèces. L'espèce la plus ré pondue est : *Lumbricus terrestris* avec 38 individus.

La macrofaune est plus abondante et plus diversifiée dans le mode de gestion conventionnel qu'en semis direct, où elle est représentée par un plus grand nombre d'ordres taxonomiques. On a six (06) ordres pour le semis conventionnel (SC) et quatre (04) pour le semis direct (SD).

Les densités de la macrofaune observées entre les modes conventionnel et semis direct ne sont pas significativement différentes. Pour les cultures, aucune différence significative de la densité de la macrofaune n'apparaît pour chaque profondeur étudiée.

La densité de la macrofaune dans les sols de cette station révèle une dominance de *Lumbricus terrestris* avec une moyenne de 176 individus/m² et 16 individus/m² dans la profondeur 0-10 cm et 10-20 cm respectivement sous culture précédant lentille (Tabl 3).

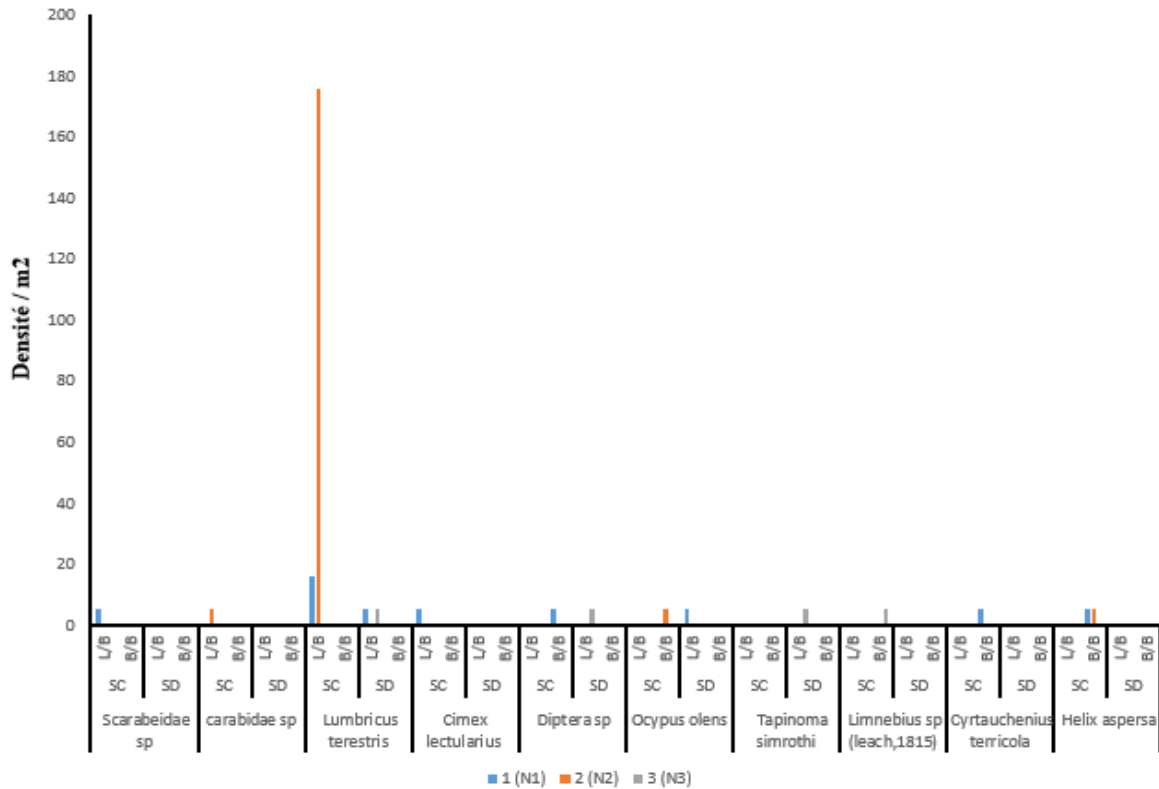


Figure 9. Abondance des invertébrés selon le travail, les niveaux et la culture

Les valeurs de l'abondance relative des espèces de la macrofaune dans la station de Bordj Bou Arreridj (Fig. 10):

Pour bien illustrer les variations de la composition faunistique, nous l'avons représenté aussi bien en nombre d'espèces qu'en nombre d'individus (Fig.10).

L'identification a montré que *Lumbricus terrestris* prédomine aussi bien en nombre qu'en richesse spécifique et présente plus de la moitié de la faune récoltée avec 38 individus (76 %).

Helix aspersa, *Dipterasp* et *Ocypus Olens* viennent en deuxième position avec 2 individus (4 %) chacune. Nous signalons l'existence de six(6)espèces avec une faible abondance.

