

**Université Abdelhamid Ibn Badis – Mostaganem**

**Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie**

**Département des Sciences Agronomiques**

**Mémoire de fin d'études pour l'obtention de diplôme du Master en Sciences  
Agronomiques**

**Spécialité : Gestion durable de l'environnement**

## **Thème**

**Effets de l'usage du sol sur ses propriétés physico-  
chimiques et hydriques dans la région de Mazouna (W.  
Relizane).**

**Présenté par : Mr. DJEBLI Amar**

**Soutenu devant le jury :**

<b>Président</b>	<b>Mr. BENKHELIFA Mohamed</b>	<b>Pr</b>	<b>Université de Mostaganem</b>
<b>Encadreur</b>	<b>Mr. HADDAD Ahmed</b>	<b>MCA</b>	<b>Université de Mostaganem</b>
<b>Examineur</b>	<b>Mr. LARID Mohamed</b>	<b>Pr</b>	<b>Université de Mostaganem</b>

**Promotion: 2015-2016**

# Dédicaces

*Je dédie ce travail à :*

*Ma mère et mon père que dieu me les garde et me les protège.*

*Mon cher frère : Mohamed*

*Mes chères sœurs*

*Toute ma famille, grande et petite.*

*Tous mes amis: Ammar, Mohamed, Aissa ... etc.*

*Tous mes collègues de l'université: Brahim, Miloud, Omar, youcef  
Bedrani, Soufiane, Malika, Hassiba.*

*A toute la famille« Djebli »*

*Tous les étudiants de ma promotion, surtout du master 2 d'option :  
Gestion Durable de l'environnement.*

*Enfin, à tous ceux qui me connaissent et m'aiment.*

**AMAR**

# Remerciements

*A Dieu le tout puissant, le clément et miséricordieux,*

*Pour m'avoir permis de réaliser ce modeste travail. Puisse ALLAH continuer à m'aider, car nul ne peut passer d'aide.*

*Je profite cette occasion pour adresser mes remerciements à mon encadreur Mr. HADDAD Ahmed pour ses efforts, sa disponibilité et ses précieux conseils qui m'ont été un grand apport tout au long de mon travail.*

*Je dois remercier particulièrement :*

*Mr. BENKHLIFA Mohamed de m'avoir fait l'honneur de présider le jury.*

*Mr. LARID Mohamed pour avoir bien voulu examiner ce travail.*

*Je tiens aussi à exprimer mes remerciements à tout le personnel de L'INSID d'EL MATMAR, en particulier Mr. GOUSSEM Farid, pour ses conseils et son orientation très prodigieuse durant ce travail, et je remercie, tous les enseignants qui ont contribué à nous donner une formation solide tout au long de nos années d'études.*

*J'exprime mes remerciements à Mr. SOUANE A.E.K Chef du magasin des produits chimiques*

*Melle. FERHAT Malika, mon compagnon d'étude, pour son implication, son intérêt et surtout sa patience durant toute la durée de cette étude.*

*A tous ceux qui m'ont aidé, je dis 'Merci'*

## LISTE DES FIGURES

<b>Figure 01 :</b> Composition moyenne des sols d'après (Morel R, 1989)	2
<b>Figure 02 :</b> Fractions granulométriques fines et grossières du sol	4
<b>Figure 03 :</b> Représentation de la quantité de résidus en surface selon le travail de sol	16
<b>Figure 04:</b> Carte des Limites administratives et des zones homogènes de la wilaya de Relizane	26
<b>Figure 05:</b> Images satellite de la zone d'étude	27
<b>Figure 06:</b> Carte de potentialités agricoles de la wilaya de Relizane	29
<b>Figure 07:</b> Diagramme des températures moyennes maximales et minimales	30
<b>Figure 08:</b> Précipitations moyenne mensuelles (mm)	31
<b>Figure 09:</b> Vitesse moyenne mensuelles des vents (m/s)	31
<b>Figure 10:</b> Diagramme ombethermique de Begnoul's Gaussien	32
<b>Figure 11:</b> climagramme d'EMBERGER	33
<b>Figure 12:</b> Schéma de protocoles expérimentaux	35
<b>Figure 13:</b> Carte de localisations des Parcelles (Source Google Earth, 2016)	36
<b>Figure 14:</b> Représentation graphique du résultat moyenne du pH	48
<b>Figure 15:</b> Représentation graphique du résultat moyenne de la CE	49
<b>Figure 16:</b> Représentation graphique du résultat moyen du H%	51
<b>Figure 17:</b> Représentation graphique du résultat moyen du carbone organique	52
<b>Figure 18:</b> Représentation graphique du résultat moyenne de l'azote total	54
<b>Figure 19:</b> Représentation graphique du résultat moyen du la matière organique	56
<b>Figure 20:</b> Représentation graphique du résultat moyen du la calcaire totale et actif	57
<b>Figure 21:</b> Représentation graphique du résultat moyen du la densité apparente et réelle	59
<b>Figure 22:</b> Représentation graphique du résultat moyen du la porosité	61
<b>Figure 23:</b> Représentation graphique du résultat moyen du la concentration des anions	62
<b>Figure 24:</b> Représentation graphique du résultat moyen du La capacité d'échange cationique	65
<b>Figure 25:</b> Représentation graphique du résultat moyen du les cations échangeables	66

## LISTE DES TABLEAUX

<b>Tableau N° 01 :</b> Propriétés biologique, chimique et physique influencées par la structure du sol	7
<b>Tableau N° 02 :</b> Niveaux de toxicité pour des ions spécifiques	12
<b>Tableau N° 03 :</b> Barème de qualité pour l'eau d'irrigation	13
<b>Tableau N° 04:</b> Identification de la zone expérimentale	36
<b>Tableau N° 05:</b> Classification du sol selon le pH	38
<b>Tableau N° 06:</b> Echelle de salinité des sols	39
<b>Tableau N° 07:</b> classification du sol selon la teneur on $\text{CaCO}_3$ .	40
<b>Tableau N° 08:</b> classification du sol selon la teneur on MO	41
<b>Tableau N° 09:</b> classification du sol selon la teneur on N total	41
<b>Tableau N° 10:</b> classification du sol selon la CEC.	43
<b>Tableau N° 11:</b> Résultats des analyses granulométrique du sol	47
<b>Tableau N° 12:</b> Analyse de variance du ph du sol	49
<b>Tableau N° 13:</b> Analyse de variance de la CE du sol	50
<b>Tableau N° 14:</b> Analyse de variance de l'humidité du sol	52
<b>Tableau N° 15:</b> Analyse de variance de Carbone organique	53
<b>Tableau N° 16:</b> Analyse de variance de l'azote totale	55
<b>Tableau N° 17:</b> Analyse de variance de Matière organique du sol	56
<b>Tableau N° 18:</b> Analyse de variance de Calcaire Totale du sol	58
<b>Tableau N° 19:</b> Analyse de variance de Calcaire Actif du sol	59
<b>Tableau N° 20:</b> Analyse de variance de la densité apparente du sol	60
<b>Tableau N° 21:</b> Analyse de variance de la densité réelle du sol	60
<b>Tableau N° 22:</b> Analyse de variance de la porosité du sol	62
<b>Tableau N° 23:</b> Analyse de variance de $\text{HCO}_3^-$ du sol	63
<b>Tableau N° 24:</b> Analyse de variance de $\text{Cl}^-$ du sol	64
<b>Tableau N° 25:</b> Analyse de variance de $\text{SO}_4^{2-}$ du sol	64
<b>Tableau N° 26:</b> Analyse de variance de la CEC du sol	65
<b>Tableau N° 27:</b> Analyse de variance de Ca du sol	67
<b>Tableau N° 28:</b> Analyse de variance de Mg du sol	67
<b>Tableau N° 29:</b> Analyse de variance de Na du sol	67
<b>Tableau N° 30:</b> Analyse de variance de K du sol	67
<b>Tableau N° 31 :</b> Résultats des analyses physico-chimiques de l'eau d'irrigation.	68