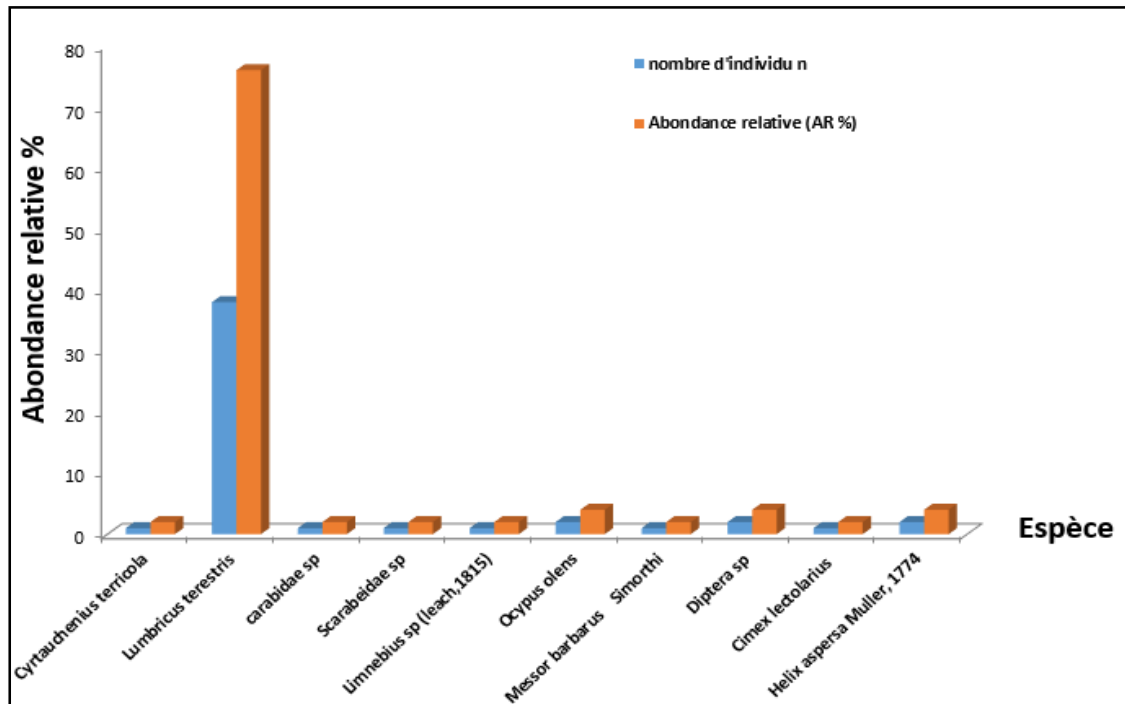


Figure 10. Abondances relatives des individus et des espèces échantillonnés dans la station de Bordj Bou Arreridj

Remarque : Au niveau de la sous parcelle blé/blé conduite en semis direct, nous n'avons trouvé aucune espèce.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Conclusion

L'étage bioclimatique semi-aride se caractérise par des sols à faible qualité physique, chimique et biologique suite aux pratiques agricoles inadéquates avec le statut pédoclimatique de cette région, ce qui nous incite à chercher de nouvelles alternatives permettant l'utilisation efficiente de ces sols. À travers la première partie de notre étude et afin d'évaluer la nouvelle technique de semis direct dans la région semi-aride (cas des hautes plaines sétifiennes) comme une innovation technologique, on a essayé d'étudier un ensemble de paramètres édaphiques qui peut aider à juger l'opportunité de cette technique dans le contexte pédoclimatique de la région. L'examen de l'ensemble des résultats obtenus dans cette partie de l'étude permet de mettre en évidence les points suivants :

La technique conservatrice du sol (SD), a un impact positif sur le statut organique du sol, démontré par le taux du CO élevé en SD par rapport au SC avec 1,22 et 1,035 % respectivement. L'analyse a révélé un effet hautement significative pour le type de travail, précédant cultural et la profondeur.

Les valeurs du pH varient de 7,7 à 7,9 ; les sols sont basiques. L'analyse statistique a révélé un effet non significatif du type de travail du sol et de précédent cultural sur le pH et un effet significatif de la profondeur par rapport à la surface, les valeurs du varient de 7.7 à 7.9 respectivement pour la surface et la profondeur.

L'inventaire faunistique a révélé un total de cinquante (50) individus répartis sur dix (10) espèces différentes. On constate une différence de la biodiversité entre la sous parcelle SC et SD avec 45 et 5 individus respectivement.

Le nombre d'individus trouvés dans cette station est faible, rappelons que nous avons travaillé sur une parcelle en condition semis aride où la disponibilité de l'eau et la température ont une influence sur l'abondance et la diversité du sol.

Lombricus terrestris est l'espèce dominante dans cette station étudiée. Les valeurs des indices écologiques élevées dans la sous parcelle blé/blé en semis conventionnel et la sous parcelle lentille/blé en semis direct varient de 0.91 et 0.92 respectivement montrent un équilibre entre les espèces.

L'adoption de l'agriculture de conservation incite à plus de précautions et d'investigations sur les conditions de succès de ce système et leur durabilité dans les zones semi-arides. Nos résultats des techniques conservatrices du sol (SD, TCS), bien qu'ils sont limités, encouragent de continuer cette étude à long terme à condition d'assurer une bonne conduite des cultures installées.

Perspectives

Dans un souci de productivité et de durabilité, il est souhaitable qu'une étude similaire soit réalisée en utilisant les cultures blé/légumineuse en association ou rotation.

Pour améliorer les niveaux d'azote et de matière organique du sol, un apport du fumier en quantité importante pourra favoriser le développement de la macrofaune du sol.

Une étude économique est également nécessaire pour évaluer l'impact de l'absence de technique de labour sur le coût de production et la rentabilité de la culture.

RÉFÉRENCE BIBLIOGRAPHIQUE

Références bibliographiques

- **Abdellah, A. (2009).** Organisation des Nations Unis pour l'alimentation et l'agriculture (F.A.O) (Rome, Italie), p 46.
- ✓ **Aboura, R., Benmansour, D., et Benabadji, N. (2006).** Comparaison et phytoécologie des Atriplexaies en Oranie (Algérie). *Ecologia mediterranea*, 32(1), 73-84.
- **Aeschlimann, U. (2003).** Effects of elevated atmospheric pCO₂ on net ecosystem CO₂ exchange in managed grassland. PhD Thesis ETH Zurich.
- **Aibar, J. (2006).** La lutte contre les mauvaises herbes pour les céréales en semis direct: Principaux problèmes. *Options Méditerranéennes: Série A. Séminaires Méditerranéens*, 69, 19-26.
- **Al-Kaisi, M. M., et Yin, X. (2005).** Tillage and crop residue effects on soil carbon and carbon dioxide emission in corn–soybean rotations. *Journal of environmental quality*, 34(2), 437-445.
- **Alvarez, G., Chaussod, R., Cluzeau, D., Godden, B., Lemarié, C., Metzger, L., ... et Salducci, X. (2002).** Activités biologiques et fertilité des sols. Intérêts et limites des méthodes analytiques disponibles. *Etat et activités biologiques des sols*. ITAB. Online document.
- **Ammann, H., Anken, T., Irla, E., Heusser, J., Mader, P., Nievergelt, J., Richner, W., Schmid, O., Stamp, P., Walter, U. et Weisskopf, P. (2003).** Influence du travail du sol sur la lixiviation des nitrates. *Rapport FAT*, 598, 1-8.
- **Amokrane, A., Bouzerzour, H., Benmahammed, A., et Djekoun, A. (2002).** Caractérisation des variétés locales, syriennes et européennes de blé dur évaluées en zone semi-aride d'altitude. *Revue Sciences et Technologie (Univ. Mentouri, Constantine) numéro spécial D*, 33-38.
- **Amossé, C., Jeuffroy, M. H., Mary, B., et David, C. (2014).** Contribution of relay intercropping with legume cover crops on nitrogen dynamics in organic grain systems. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 98(1), 1-14. (Pankhurst et al., 1997).
- **Anderson, J. M., & Ingram, J. S. I. (1993).** Tropical soil biological and fertility: a handbook of methods. Wallingford: CAB International, 2ed., 221p. Coineau, (1974)
- **Anderson, D. W. (1995).** Soil organic structures in macro and microaggregates of a cultivated brown chernozem. *Soil Biology and Biochemistry*, 27(6), 845-853.
- **Anonyme. (2000).** Conseil des Production Végétales du Québec. Guide des pratiques de conservation en grandes cultures. Le travail réduit. Feuillet 2-B. 15p.

- **Antoni, V. (2007).** Applications IGCS au service de la biodiversité. Lettre du Gis Sol, (12), P-2.
- **Arnal Atarés, P. (2006).** Semis direct dans la vallée moyenne de l'Ebre: Résumé des résultats et analyse économique. Options Méditerranéennes. Série A: Séminaires Méditerranéens (CIHEAM).Daniele et *al.* (2008)
- **Arnon. (1972).** Le travail du sol pour l'agriculture durable. FAO.
- **Bachelier, G. (1978).** La faune des sols, son écologie et son action.
- **Baker, C.J., Saxton, K.E., Ritchie, W.R., Chamen, W.C.T., Reicosky, D.C., S, Ribeiro M.F., Justice, S.E. et Hobbs, P.R., (2007).** No-tillage Seeding in Conservation Agriculture (2nd edition) (London: CABI and FAO).
- **Barber, S. A. (1995).** Soil nutrient bioavailability: a mechanistic approach. John Wiley & Sons.
- **Barnes, S. J., Makovicky, E., Makovicky, M., Rose-Hansen, J., et Karup-Moller, S. (1997).** Partition coefficients for Ni, Cu, Pd, Pt, Rh, and Ir between monosulfide solid solution and sulfide liquid and the formation of compositionally zoned Ni–Cu sulfide bodies by fractional crystallization of sulfide liquid. Canadian Journal of Earth Sciences, 34(4), 366-374.
- **BATOUCHE, S., et Labiod, H. (1991).** **Les sols des Hautes plaines Sétifiennes.** Inventaires, analyse et synthèse des études pédologiques réalisées dans cette région de 1965 à 1985. Essai de tégématisation. Mém. Ing. D'Etat. Univ. Sétif. 130p.
- **Beauchamp J., 2003.** Pédologie : Propriété des sols. Université de Picardie Julie Verne 24 p.
- **Blondel, J. (1979).** Biogéographie et écologie: synthèse sur la structure, la dynamique et l'évolution des peuplements de vertébrés terrestres. Masson.
- **Boisgontier, D. (1995).** Etude des effets de l'agriculture de conservation par rapport à l'agriculture traditionnelle, 12-14.
- **Boulal, H., Zaghouane, O., El Mourid, M., et Rezgui, S., (2007).** Guide pratique de la conduite des céréales d'automne (blés et orge) dans le Maghreb (Algérie, Maroc, Tunisie), ed. ITGC. INRA. ICARDA 176.
- **Boyer, J., et Aubert, G. (1982).** Les sols ferrallitiques: 10. facteurs de fertilité et utilisation des sols.
- **Brady, NC., Weil, RR. (2002).** The Nature and Properties of Soils. 13th edition. Pearson Education, Inc. New Jersey, USA. 960 p.
- **Cadi, A., Dellig A.,Sarafatti, P.,Chiar T.,Bellah, F. et Bazzani, F., (2000).** SIG et zonage agro-écologique: application au Nord algérien', ITGC. Céréaliculture, 34, 68-75.