## **LISTE DES ABREVIATIONS**

**MOS:** Matière Organique Synthétique

**MO:** Matière Organique

**H A:** Horizon A

**H B:** Horizon B

**C.V:** Coefficient de Variation

**SAU:** Surface agricole utile

**SOL T:** Sol témoin

**Pfl:** Profil

**P:** Probabilité

## SOMMAIRE

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

**INTRODUCTION GENERALE**..... 1

### **SYNTHESE BIBLIOGRAPHYQUE**

#### **1 : LE SOL ET SES CONSTITUANTS**

1.1. Le sol.....	2
1.2. Constituants du sol.....	3
1.2.1. Phase gazeuse.....	3
1.2.2. Phase liquide.....	3
1.2.3. Phase solide.....	4
1.3. Texture du sol.....	4
1.4. Structure du sol.....	5
1.4.1. Stabilité de la structure.....	6
1.4.2. Lien entre la structure et les autres propriétés d'un sol.....	6

#### **2 : LES EAUX D'IRRIGATION**

2.1. Qualité de l'eau d'irrigation.....	8
2.2. Caractéristiques physico-chimiques pour évaluer la qualité de l'eau d'irrigation.....	8
2.2.1. Salinité.....	8
2.2.2. Le Sodium.....	9
2.2.3. Alcalinité dureté.....	9
2.2.4. Le pH de l'eau d'irrigation.....	10
2.2.5. Les éléments toxiques dans l'eau d'irrigation.....	11
2.3. Caractéristiques biologiques.....	12
2.4. Les normes de qualité des eaux destinées à l'irrigation.....	12

#### **3: L'USAGE DES SOLS ET L'AGRICULTURE CONVENTIONNELLE**

3.1. Caractérisation de l'agriculture conventionnelle.....	14
3.2. Principe d'agriculture conventionnelle.....	14
3.3. Les avantages de l'agriculture moderne.....	14
3.3.1. L'accroissement des rendements.....	14
3.3.2. Les avantages du labour.....	15
3.3.3. Les inconvénients du labour.....	15
3.4. Le travail de sol.....	15
3.5. Causes et conséquences de dégradation des sols agricoles.....	17
3.6. Effets du labour et des techniques de conservation sur les propriétés du sol.....	18
3.6.1. Effets du labour et des techniques de conservation sur les propriétés physiques	18

du sol et la circulation de l'eau.....	
a. Structure du sol.....	18
b. La densité apparente du sol.....	19
c. LA Porosité et circulation de l'eau.....	20
d. La conservation de l'eau.....	21
3.6.2. Effets du travail du sol conventionnel et des techniques de conservation sur propriétés chimiques.....	21
a. Teneurs et stocks en C et N totaux.....	21
b. Azote minéral.....	22
c. Autres éléments minéraux.....	23
3.6.3. Effets du travail du sol conventionnel et des techniques de conservation sur propriétés biologique.....	24
a. La matière organique du sol.....	24
b. Les vers de terre.....	25

## **PARTIES EXPERIMENTALE**

### **1 : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE**

1.1. Situation géographique.....	26
1.1.1. Limites administratives.....	26
1.2. Lieu de l'expérimentation.....	26
1.3. Altitude et pente.....	27
1.4. Le sols.....	28
1.4.1. Caractéristique des sols.....	28
1.4.2. Types du sol.....	28
1.5. Les ressources hydriques à travers la wilaya.....	28
1.5.1. Eaux souterraines.....	28
1.5.2. Eaux superficielles.....	28
1.6. Le milieu agricole.....	29
1.6.1. La superficie agricole.....	29
1.6.2. Répartition de la superficie utile par culture.....	29
1.7. Etude climatique.....	29
1.7.1. Température.....	30
1.7.2. La pluviométrie.....	30
1.7.3. Les vents.....	31
1.8. Synthèse climatique.....	32
1.8.1. Diagramme Ombrothermique de GAUSSEN et BAGNOULS.....	32
1.8.2. Quotient pluviométrique d'EMBERGER.....	33

## 2 : METHODOLOGIE DE TRAVAIL

2.1. Objectifs du travail.....	34
2.2. Echantillonnage.....	34
2.2.1. Techniques d'échantillonnage des eaux d'irrigation.....	34
2.2.2. Techniques d'échantillonnage du sol.....	34
2.3. Identification des parcelles.....	36
2.4. Analyses physico-chimiques de sol.....	38
2.4.1. L'humidité.....	38
2.4.2. Le pH.....	38
2.4.3. La conductivité électrique (CE).....	38
2.4.4. La granulométrie.....	39
2.4.5. La densité apparente.....	39
2.4.6. La densité réelle.....	39
2.4.7. Le calcaire total.....	40
2.4.8. Le calcaire actif.....	40
2.4.9. Le carbone organique : (Carbone total et azote total).....	41
2.4.10. Les chlorures ( $\text{Cl}^-$ ).....	41
2.4.11. Les sulfates ( $\text{SO}_4^{2-}$ ).....	42
2.4.12. Carbonates et bicarbonates ( $\text{CO}_3^{-2}$ , $\text{HCO}_3^-$ ).....	42
2.4.13. La capacité d'échange cationique (CEC).....	43
2.4.14. La notion des cations échangeable.....	44
2.5. Analyses physico-chimiques des eaux d'irrigation.....	44
2.5.1. Le potentiel hydrogène de l'eau (pH).....	44
2.5.2. La conductivité électrique (CE).....	44
2.5.3. La turbidité.....	44
2.5.4. Les chlorures ( $\text{Cl}^-$ ).....	44
2.5.5. Les sulfate.....	45
2.5.6. Ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ).....	45
2.5.7. Les nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ).....	45
2.5.8. Détermination de l'alcalinité de l'eau (TA et TAC).....	45
2.5.9. Dureté totale (Titre hydrométrique TH).....	45
2.5.10. Détermination de la dureté calcique (THCa).....	45
2.5.11. Détermination du calcium ( $\text{Ca}^{++}$ ) et du magnésium ( $\text{Mg}^{++}$ ).....	45
2.6. Analyse statistiques.....	46