- **Cadi, A., (2005).** Caractérisation des zones céréalières potentielles à travers le Nord de l'Algérie , ITGC. Céréaliculture, 44, 36-39.
- **CDSR. (2001).** Le semis direct ; potentiel et limites pour une agriculture durable en Afrique du nord. Commission économique pour l'Afrique. Nations unis décembre 2001.
- **Calvet, R. (2003).** Le sol : propriétés et fonctions. Constitution, structure, phénomènes aux interfaces (Vol. 1). France Agricole Editions.
- **Carter, M.R. et Renne, D.A. (1987).** Effects of tillage on deposition and utilization of 15 N residual fertilizer. Soil and tillage research (9), 33-43.
- **Catt, J.A., Howsek.R., Christian, D.G., Lane, P.W., Harris, G.L. et Goss, M.J. (2000).** Assessment of tillage strategies to decrease nitrates leaching in the Brimstone Farm Experiment, Oxfordshire, UK. Soil and Tillage Research, 53, 185-200.
- **Chamayou, H. et Legros, J.P.,(1989).** Les bases physiques, chimiques et minéralogiques de la science du sol. Technique vivante. Presses universitaires et France. Paris. 212-213.
- **Chaussod, R., Breuil, M. C., Echairi, A., Nouaïm, R., Nowak, V., et Ranjard, L. (1996).** La qualité biologique des sols. Évaluation et implications, Étude et gestion des sols, 3, 261-278.
- **Chaussod, R. (2002).** La qualité biologique des sols : des concepts aux applications. Comptes Rendus de l'Académie d'Agriculture de France, 88, 61-68.
- **Chellali, B. (2007).** **Marché mondial des céréales : L'Algérie assure sa sécurité alimentaire**
- **Chenu, D. (2007).** Modélisation des transferts réactifs de masse et de chaleur dans les installations de stockage de déchets ménagers : application aux installations de type bioréacteur (Doctoral dissertation).
- **Cherifi, K., Mehdadi, Z., Latreche, A., et Bouiadjara, S. E. B. (2011).** Impact de l'action anthropozoogène sur l'écosystème forestier du mont de Tessala (Algérie occidentale). Science et changements planétaires/Sécheresse, 22(3), 197-206.
- **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.
- **Chervet, A., Guble, L., Hofer, P., Maurer-Troxler, C., Müller, M., Ramseier, L., Streit,Chenu, C., Le Bissonnais, Y., Arrouays, D., (2000).** Organic matter influence on clay wettability and soil aggregate stability. Soil Sci. Soc. Amer. J., 64, 1479-1486 .

- **Ciardi, C., et Nannipieri, P. (1990).** A comparison of methods for measuring ATP in soil. *Soil Biology and Biochemistry*, 22(5), 725-727. <http://www.lemaghreb.dz.com/admin/folder01/une.pdf>. (31.05.2008).
- **Copley. (2000).** Ecology goes underground.
- **Da Silva, J. V. (1979).** Introduction à la théorie écologique: Principes fondamentaux de l'écologie. 2, Le flux d'énergie dans l'écosystème. 3, Les cycles de matière. 4, Diversité. 5, Relations abondance-espèce. 6, Niche écologique. 7, Succession. 8, Stabilité. 9, Dynamique des populations. 10, L'Homme dans l'écosystème. Masson.
- **Dale, V. H., Joyce, L. A., McNulty, S., Neilson, R. P., Ayres, M. P., Flannigan, M. D., ... & Wotton, B. M. (2001).** Climate change and forest disturbances: climate change can affect forests by altering the frequency, intensity, duration, and timing of fire, drought, introduced species, insect and pathogen outbreaks, hurricanes, windstorms, ice storms, or landslides. *BioScience*, 51(9), 723-734.
- **D'Haene, K., Vermang, J., Cornelis, W. M., Leroy, B. L., Schiettecatte, W., De Neve, S., ... & Hofman, G. (2008).** Reduced tillage effects on physical properties of silt loam soils growing root crops. *Soil and Tillage Research*, 99(2), 279-290.
- **Deschamps, J., Goñi, J., Guillemin, C., Leleu, M., & Vannier, M. (1971).** «Pluton»: description d'un nouvel autoclave basé sur des phénomènes de convection. Premiers résultats dans le domaine des solubilités et des synthèses minérales. *Bulletin de Minéralogie*, 94(1), 64-69.
- **Devau N., Le cadre E., Hinsinger P., Jaillard B. and Géraud F., 2009.** Soil, pH controls the environmental availability of phosphorus: experimental and mechanistic modeling approaches. *Appl. Geo Chem*, 24:2163-2174.
- **Davet, P. (1996).** Vie microbienne du sol et production végétale. Editions Quae.
- **Dexter, A. R. (1988).** Advances in characterization of soil structure. *Soil and tillage research*, 11(3-4), 199-238.
- **Dinon E., 2008.** L'influence du ph sur l'assimilation des éléments nutritifs du sol par les plantes et sur la variété des plantes, (Université de Liège).
- **Djermoun, A. (2009).** La production céréalière en Algérie: les principales caractéristiques. *Nature & Technology*, (1), 45.
- **Doran JW, Safley M (1997)** Defining and assessing soil health and sustainable productivity, In : *Biological indicators of soil health*. (eds Pankhurst CE, Doube BM, Gupta WSR), pp. 1-28. CAB International, NY.

- **Dorel, M., Roger-Estrade, J., Manichon, H., & Delvaux, B. (2000).** Porosity and soil water properties of Caribbean volcanic ash soils. *Soil Use and Management*, 16(2), 133-140.
- **Drury C.F., Mckenney D.J., Findlay W.I. et Gaynor J.D. 1993.** Influence of tillage on nitrate loss in surface runoff and tile drainage. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 57, 797-802.
- **Duchaufour, P. (2001).** Introduction à la science du sol. 6ème édition de l’Abrégé de pédologie. Paris: DUNOD Editeur, 203-206.
- **Eijsackers H., 1982.** Soil fauna and soil microflora as possible indicators of soil pollution. *Environmental Monitoring Assessment* 3:307-316.
- **FAO., 2001.** Conservation agriculture: case studies in Latin America and Africa. *FAO SoilsBulletin*. 78, 69p.
- **FAO., 2007.** AG : Agriculture de conservation (<http://www.fao.org/ag/ca/fr/1a.htm>), 42 p.
- **Faurie, J. P., Sivananthan, S., Boukerche, M., & Reno, J. (1984).** Molecular beam epitaxial growth of high quality HgTe and Hg_{1-x}Cd_xTe onto GaAs (001) substrates. *Applied physics letters*, 45(12), 1307-1309.
- **Feliachi K., 2000.** Programme de développement de la céréaliculture en Algérie, Symposium blé 2000, enjeux et stratégie (Algérie), 21-27.
- **Florea, N., & Al-Joumaa, K. (1998).** Genesis and classification of gypsiferous soils of the Middle Euphrates Floodplain, Syria. *Geoderma*, 87(1-2), 67-85.
- **Francis F., Haubruge E., TAT Thang Ph., Kinh L.V., Lebailly Ph. et Gaspar Ch., 2003.** Techniques de lombriculture au sud du Vietnam. Ed. Biotechnol. Agron. Soc. Environ. pp 171-174.
- **Franco I., Contin M., Bragato G. & De Nobili M., 2004.** Microbiological resilience of soils contaminated with crude oil. *Geoderma*, 121, 17-30.
- **Gál, A., Vyn, T. J., Michéli, E., Kladvko, E. J., & McFee, W. W. (2007).** Soil carbon and nitrogen accumulation with long-term no-till versus moldboard plowing overestimated with tilled-zone sampling depths. *Soil and Tillage Research*, 96(1-2), 42-51.
- **Garcia-Gil, J. C., Plaza, C., Soler-Rovira, P., & Polo, A. (2000).** Long-term effects of municipal solid waste compost application on soil enzyme activities and microbial biomass. *Soil Biology and biochemistry*, 32(13), 1907-1913.
- **Girard TM., C., Walter Ch., Remy J.C., Berthelin J. et Morel J.L., 2005.** Sols et environnement: cours, exercices et études de cas. Dunod. Paris. P 1-53.
- **Gobat, J. M., Aragno, M., & Matthey, W. (2003).** Le sol vivant, 2e édition revue et complétée. Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, Lausanne, 319(7).

- **Granval, P., Aliaga, R., & Soto, P. (1993).** Effet des pratiques agricoles sur les lombriciens (Lumbricidae), les bécassines des marais (*Gallinago gallinago*) et la valeur pastorale du milieu dans les marais de la dives (Calvados). *Gibier faune sauvage*, 10(MAR), 59-73.
- **Grant, C. A., & Bailey, L. D. (1994).** The effect of tillage and KCl addition on pH, conductance, NO₃-N, P, K and Cl distribution in the soil profile. *Canadian journal of soil science*, 74(3), 307-314.
- **Gros, R. (2002).** Fonctionnement et qualité des sols soumis à des perturbations physiques et chimiques d'origines anthropiques : réponses du sol, de la flore et de la microflore bactérienne tellurique (Doctoral dissertation).
- **Guerif, M., & Seguin, B. (1991).** Estimation de la biomasse et du rendement des cultures à partir du satellite SPOT: Résultats d'une expérimentation sur blé dur en Camargue. *Séminaire Méditerranéen*, 4, 115-127.
- **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.
- **Hinsinger, P., Plassard, C., Tang, C., & Jaillard, B. (2003).**Origins of root-mediated pH changes in the rhizosphere and their responses to environmental constraints: a review. *Plant and soil*, 248(1-2), 43-59.
- **Husson, O., Tuan, H. D., Lienhard, P., Doanh, L. Q., & Séguy, L. (2001).** Agronomic diagnosis and development of direct sowing techniques: Upland rice-based cropping systems in mountainous areas of northern Vietnam.
- **Imhoff, M. L., Bounoua, L., Ricketts, T., Loucks, C., Harriss, R., & Lawrence, W. T. (2004).** Global patterns in human consumption of net primary production. *Nature*, 429(6994), 870-873.
- **Kaas, R., Goovaerts, M., Dhaene, J., & Denuit, M. (2008).** Modern actuarial risk theory: using R (Vol. 128). Springer Science & Business Media.
- **Kacem, N., (2005).** Embryogenèse somaclonale chez le blé dur et tendre (culture Id'embryons matures et immatures).Mémoire de magistère. Université Mentouri-Constantine. Algérie.01p
- **Karlen, D. L., Eash, N. S., & Unger, P. W. (1992).** Soil and crop management effects on soil quality indicators. *American Journal of Alternative Agriculture*, 48-55.
- **Karlen, D. L., Wollenhaupt, N. C., Erbach, D. C., Berry, E. C., Swan, J. B., Eash, N. S., & Jordahl, J. L. (1994).**Long-term tillage effects on soil quality.