## **RESULTATS & DISCUSIONS**

1. Résultats des analyses physico-chimiques de sol.....	47
1.1. Analyses granulométriques du sol.....	47
1.2. Le pH .....	48
1.3. La Conductivité électrique (CE).....	49
1.4. L'humidité H%.....	50
1.5. Le carbone organique (C%).....	52
1.6. Azote total .....	54
1.7. La matière organique.....	55
1.8. le calcaire total et actif CaCO <sub>3</sub> .....	57
1.9. la densité apparente (Da) et la densité réelle (Dr).....	59
1.10. La porosité.....	61
1.11. La concentration des anions.....	62
1.12. La capacité d'échanges cationiques CEC.....	64
1.13. Les cations échangeables:.....	66
2. Résultats des analyses physico-chimiques des eaux d'irrigation.....	68
<b>Conclusion générale</b> .....	70
<b>Références bibliographiques</b> .....	71
<b>Annexes</b>	

# **INTRODUCTION GENERALE**

## **INTRODUCTION GENERALE**

### **INTRODUCTION GENERALE**

Le sol est une ressource naturelle difficilement renouvelable et particulièrement sensible aux facteurs anthropiques. L'intensification de l'agriculture, couplée à une utilisation accrue des ressources en eaux de surface et souterraine, est jugée responsable de la détérioration de certains paramètres de qualité des sols. Cette dégradation est une contrainte économique et écologique majeure entraînant la perte de la fertilité et par conséquent des rendements faibles des cultures.

En Algérie, le phénomène de la dégradation des sol à cause de déficit hydrique, des pratiques culturales inadaptées et de la surexploitation des terres qui ne vont pas de paire avec l'évolution pédoclimatique du milieu, la technique de travail du sol classique de labour. Les conséquences du système conventionnel sur les sols sont à soulever sur le plan économique, agronomique et le respect de l'environnement ainsi que sur les propriétés physico-chimiques de ces sols.

L'irrigation est l'opération consistant à apporter artificiellement de l'eau à des végétaux cultivés pour en augmenter la production, et l'effet de l'eau sur les propriétés physico-chimiques des sols. La maîtrise de l'irrigation est donc un facteur qui permet de maintenir une production régulière, en quantité et en qualité des produits.

L'objectif de ce travail est de faire ressortir l'effet d'usage de sols sur ses propriétés physico-chimiques et hydriques.

Le présent document est articulé en trois parties, la première partie est consacré à une synthèse bibliographique sur le sol et ses constituants, et présentons une vue générale sur l'irrigation, et l'usage des sols et l'agriculture conventionnelle et ses caractéristiques. La deuxième partie, partie expérimentale est consacré à la présentation de la zone d'étude : situation, lithologie, hydrologie, géologie, climatologie, et présente la méthodologie de travail d'analyses suivies pour les compartiments eau et sols. Avant de conclure ce travail, une dernière partie, est consacré à la présentation des résultats obtenus après analyses, ainsi qu'une analyse statistique, afin de mieux interpréter les résultats obtenus.

**SYNTHESE  
BIBLIOGRAPHIQUE**

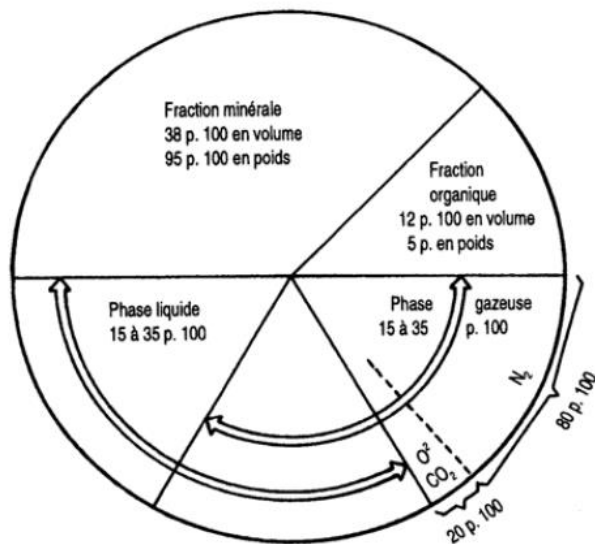
## 1 : LE SOL ET SES CONSTITUANTS

### 1.1. Le sol

Le sol est certainement la composante de l'environnement la plus mal connue alors qu'il constitue le support direct de la plupart des activités humaines. Ce n'est que récemment, et souvent à la suite de la mise en évidence de la pollution des sols par les activités industrielles ou agricoles, que l'on a pris conscience de l'importance des fonctions du sol et de la nécessité de les sauvegarder. En effet le sol joue un rôle essentiel comme interface de l'environnement vis-à-vis des principales pollutions provoquées par l'homme (Sparks , 2001).

Le sol correspond à la couche supérieure meuble de la croûte terrestre composée de particules minérales, de matière organique, d'eau, d'air et d'organismes vivants (Morel, 1989). (Figure 01).

En dehors des constituants primaires issus de la roche mère (silicates, carbonates), le sol comprend des constituants secondaires minéraux (argiles, oxydes, hydroxydes) et des constituants organiques formés à partir des résidus végétaux et animaux (humus). Ces divers constituants ont des propriétés de surface et de charge qui leur confèrent de remarquables capacités de rétention.



**Figure 01 : Composition moyenne des sols d'après (Morel R, 1989).**

Le sol a de nombreuses fonctions. Il est un milieu biologique dans/et sur lequel se développent des êtres vivants. Ce développement va dépendre de la qualité de ce sol ou de sa fertilité (quantité de carbone, d'azote, capacité d'échange cationique, etc...). Il est aussi un acteur déterminant du cycle de l'eau (stockage et régulation) et de la qualité de cette eau

(source de pollution, capacité de rétention des polluants mais aussi biodégradation de ceux-ci). Mais le sol joue aussi un rôle prédominant dans les cycles biogéochimiques.

### **1.2. Constituants du sol**

Le sol est un milieu poreux où se déroule nombres de processus physiques, chimiques et biologiques. C'est un système multi-composant ouvert formé par trois phases : solide, liquide, gazeuse. Comme tout système ouvert, il subit nombres d'échanges de matière et d'énergie avec l'atmosphère, la biosphère et l'hydrosphère. Les sols sont également considérés comme des milieux chimiquement réactifs où toutes les phases sont en équilibre.

#### **1.2.1. Phase gazeuse**

La phase gazeuse du sol est constituée par les mêmes éléments que l'air atmosphérique, mais à cause de l'activité biologique, les teneurs de chaque composant peuvent changer considérablement. Sa composition dépend elle-même de la profondeur.