- **Karlen et al. (1997) : TOBIAS, S., FRIEDLI, B., & FRITSCH, M.** Quality Assessment of Restored Land on the Concept of Soil Resilience Estimation de la qualité des terres restaurées selon le concept de résilience du sol.
- **Karlen, D. L., Mausbach, M. J., Doran, J. W., Cline, R. G., Harris, R. F., & Schuman, G. E. (1997).** Soil quality: a concept, definition, and framework for evaluation (a guest editorial). *Soil Science Society of America Journal*, 61(1), 4-10.
- **Koch, H. J., & Stockfisch, N. (2006).** Loss of soil organic matter upon ploughing under a loess soil after several years of conservation tillage. *Soil and tillage research*, 86(1), 73-83.
- **Krall, J. P., & Edwards, G. E. (1992).** Relationship between photosystem II activity and CO₂ fixation in leaves. *Physiologia Plantarum*, 86(1), 180-187.
- **Langlet B. et Remy J.C. 1976.** Incidence de la simplification du travail du sol sur la dynamique de l'azote. P 189-204. In simplification de travail du sol en production céréalière, ITCF (Ed), Pris. 1334.
- **Lahmar, R., & Ruellan, A. (2007).** Dégradation des sols et stratégies coopératives en Méditerranée: la pression sur les ressources naturelles et les stratégies de développement durable. *Cahiers Agricultures*, 16(4), 318-323.
- **Larson, W. E., Gupta, S. C., & Useche, R. A. (1980).** Compression of agricultural soils from eight soil orders. *Soil Science Society of America Journal*, 44(3), 450-457.
- **Laryea, K. B., & Unger, P. W. (1995).** Grassland converted to cropland: Soil conditions and sorghum yield. *Soil and Tillage Research*, 33(1), 29-45.
- **(Lavelle et Spain, 2001).** DU SOL, M. D. C. F., DE, S. L. A., & MACROTERMITINAE, P. E. D. T. M. Diouf^{1, 2}, A. Brauman¹, C. Rouland-Lefèvre².
- **Liu X.J., Mosier A.R., Halvorson A.D. et Zhang F.S. 2006.** The impact of nitrogen placement and tillage on NO, N₂O, CH₄ and CO₂ fluxes from a clay loam soil. *Plant and Soil*, 280, 177-188.
- **Mahdi, M. (2004).** Contribution à l'étude de la technique de semis direct sous pivots. Mém. Ing., INA El Harrach, Alger, 60.
- **Mausbach MS, Tugel A (1997)** Soil quality : A multitude of approaches. Kearney Foundation Symposium. California Soil Quality : from critical research to sustainable management. Berkeley, California, March 25.
- **McCarty, G.W., Lyssenko, N.N., et J.L. Starr. 1998.** Short-term changes in soil carbon and nitrogen pools during tillage management transition. *Soil Science Society of America Journal* 62:1564-1571.

- **Moullef A., 2010.** Caractère physiologique et biochimique de tolérance du blé dur (*Triticum durum* Desf) au stress hydrique', (Université Mantouri de Constantine).
- **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. 2001a.** No-tillage Farming: Renewing Harmony Between Soils and Crops in Semiarid Morocco. Third International Conference on Land Degradation (ICLD3) and Meeting of the IUSS Subcommittee C – Soil and Water Conservation. Rio de Janeiro, Brazil, September 17-21, 2001. <http://www.cnps.embrapa.br/icld3>.
- **Mrabet, R. (2001).** Le Semis Direct: Une technologie avancée pour une Agriculture durable au Maroc. Bulletin de Transfert de Technologie en Agriculture MADREF-DERD, (76), 4.
- **Mrabet, R., Saber, N., El-Brahli, A., Lahlou, S., & Bessam, F. (2001).** Total, particulate organic matter and structural stability of a Calcixeroll soil under different wheat rotations and tillage systems in a semiarid area of Morocco. *Soil and Tillage Research*, 57(4), 225-235.
- **Musy, A., & Soutter, M. (1991).** Physique du sol (Vol. 6). PPUR presses polytechniques.
- **Munkholm, L. J., Schjønning, P., Rasmussen, K. J., & Tanderup, K. (2003).** Spatial and temporal effects of direct drilling on soil structure in the seedling environment. *Soil and Tillage Research*, 71(2), 163-173.
- **Nannipieri P, Ascher J, Ceccherini MT, Landi L, Pietramellara G, Renella G. 2003.** Microbial diversity and soil functions. *European Journal of Soil Science*, 54: 655-670.
- **Needelman, B. A., Wander, M. M., Bollero, G. A., Boast, C. W., Sims, G. K., & Bullock, D. G. (1999).** Interaction of tillage and soil texture biologically active soil organic matter in Illinois. *Soil Science Society of America Journal*, 63(5), 1326-1334.
- **Nouira, A., Duchemin, M., Benmansour, M., gallichand, J., Bouksirate, H. 2007.** Efficacité du semis direct à contrer l'érosion hydrique en milieu agricole : mise en évidence à l'aide des techniques de radioéléments, de modélisation et de mesures aux champs (Maroc et Canada).
- **Ouafi, K., Nait Sider, F. (2017).** Contribution à l'étude de la dynamique de la rhizosphère d'une céréale conduite en agriculture de conservation (Doctoral dissertation, Université Mouloud Mammeri).
- **Parat, C., Chaussod, R., Lévêque, J., Dousset, S., & Andreux, F. (2002).** The relationship between copper accumulated in vineyard calcareous soils and soil organic matter and iron. *European Journal of Soil Science*, 53(4), 663-670.
- **Paul E.A. et Clark F.E., 1996.** Soil microbiology and biochemistry. 2nd edition. Academic Press. San Diego, California (USA), 340.

- **Pekrun et al., 2003. Vian, J. F.** TRAVAIL DU SOL ET ACTIVITES MICROBIENNES EN AGRICULTURE BIOLOGIQUE. *Biologiques*, 123.
- **Pelosi, C. (2008).** Modélisation de la dynamique d'une population de vers de terre *Lumbricus terrestris* au champ. Contribution à l'étude de l'impact des systèmes de culture sur les communautés lombriciennes (Doctoral dissertation).
- **Pérez-de-Mora A., Burgos P., Madejón E., Cabrera F., Jaeckel P., Schloter M. 2006.** Microbial community structure and function in a soil contaminated by heavy metals: effects of growth and different amendments, *Soil Biol. Biochem.* 38, p. 327-341.
- **Ponge, (2000).** ROBERT, M. Les grands équilibres et les grands enjeux liés au cycle du carbone.
- **Ramade, F., Cosson, R., Echaubard, M., Le Bras, S., & Moreteau, J. C. (1984).** Détection de la pollution des eaux en milieu agricole. *Bulletin d'écologie*, 15(1), 21-37.
- **Ricciardi, A., & Rasmussen, J. B. (1999).** Extinction rates of North American freshwater fauna. *Conservation biology*, 13(5), 1220-1222.
- **Robert M., 1996. Le sol :** Interface dans l'environnement, ressources pour le développement. Masson, Paris, Milan, Barcelone.
- **ROCHE, H., BUET, A., & RAMADE, F. (2003).** Caractéristiques écophysiological d'une population d'anguilles de Camargue exposée à une pollution clandestine par des polluants organiques persistants. *Revue d'écologie*.
- **Roussel, O., Bourmeau, E., & Walter, C. (2001).** Evaluation du déficit en matière organique des sols français et des besoins potentiels en amendements organiques. *Etude et gestion des sols*, 8(1), 65-81.
- **Rouabhi, A., Laouar, A., Mekhlouk, A., & Dhehibi, B. (2019).** Socioeconomic assessment of no-till in wheat cropping system: a case study in Algeria. *New Medit: Mediterranean Journal of Economics, Agriculture and Environment= Revue Méditerranéenne d'Economie Agriculture et Environnement*, 18(1), 38.
- **Sarwar, M., & Naeem, S. (1994).** Adsorption studies of gold on copper sulphide. *Hydrometallurgy*, 36(3), 385-391.
- **Scaglia, J., Lensi, R., & Chalamet, A. (1985).** Relationship between photosynthesis and denitrification in planted soil. *Plant and Soil*, 84(1), 37-43.
- **Schiavon, M., & Soulas, G. (1983).** Étude de la contamination des eaux de drainage et de la matière organique du sol par l'atrazine et ses dérivés de dégradation. Ministère Environnement.

- **Schoenholtz, S. H., Van Miegroet, H., & Burger, J. A. (2000).** A review of chemical and physical properties as indicators of forest soil quality: challenges and opportunities. *Forest ecology and management*, 138(1-3), 335-356.
- **Schoenau, J. J., & Campbell, C. A. (1996).** Impact of crop residues on nutrient availability in conservation tillage systems. *Canadian Journal of Plant Science*, 76(4), 621-626.
- **Serpantié, G. (2009).** L'agriculture de conservation à la croisée des chemins en Afrique et à Madagascar. [VertigO] *La revue électronique en sciences de l'environnement*, 9(3).
- **Sharpley, A. N., Weld, J. L., Beegle, D. B., Kleinman, P. J., Gburek, W. J., Moore, P. A., & Mullins, G. (2003).** Development of phosphorus indices for nutrient management planning strategies in the United States. *Journal of Soil and Water Conservation*, 58(3), 137-152.
- **Sheridan, C. D., & Spies, T. A. (2005).** Vegetation environment relationships in zero-order basins in coastal Oregon. *Canadian Journal of Forest Research*, 35(2), 340-355.
- **Six, J. A. E. T., Elliott, E. T., & Paustian, K. (2000).** Soil macroaggregate turnover and microaggregate formation: a mechanism for C sequestration under no-tillage agriculture. *Soil Biology and Biochemistry*, 32(14), 2099-2103.
- **Stoddard C.S., Grove J.H, Coyne M.S. et Thom W.O. 2005.** Fertilizer, tillage, and dairy manure contributions to nitrate and herbicide leaching. *Environ. Qual.*, 34, 1354-1362.
- **Tobias, S. Schulin, R. Schaub, D. Weisskopf, P. Buchter, B. Zimmermann, S. Borer, F. Vökt, U., 1999,** PROTECTION DES SOLS CONTRE LES ATTEINTES PHYSIQUES stratégie pour la mise en oeuvre des nouvelles prescriptions formulées dans la Loi sur la protection de l'environnement (LPE) et l'Ordonnance sur les atteintes portées aux sols (OSol).
- **Viaux. Ph 1999 :** Une 3e voie en grande culture: environnement, qualité, rentabilité.
- **Wang WJ., Dalal RC., Moody PW., Smith CJ. 2003.** Relationships of respiration to microbial biomass, substrate availability and clay content. *Soil Biol. Biochem.* 35, p. 273 284.
- **Weigand S, Auerwld K, Beck T., 1995.** Microbial biomass in agricultural topsoils after 6years of bare fallow. *Biology Fertility of Soils* 19:129-134.
- **Wright, A.L., Hons, F.M., Lemon, R.G., McFarland, M.L., et R.L. Nichols. 2007.** Stratification of nutrients in soil for different tillage regimes and cotton rotations. *Soil and Tillage Research* 96:19-27.
- **Zaghouane, O., Abdellaoui, Z., & Houassine, D. (2006).** Quelles perspectives pour l'agriculture de conservation dans les zones céréalières en conditions algériennes. *Options Méditerranéennes. Zaragoza (Espagne): CIHEAM-IAMZ*, 183-187.

- **Zihlmann, U., Weisskopf, P., Muller, M., Schaflutzel, R., Chervet, A., & Sturny, W. G. (2001).** III. Effets sur la matière organique et les nutriments dans le sol. *Revue Suisse d'Agriculture*, 33(1), 21-25.

ANNEXE

Répartition des classes des pH du sol selon les normes DIAEA /DRHA /SEEN
(2008)

Valeur du pH (eau)	Qualification du sol
Inférieur à 3,5	Hyper acide
Entre 3,5 et 4.2	Très acide
Entre 4,2 et 5,0	Acide
Entre 6,5 et 7,5	Neutre
Entre 7,5 et 8,7	Basique
Supérieur à 8,7	Très basique

Répartition des classes de la M O des sols selon les normes DIAEA /DRHA /SEEN
(2008)

Classe du sol	MO (%)
Très pauvre	< 0.7
Pauvre	0.7 - 1.5
Moyennement pauvre	1.5 - 3
Riche	3 - 6
Très riche	> 6