A la surface, l'oxygène et le dioxyde de carbone jouent un rôle important. Le dioxyde de carbone a une influence significative sur l'acidité du sol ainsi que sur la chimie des carbonates. Dans les profondeurs plus importantes, où le taux d'oxygène est très faible (conditions anaérobies), les microorganismes produisent les gaz comme NO, N<sub>2</sub>O, NH<sub>3</sub>, CH<sub>4</sub> et H<sub>2</sub>S (Sposito, 1989). Ces gaz existent dans les sols, soit à l'état libre, soit dissous dans la solution des sols.

#### **1.2.2. Phase liquide**

La phase liquide du sol est principalement constituée par l'eau, dans laquelle sont présents les ions minéraux et des molécules organiques, et qui varie dans sa composition et sa mobilité. Sa composition dépend essentiellement du milieu géologique avec lequel elle est en contact, mais également de la composition de l'eau de pluie et de l'eau de surface. La minéralisation des roches est plus effective en présence de dioxyde de carbone ou d'acides minéraux. Cela permet, par exemple, la transformation des carbonates qui sont peu solubles en bicarbonates très solubles. Dans ce cas, l'eau s'enrichit de plusieurs cations comme Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup> et anions HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>. Si elle est en contact avec la pyrite (FeS<sub>2</sub>), la pyrite peut s'oxyder chimiquement ou biochimiquement en formant des concentrations en solution importantes en fer et en sulfate. Au cours du temps, tous les composants présents dans l'eau du sol peuvent subir des modifications qui sont le résultat des différentes réactions comme des échanges ioniques, les oxydations et les réductions chimiques ou biochimiques.

Du point de vue de la réactivité chimique et biologique, le pH de l'eau du sol est une des principales propriétés. Il détermine l'acidité ou la basicité du sol. Chamayou et Legros 1989 ont souligné que la valeur de pH est fondamentalement donnée par l'équilibre des carbonates et varie le plus souvent entre 5,5 et 7,5.

### 1.2.3. Phase solide

La phase solide représente entre un demi et deux tiers du volume du sol. En général, 90 % du solide est formé par des composants inorganiques. L'une des exceptions sont les sols tourbes qui contiennent plus de 50 % de matière organique. Les deux principaux éléments composant les sols sont : l'oxygène et la silice. Du point de vue minéralogique les constituants solides du sol peuvent être classés en deux groupes : les minéraux primaires et les minéraux secondaires. Les minéraux primaires sont les silicates qui apparaissent dans les sols par désintégration physique des roches, avec comme représentants dominants les minéraux sableux. Les minéraux secondaires sont le résultat de l'altération des silicates primaires. Les principaux représentants de minéraux secondaire sont les minéraux argileux, les oxydes et hydroxydes et les carbonates (Sposito, 1989).

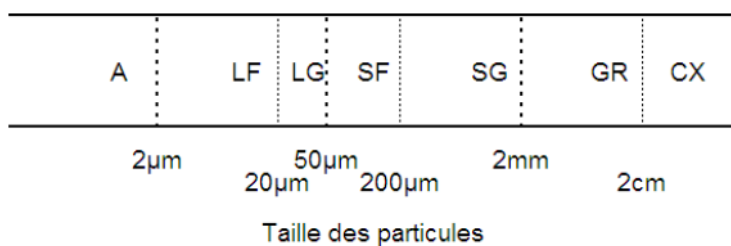
La fraction organique est formée d'organismes vivants divers (racines, micropopulations, faune du sol) et de résidus organiques à différents stades de dégradation (fragment du tissu, de résidus organiques de poids moléculaires élevés).

### 1.3. Texture du sol

La phase solide du sol peut être décrite par deux propriétés essentielles :

- Les natures lithologiques/minéralogiques des constituants minéraux, et la nature biochimique des constituants organiques ;
- Les caractéristiques de la distribution des tailles des particules qui le constituent.

Cette distribution est segmentée en fractions granulométriques (classes de tailles de particules) dont les tailles limites sont normalisées.



**Figure 02 : Fractions granulométriques fines et grossières du sol.**

Les tailles de particules sont représentées sur une échelle logarithmique. Avec A : argile ; LF : limons fins ; LG : limons grossiers ; SF : sables fins ; SG : sables grossiers ; GR : graviers ; CX : cailloux [2cm;7,5cm]. Il existe d'autres fractions grossières non représentées ici : Les pierres [7,5 cm;25 cm] et les blocs (> 25 cm) (AFNOR, 1998).

L'étude de la nature minéralogique des constituants est essentielle pour comprendre l'origine géologique et pédogénétique du sol. Elle n'est cependant pas étudiée systématiquement quand ces questions sont secondaires.

La granulométrie du sol est étudiée systématiquement. On distingue les fractions fines (inférieures à 2 mm) des fractions grossières (supérieures à 2 mm). Les fractions fines et fractions grossières sont-elles même subdivisées, comme illustré par la figure 02.

L'abondance relative des fractions argileuses, limoneuses et sableuses est exprimée en grammes de fraction (sèche) par kilogramme de terre fine totale (sèche) [g.kg<sup>-1</sup>] ou en pourcentage de la terre fine totale.

La norme X 31-107 (AFNOR, 2003), présente la méthode d'« analyse granulométrique par sédimentation » et fournit les tailles limites de différentes fractions granulométriques de la terre fine < 2 mm. La norme NF X 31-003, (AFNOR, 1998), présente la méthode de « description du sol » et donne les tailles limites des différentes fractions grossières.

### **1.4. Structure du sol**

Bien qu'il soit universellement utilisé, le concept de structure du sol ne fait pas l'objet d'une définition unique et généralement acceptée. En effet, plusieurs définitions de la structure du sol sont adoptées dans la littérature scientifique. On peut néanmoins les classer en trois tendances :

a) La structure peut être simplement définie, comme étant la manière dont sont disposées les particules du sol les unes par rapport aux autres (Oades, 1984 ; Musy et Soutter, 1991).

b) D'autres définitions font intervenir en plus de la disposition spatiale, la nature et l'intensité des liaisons établies entre les particules constitutives du sol (Manichon, 1982 ; Stengel, 1990).

c) Une conception plus globale intègre à la définition de la structure du sol, les propriétés qui déterminent la structure du sol et/ou sont influencées par elle (Dexter, 1988).

### 1.4.1. Stabilité de la structure

La structure du sol n'est pas nécessairement permanente, elle peut se modifier en fonction des circonstances (pluie, vent, tassement par les engins et le piétinement par les animaux...). Ainsi, la stabilité de la structure représente la capacité d'un sol à conserver l'arrangement de sa phase solide et de sa porosité quand il est exposé à des stress (Kay, 1998).

La stabilité structurale est une caractéristique importante de la structure du sol. Elle est le plus souvent évaluée à l'échelle des agrégats. Cette stabilité peut être appréhendée selon deux approches complémentaires : les facteurs stabilisants qui conditionnent la formation et la stabilité des agrégats et les processus de désagrégation auxquels s'oppose la stabilité.