Résumé

Les sols des régions semi-arides sont sujets à une dégradation graduelle de leur fertilité. Ils sont connus pour une productivité très limitée et les moyens modernes pour augmenter et maintenir cette productivité sont le plus souvent très onéreux pour les petits exploitants. Ainsi, pour trouver de solutions probantes pour une gestion durable de la fertilité des sols, une étude a été conduite à la station de Bordj Bou Arreridj lancée par l'ITGC de Sétif. L'objectif de cette étude est d'évaluer les effets de deux techniques culturales : conventionnel et le semis direct combinés aux rotations culturales, sur les propriétés biologiques et chimiques du sol. La monoculture blé et la rotation lentille/blé ont été retenues dans cette étude. Pour répondre à cette problématique, une analyse des différents paramètres liés au sol (le pH, la teneur en CO, l'abondance de la biodiversité) a été effectuée. Les résultats indiquent que les valeurs du pH varient de 7.7 à 7.9 sont basiques. Le taux du CO est élevé en SD par rapport au SC avec 1,22 et 1,035 % respectivement. Dans cette station on a recensé 50 individus répartis sur 10 espèces, on a une différence de biodiversité entre la sous parcelle SC et SD avec 45 et 5 individus respectivement.

Mots clés : Biodiversité, blé, Semis direct, Semis conventionnel.

Abstract

Soils in semi-arid regions are subject to gradual degradation of their fertility. They are known for their limited productivity and the modern means to increase and to maintain that productivity is often very expensive for the small holders. Also, to find probative solutions for a lasting management of Soils fertility. A study is been conducted in Bordj Bou Areridj station started up by the ITGC of Setif.

The objective of this study is to evaluate the effects of two cultivation technics : conventional and direct sowing combined to cultivation rotations on the biological and chemical properties of the soil. Wheat monoculture and lentil/wheat rotation were selected in this study. To answer this problematic, an analysis of different parameters connected to soil (the pH, CO content, the abundance of biodiversity) has been effected. The results suggests that the values of pH varied about 7,7 to 7,9 are basic. The rate of CO is increased in direct sowing compared to Conventional Sowing with 1,22 and 1,035% respectively. In this station we identified 50 individuals divided into 10 species. We have a difference of biodiversity between the sub-plot SC and SD with 45 and 5 individuals respectively.

Key words : Biodiversity, wheat, Direct sowing, Conventional sowing.

ملخص

التربة في المناطق شبه الجافة عرضة للتدهور التدريجي لخصوبتها. ومن المعروف أن إنتاجيتها محدودة للغاية وأن الوسائل الحديثة لزيادة هذه الإنتاجية والحفاظ عليها غالباً ما تكون باهظة الثمن بالنسبة لأصحاب الحيازات الصغيرة وبالتالي ، من أجل إيجاد حلول مقنعة للتسيير المستدام لخصوبة التربة ، تم إجراء دراسة في محطة برج بوغريريج التي أطلقها المركز التقني للمحاصيل الكبرى بسطيف. الهدف من هذه الدراسة هو تقييم تأثير نوعين من تقنيتي خدمة التربة : البذر التقليدي والمباشر مع تناوب المحاصيل ، على الخصائص البيولوجية والكيميائية للتربة. تم الإبقاء على الزراعة الأحادية القمح وتتابع العدس / القمح في هذه الدراسة. لمعالجة هذه المشكلة ، تم إجراء تحليل للمعايير المختلفة المتعلقة بالتربة (pH ، محتوى الكربون ، وفرة التنوع البيولوجي). تشير النتائج إلى أن قيم ال pH التي تتراوح من 7.7 إلى 7.9 أساسية. معدل الكربون مرتفع في البذر المباشر SD مقارنة بالبذر التقليدي SC مع 1.22 و 1.035٪ على التوالي. في هذه المحطة حددنا 50 فرداً موزعين على 10 أنواع ، وهناك فرق في التنوع البيولوجي بين المنطقة الفرعية SC و SD مع 45 و 5 أفراد على التوالي.

كلمات مفتاحية : التنوع البيولوجي – القمح – البذر المباشر – البذر التقليدي

Agzul

Akal n temnađin tizegnazrarafin lyella d-yettarra simmal tneqqes, aya yettwassen yakan, drus mađi i d-yettarra. Allalen atraren i izemren ad snernin di lyella yerna ad seħbibren fell-as akken ur tnegger ara ylayit ađas, ifellaħen imecđah ur zemmeren ara ad ten-id-ssisen.

Yeť waya, akken ad d-tban tıfırat ara yekksen uguren-agi, tettwaxdem yiwet n tezrawt deg tegzemt n Burđ Buerariđ i d-ihegga walmus n Ştıf. Iswi n tezrawt-agi d aktazal n snat n tetwilin n wuzı : uzu amensay d wuzı usrid s usemres n zzarria s nnuba yeť temlin tibyulijin d tekruranin n wakal ; si tama d uzu n yirden weħd-sen, si tayeđ d leedes akked yirden, s nnuba, d wigi i yettwatđfen di tezrawt-agi. I ferru n tmukrist, tettwaxdem yiwet n teşleđt i yisefranen yemgarren n wakal (anezmar ahidrujin « pH », agbur n uksid akarbun « Co » akked tugta n wanawen ibyulujiten).

Igemmađ mlan-d azal n unezmar ahidrujin, ma yella neserwes-it akked SC, yessaweđ gar 7,7 d 7,9 ; azal-agi d arsan ; ma d aswir n uksid akarbun yuli di SD s 1,22 d 1,035. Deg teysert-agi neħseb-d 50 yimdanen, nebđa-ten yeť 10 tewsatin, nufa-d amgirred n tugta n wanawen ibyulujiten gar temnađt tamadust SC d SD akked 45 d 5 n yimdanen.

Awalen igejdanen : Tugta n wanawen ibyulujiten, Irden, Uzu usrid, Uzu amensay