### 1.4.2. Lien entre la structure et les autres propriétés d'un sol

La structure du sol est une propriété fondamentale dans un sol puisqu'elle conditionne plusieurs autres propriétés (Tableau 01).

Par leur arrangement dans l'espace, les éléments structuraux ménagent des pores dont l'ensemble du volume et l'architecture définissent la porosité d'un sol. Deux types de porosité sont définis selon l'origine des pores : la porosité texturale formée par l'arrangement des particules élémentaires du sol, et la porosité structurale correspondant à la fraction de porosité en rapport avec l'histoire du matériau : travail du sol, facteurs climatiques, activités biologiques (Stengel, 1979).

La porosité totale peut être aussi subdivisée, selon la taille des pores, en deux parties. La microporosité, correspond aux pores d'un diamètre de l'ordre de 2 à 8  $\mu\text{m}$  dans laquelle l'eau est retenue par des forces capillaires. Les pores de diamètre plus grands correspondent à la macroporosité, où se déroule l'essentiel des processus de transferts d'eau et d'air (Musy et Soutter, 1991). La porosité influence la vitesse d'infiltration de l'eau dans le sol, la capacité du sol à stocker de l'eau et la circulation de l'air dans le sol. Elle est en relation étroite avec la densité apparente selon :

$$\text{Porosité} = \left(1 - \frac{\text{densité apparente}}{\text{densité réelle}}\right) \times 100$$

---

L'espace poral, en conditionnant les volumes d'air et d'eau dans le sol, contrôle aussi la vie du sol, en ménageant des espaces qui facilitent le développement des racines des plantes et la circulation des organismes vivants.

**Tableau 01 : Propriétés biologique, chimique et physique influencées par la structure du sol (adapté de Diaz-Zorita et al, 2002).**

<b>Propriété</b>	<b>Action de la structure du sol</b>
<b>Biologique</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Protection de la faune et la microflore du sol</li><li>- Cycles biogéochimiques</li><li>- Croissance des plantes</li></ul>
<b>Chimique</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Sorption-désorption des composés organiques et inorganiques</li></ul>
<b>Physique</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Erosion par l'eau et le vent</li><li>- Infiltration et mouvement de l'eau et de solutés</li><li>- Circulation des gaz, aération</li></ul>

## **2 : LES EAUX D'IRRIGATION**

### **2.1. Qualité de l'eau d'irrigation**

Toutes les eaux naturelles utilisées pour l'irrigation contiennent des sels minéraux en solution, provenant des roches ou des matières solides à travers lesquelles elles sont filtrées (Bahir et al, 1977). Les matières dissoutes les plus communes sont les chlorures, les sulfates, et les bicarbonates de  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$  et de  $\text{Na}^+$ , la concentration de ces éléments détermine la possibilité d'utilisation de ces eaux en irrigation. Couture (2003) ajoute que la teneur totale en sels et la présence d'oligoéléments sont deux caractéristiques chimiques qui déterminent le choix de la qualité des eaux d'irrigation.

### **2.2. Caractéristiques physico-chimiques pour évaluer la qualité de l'eau d'irrigation**

- la salinité : contenu total en sels solubles,
- le sodium : proportion relative des cations sodium ( $\text{Na}^+$ ) par rapport aux autres,
- l'alcalinité et dureté : concentration d'anions Carbonate ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) et bicarbonate,
- les bicarbonates ( $\text{HCO}_3^-$ ) en relation avec la concentration en calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ) et en magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ ),
- le pH de l'eau d'irrigation.

Les deux premiers critères sont d'importance majeure, car un excès de sels augmente la pression osmotique de l'eau du sol et provoque des conditions qui empêchent les racines d'absorber l'eau. Ces conditions provoquent une sécheresse physiologique. Même si le sol semble avoir beaucoup d'humidité, les plantes flétrissent parce que les racines n'absorbent pas suffisamment d'eau pour remplacer celle perdue par évapotranspiration.

#### **2.2.1. Salinité**

Parmi les différentes caractéristiques physico-chimiques d'une eau d'irrigation, la salinité constitue l'aspect le plus important. Les principaux sels responsables de la salinité de l'eau sont les sels de calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ), de magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ ), de sodium ( $\text{Na}^+$ ), les chlorures ( $\text{Cl}^-$ ), les sulfates ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) et les bicarbonates ( $\text{HCO}_3^-$ ).

Une valeur élevée de la salinité signifie une grande quantité d'ions en solution, ce qui rend plus difficile l'absorption de l'eau et des éléments minéraux par la plante. Une salinité trop élevée peut causer des brûlures racinaires.

L'irrigation avec les eaux chargées en sels entraîne une accumulation de ces sels dans le sol susceptible de ralentir la croissance des végétaux avec une baisse des rendements pouvant

## SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

aller jusqu'au dépérissement; parallèlement, un excès de sodium peut engendrer l'alcalinisation et la dégradation de la structure de sol. Le risque de salinité peut être apprécié en se basant sur la teneur totale en sels, exprimée en mg/l ou d'après la conductivité électrique (CE) (Westcot et Ayers, 1988).

La salinité peut se mesurer de deux façons, soit par les matières dissoutes totales (MDT) exprimé en mg/l ou, plus couramment, par la conductivité électrique. La conductivité électrique est exprimée en millisiemens/centimètre (mS/cm) qui est l'équivalent de 1 decisiemens par mètre (dS/m) et en moyenne, à 640 ppm de sel (Couture, 2006).

### **2.2.2. Le Sodium**

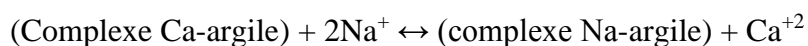
Le sodium est l'un des éléments les plus indésirables dans l'eau d'irrigation. Cet élément est à l'origine de l'altération de la roche et du sol, des intrusions d'eau de mer, des eaux traitées et des systèmes d'irrigation.

Le problème principal avec une grande quantité de sodium est son effet sur la perméabilité du sol et sur l'infiltration de l'eau. Le sodium remplace le calcium et le magnésium adsorbés sur les particules d'argile et provoque la dispersion des particules du sol. Il y a donc éclatement des agrégats du sol, ce qui provoque un sol dur et compact lorsqu'il est sec et excessivement imperméable à l'eau.

Le sodium contribue aussi directement à la salinité totale de l'eau et peut être toxique pour des cultures sensibles comme les carottes, les haricots, les fraises, les framboises, les oignons, pour en nommer quelques-unes.

### **2.2.3. Alcalinité dureté**

Lorsque l'eau d'irrigation possède un rapport sodium/calcium élevé, un échange d'ions adsorbés sur les particules argileuses peut avoir lieu:



Les ions sodium étant plus hydratés que les ions calcium, ils prennent plus de place, colmatent les pores et finissent par diminuer la perméabilité du sol (Couture, 2003).

Le risque d'alcalinisation peut être apprécié par le coefficient d'absorption du sodium (SAR). Le SAR est défini par la relation suivante:

$$\text{SAR} = \frac{[\text{Na}^+ + \text{K}^+]}{\sqrt{\frac{[\text{Ca}^+] + [\text{Mg}^+]}{2}}}$$

## SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

Tous les ions sont exprimés en meq/l.

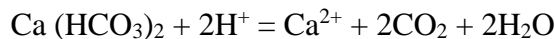
Lorsque la concentration de  $\text{Ca}^{+2}$  et de  $\text{Mg}^{+2}$  décroît, en comparaison la teneur sodium et l'indice SAR deviennent plus importants. Ceci causera un effet d'alcalisation et augmentera le pH (Rieu, 1981).

La dureté fait référence à la quantité de calcium et de magnésium contenue dans l'eau. Ces deux éléments proviennent de l'altération de la roche mère. Les bicarbonates de calcium et de magnésium sont relativement peu solubles dans l'eau.



Bicarbonate de calcium (peu soluble) = carbonate de calcium (chaux) + dioxyde de carbone + eau

Lorsque le pH ou la température de l'eau d'irrigation change un peu, le bicarbonate de calcium et de magnésium précipite sous forme de paillettes.



Bicarbonate de calcium (peu soluble) + (acide) = cation accompagnateur + dioxyde de carbone + eau.

Quand vous ajoutez de l'acide pour neutraliser l'alcalinité, vous libérez du fait même le calcium et le magnésium qui, sinon, restent emprisonnés par le carbonate. Vous comprendrez alors qu'il est très important de «casser» cette alcalinité qui empêche le calcium et le magnésium d'être disponibles à la plante.

L'alcalinité, tout comme la dureté de l'eau, est généralement exprimée en ppm (mg/l) de carbonate de calcium ( $\text{CaCO}_3$ ). Il arrive toutefois que la dureté de l'eau soit élevée sans pour autant que son alcalinité le soit. C'est le cas lorsque le calcium et le magnésium de l'eau sont sous forme de sulfates et de chlorures.

### **2.2.4. Le pH de l'eau d'irrigation**

Le pH est la mesure de la concentration en ions hydrogènes ( $\text{H}^+$ ) de la solution. Il est représenté par une expression logarithmique, c'est donc dire que la concentration en  $\text{H}^+$ , à pH 6,0 est 10 fois plus grande que celle à pH 7,0 et 100 fois plus grande que celle à pH 8,0. Plus la concentration en ions hydrogènes est élevée, plus le pH est bas et plus c'est acide. Le pH influence la forme et la disponibilité des éléments nutritifs dans l'eau d'irrigation.

## **SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE**

Le pH de l'eau d'irrigation devrait se situer entre 5,5 et 6,5. À ces valeurs, la solubilité de la plupart des microéléments est optimale.

### **2.2.5. Les éléments toxiques dans l'eau d'irrigation**

D'après Robert et Dale (1991) les ions toxiques les plus communs dans les eaux d'irrigation sont : - Bore (B) - Chlorure (Cl) - Sodium (Na)

Le sodium et le chlorure sont habituellement absorbés par les racines. La convenance de concentration de ces ions dépend du type de récolte, de l'état de croissance, de la concentration en ions, du climat et de l'état des sols.

Certains éléments de l'eau d'irrigation peuvent être directement toxiques à la culture. Établir des limites de toxicité pour l'eau d'irrigation est compliqué de par les réactions qui peuvent se passer quand l'eau atteint le sol. Les éléments potentiellement dangereux de l'eau peuvent être inactivés par des réactions chimiques ou bien s'accumuler dans le sol jusqu'à atteindre des niveaux de toxicité pour les plantes.

Les chlorures peuvent causer des dommages lorsqu'ils sont en trop grande quantité dans l'eau d'irrigation, à plus forte raison lorsque c'est par aspersion.

Les sulfates : le soufre est rarement toxique pour les plantes. Les plantes sont très tolérantes aux sulfates. Leur concentration est généralement mesurée afin d'en prévenir les carences plutôt que d'en vérifier les excès potentiels. Des carences en soufre peuvent être appréhendées si l'eau d'irrigation contient moins de 48 ppm de sulfates.

Le bore peut être toxique à très faible concentration. Une concentration en bore inférieure à 1mg/l est essentielle pour le développement des plantes, mais des niveaux plus élevés peuvent poser des problèmes pour les plantes sensibles. La plupart des plantes montrent des problèmes de toxicité quand la concentration du bore excède 2 mg/l.

Le bore, le sodium et le chlore sont à surveiller. Des excès en bore sont presque tout le temps associés à des puits très profonds qui ont également une forte salinité. Une eau d'irrigation contenant plus de 1 ppm de bore (B) peut causer une accumulation toxique pour les cultures sensibles, tel l'ail, l'oignon, les haricots et les fraises.

## SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

**Tableau 02 : Niveaux de toxicité pour des ions spécifiques (Robert et Dale, 1991).**

<b>Niveaux de toxicité pour des ions spécifiques (mg/l)</b>			
<b>Elément</b>	<b>Bore</b>	<b>Chlore</b>	<b>Sodium</b>
<b>Niveau</b>			
<b>Nul</b>	< 1	1 - 3	> 3
<b>Léger à Modéré</b>	< 3	3 - 9	> 9
<b>Sévère</b>	< 4	4 - 10	> 10

### **2.3. Caractéristiques biologiques**

Il s'agit essentiellement des bactéries et des algues présentes dans l'eau d'irrigation. L'eau pompée directement de puits artésiens pose rarement problème à cet égard. Il peut en être autrement de l'eau de bassin ou de rivières lorsque le nombre de bactéries de tous types dépasse les 10 000/ml d'eau.

Des bactéries individuelles ou des cellules d'algues et leurs résidus organiques peuvent être suffisamment petits pour pouvoir passer au travers des filtres du système d'irrigation et obstruer progressivement les sorties d'eau. En présence de très faibles quantités d'oxygène et de particules organiques en suspension, les bactéries se multiplient et forment des colonies qui prennent l'apparence de traînées gélatineuses. De plus, ce type de bactéries oxyde certains minéraux comme le fer, le manganèse ou le soufre en composés insolubles.

### **2.4. Les normes de qualité des eaux destinées à l'irrigation**

L'agriculture représente le plus gros consommateur des ressources en eau. Ces ressources, suivant les régions dont elles proviennent, et leur contact éventuel avec des sources de pollution ont des caractéristiques très diversifiées.

Les normes de qualité des eaux destinées à l'irrigation ont été établies afin de :

- protéger le public et les ouvriers agricoles ;
- protéger les consommateurs des produits agricoles ;
- protéger les ressources en eau superficielle et souterraine et les sols ;
- protéger le matériel d'irrigation ;
- maintenir des rendements acceptables

## SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

Une eau est conforme à l'irrigation est une eau dont les caractéristiques respectent les valeurs limites imposées par des textes de lois et inscrites dans des tableaux de normes. L'exemple du, tableau 3 donne les normes de qualité des eaux destinées à l'irrigation (Maynard et Hochmuth, 1997). Les normes varient selon les pays, mais dans la majorité des pays on fait référence, à quelques exceptions près, aux cinq critères de qualité sus cités.

**Tableau 03 : Barème de qualité pour l'eau d'irrigation (Mayard et Hochmuth, 1997).**

Types de problèmes	Sévérité du problème		
	Aucune	Légère	Elevée
<b>Salinité</b>			
- Conductivité (mS/cm)	< 0.75	0.75 – 3.0	> 3
- Matières dissoutes totales	< 700	700 – 2000	> 2000
<b>SAR (Sodium absorption Ratio)</b>	< 3	3 – 9	> 9
<b>Alcalinité ou dureté</b>	80 - 120		> 200
<b>pH (risque de colmatage)</b>	< 7	7 – 8	> 8
<b>Fe mg/l (risque de colmatage)</b>	< 0.2	0.2 – 1.5	> 1.5
<b>Mn mg/l (risque de colmatage)</b>	< 0.1	0.1 – 1.5	> 1.5

## **SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE**

### **3- L'USAGE DES SOLS ET L'AGRICULTURE CONVENTIONNELLE :**

Les processus d'industrialisation et d'urbanisation exigeaient, par conséquence, des accroissements accélérés de la productivité dans le secteur agricole afin de satisfaire, à des prix bas, la demande croissante des produits alimentaires de population. Dans cette conjoncture s'est produit le passage de l'agriculture traditionnelle (Murua et Laajiminn, 2011).

#### **3.1. Caractérisation de l'agriculture conventionnelle**

Depuis sa genèse, l'agriculture moderne est marquée par son caractère productiviste, du fait qu'on exige d'elle un accroissement considérable de la productivité, soit en produit par unité de terre utilisée ou unité de travail employée.

De ce fait l'activité agricole est immergée dans un processus d'intensification à travers l'utilisation croissante d'inputs (aliments composés, croisement de variétés sélectionnées, fertilisants, pesticides, etc.). En outre une spécialisation et homogénéisation également croissantes, comme étant un élément Co-adjutant à l'accroissement de la productivité. (Sauve, 2007).

#### **3.2. Principe d'agriculture conventionnelle**

Cette pratique appelée communément "système conventionnel" se base sur le travail profond du sol et la préparation de semis, dont les objectifs est de mettre les graines de semences en conditions idéales de levée, enfuir les engrais, détruire les mauvaises herbes et emmagasiner l'eau. Cette optique explique le développement de la mécanisation et sa variation de plus en plus (Aibar, 2006; Villeneuve, 2002).

#### **3.3. Les avantages de l'agriculture moderne**

Selon Lessirard (2009), l'agriculture intensive est considérée comme modèle de référence à partir duquel se sont définies d'autres types d'agricultures, dont l'apparition à provoqué dans une certaine mesure des évolutions à l'intérieur même de l'agriculture conventionnelle. Donc elle qualifie les pratiques, les savoir-faire agricoles les plus courants observés dans les exploitations agricoles.

##### **3.3.1. L'accroissement des rendements**

L'agriculture conventionnelle à permis d'augmenter fortement les rendements agricoles et diminuer les coûts de production en plus de l'amélioration de la qualité (aspect) des produits. (Demelliers, 2009). Ces gains de productivité ont donné accès à une alimentation abondante capable de "nourrir le monde" à des prix accessible pour une majorité de la population des

## SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

pays développés, en plus de la diminution de la part de l'alimentation dans le budget des familles (Sauve, 2007.)

### **3.3.2. Les avantages du labour**

Les intérêts de labour se résument dans, l'amélioration de la structure du sol qui consiste à réduire sa ténacité, créant ainsi des conditions plus favorables des racines et facilitant l'exécution d'autres travaux de préparation du lit de semence. En outre, le travail du sol contribue à l'amélioration de son état physique (aération, infiltration...) et l'enfouissement de la matière organique et des engrais solubles (Mahdi, 2004). Entre autres, cette technique est un moyen de lutte efficace contre les mauvaises herbes et certains parasites.

### **3.3.3. Les inconvénients de labour**

Le travail du sol par labourage entraîne (Anonyme, 2011):

- l'élimination des vers de terre qui entretiennent un réseau de galeries permettant la progression des racines et l'infiltration de l'eau. Les vers de terre ont besoin de déchets végétaux en surface pour se nourrir, leur enfouissement dans le sol favorise l'action de bactéries qui n'ont aucun effet sur la structure de sol.

- L'oxygénation du sol permet de minéraliser la matière organique, la terre s'appauvrit mais la culture en place bénéficie des minéraux libérés, ce qui donne l'impression d'une amélioration de la fertilité. En fait c'est le capital agronomique qui est consommé.

- La destruction des éléments structurants et l'oxydation des exsudats racinaires qui structurent le sol, le rendent sensible à la battance et à la compaction, notamment au passage d'engins.

- L'enfouissement des graines d'adventices dilue le problème sur une couche de 15 à 30 cm. Au bout de quelques années de labour successif les plantes à graines très résistantes (essentiellement les dicotylédones) deviennent un problème insoluble, nécessitant un recours presque systématique à des herbicides coûteux.

### **3.4. Le travail du sol**

Le travail de sol se définit comme étant un ensemble d'opérations pouvant mener à une modification de la partie supérieure de la couche du sol dans l'optique de créer des conditions favorables et adaptées au semis d'une culture donnée (Laverdière, 2005). IL existe plusieurs façons de travailler le sol pour toutes les productions agricoles réalisées en plein champ, les plus connues étant le travail conventionnel, le travail réduit et le semis direct. On regroupe

## SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

souvent le travail réduit et le semis direct sous l'appellation de « pratiques de conservation des sols ».

Le travail de sol conventionnel est utilisé depuis long temps par plusieurs générations de producteurs agricoles. L'équipement nécessaire pour le réaliser est aisément disponible et adapté aux conditions de sol humides de l'automne et du printemps

Le travail conventionnel consiste généralement en un labour effectué à l'automne à l'aide d'une charrue à versoirs (travail primaire du sol) auquel s'ajoutent un ou plusieurs passages de machineries travaillant plutôt la portion supérieure de la couche arable (travail secondaire du sol).

Le travail secondaire s'effectue au printemps avant le semis et utilise une herse à disques, un vibroculteur ou un cultivateur à dents rigides (Vanasse et coll., 2012). Le labour a pour but d'améliorer le drainage et le réchauffement du sol au printemps, de réduire la pression des plantes adventices, d'enfouir les résidus de la culture précédente et d'incorporer les amendements minéraux et organiques tels que la chaux et les fumiers (Laverdière, 2005). Le rôle du travail secondaire est plutôt de préparer un lit de semence adéquat pour la culture à venir. Dans sa définition, le travail conventionnel laisse généralement à la surface du sol moins de 10 % de résidus après le semis (figure 3) (Vanasse et coll., 2012). De par son degré plus élevé de perturbation du sol et de son faible pourcentage de couverture par les résidus, le travail conventionnel est reconnu pour contribuer fortement aux processus d'érosion des sols (Pimentel et coll., 1995). Il peut également engendrer la formation d'une semelle de labour et entraîner la dilution de la matière organique sur une grande profondeur (Laverdière, 2005).



**Figure 03: Représentation de la quantité de résidus en surface selon le travail de sol.**

## SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

### **3.5. Causes et conséquences de dégradation des sols agricoles**

L'agriculture moderne nourrit les hommes, gère de vastes espaces, mais elle peut également contribuer au développement de nuisances. Parmi celles-ci, la production de ruissellement et d'érosion par les parcelles agricoles est un risque souvent important en milieu méditerranéen, et son coût écologique et économique est élevé (Roose, 1991): amincissement et appauvrissement des terres agricoles, ravinements, pollution des rivières, comblement des réseaux de collecte des eaux, salissement et sapement des routes, envasement des retenues et barrages, inondations et coulées de boue. Cette dégradation, qui a eu pour conséquence un déclin de la production, est due à la fragilité du sol mais aussi à des systèmes de production mal adaptés (Mrabet *et al.*, 1997).

La mise en culture d'un sol le rend sensible à l'érosion car la probabilité d'avoir un sol nu s'accroît lors des fortes précipitations ; cela dépend de la nature de la plante cultivée et des techniques culturales, sous verger l'érosion est intense comme sur un sol nu (Roose *et al.*, 1993), mais plantée en terrasse elle est moindre que s'il est plantée en lignes dans le sens de la plus grande pente (Nahal, 1984) ; et pour des cultures peu denses, elle est plus intenses que pour des cultures denses (Browing 1948, cité par Nahal, 1975). L'alternance des cultures légumineuses atténue l'érosion du sol de manière spectaculaire (FAO, 1983 ; Gallien *et al.* 1995), ainsi en Algérie, en associant du blé à des fèves, la perte en terre diminue de 1.5 tonnes/ha à 0.3 tonnes/ha (sur sol nu travaillé) (Arabi et Roose, 1989). Les semis très battus ou chantier de récolte très roulés (rugosité nulle) accroissent les risques d'érosion, au contraire, du déchaumage avec résidus abondants ou labour (rugosité forte). Le travail du sol expose le sol nu à l'agressivité des pluies, réduit sa cohésion et accroît par la suite fortement le risque d'érosion et les glissements de terrain sur les versants instables (Brown *et al.*, 1989; Roose, 1994). L'installation des cultures et le contrôle des mauvaises herbes par des interventions aratoires engendrent des pertes en matière organique sous rotations de culture continues (Student *et al.*, 1997 in Saber et Mrabet, 2002). Ces pertes peuvent être réduites en introduisant des cultures fourragères dans les rotations ou en maintenant des niveaux importants de résidus des plantes en surface (Campbell et Zentner, 1993).

La porosité du sol joue un rôle important dans les échanges hydriques et gazeux, ainsi que dans le développement racinaire. Elle est souvent sujette à des modifications variables lorsque les sols sont compactés. Généralement, la compaction affecte la qualité physique du sol, elle réduit la porosité, ce qui entraîne une mauvaise aération du sol, un mauvais drainage

## **SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE**

et augmente la résistance à la pénétration des racines, par conséquent réduit la croissance et le rendement de la récolte (McBride *et al.*, 1989).

Dans les zones semi-arides, on assiste à une dégradation continue des ressources naturelles due à l'utilisation abusive et inadéquate des techniques agricoles. Ainsi, le labour intensif entraîne une détérioration de la qualité du sol ce qui menace la production agricole à long-terme, dans tout le bassin méditerranéen (Lopez Bellido, 1992). Les travaux récents montrent d'une façon irréfutable que la stabilisation et l'amélioration des rendements céréaliers dans les zones semi-arides marocaines ne peuvent se réaliser à long-terme qu'à travers le remplacement du système conventionnel (TC) du travail du sol par le non labour ou semis direct (NL) (Bouzza, 1990 ; Kacemi, 1992 ; Mrabet, 1997 ; Mrabet, 2000a).

### **3.6. EFFETS DU LABOUR ET DES TECHNIQUES DE CONSERVATION SUR LES PROPRIÉTÉS DU SOL**

#### **3.6.1. Effets du labour et des techniques de conservation sur les propriétés physiques du sol et la circulation de l'eau**

##### **a. Structure du sol**

La structure d'un sol évolue continuellement, alternant les phases de formation, de stabilisation et de dégradation. La formation de la structure du sol résulte principalement de perturbations physiques d'origine anthropique ou climatique (Oades, 1993 ; El Titi, 2003). Les pores créés par ces perturbations sont généralement allongés; Ce sont les fissures. L'activité biologique des organismes du sol participe aussi à la formation de la structure mais joue surtout un rôle majeur dans sa stabilisation. La dégradation de la structure résulte quant à elle de l'action de l'homme ou du climat (Young *et al.*, 1998). Le travail du sol affecte les facteurs biotiques et abiotiques du sol, soit directement en modifiant les propriétés structurales du sol comme l'arrangement des vides, les agrégats, la connectivité des pores, soit indirectement en changeant les conditions d'aération, de température et de pénétrabilité du sol par les racines (Huwe, 2003). 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

## SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

spatiale des conditions locales de circulation d'eau, d'activité biologique et d'aération (Boizard *et al.*, 2004).

Dans les systèmes labourés, la structure du sol est principalement créée par les opérations de travail du sol tandis que dans les systèmes non travaillés (semis direct) la structure est principalement créée par l'action du climat (en surface dans les régions tempérées) et par des processus biologiques (Oorts, 2006). Il en résulte que la structure d'un sol labouré est extrêmement hétérogène. Elle est composée de l'assemblage de sol fin, de mottes compactées ou non (décimétriques), de résidus de cultures répartis le long de la bande de labour, de vides et de fissures issus de l'action de retournement, de déplacement et de fragmentation de la charrue sur la couche de sol labourée (Roger-Estrade *et al.*, 2004). A l'inverse, la structure d'un sol non travaillé est plus homogène et présente souvent une structure plus massive composée de macro-pores d'origine biologique. Les fissures et les vides sont en général moins importants dans les sols non travaillés ou dans les systèmes de travail du sol réduit du type chisel (Rasmussen, 1999). Par ailleurs, les résidus de cultures ne sont pas enfouis en profondeur et sont concentrés en surface ou dans les premiers centimètres de sol, améliorant la stabilité structurale du sol (Tebrügge et Düring, 1999). L'effet des différentes techniques de travail du sol sur la structure diffère selon le type de sol. Les sols sensibles aux tassements, comme les sols sableux, 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).

La stabilité des agrégats est corrélée à la quantité de carbone organique présent dans le sol (Stengel *et al.*, 1984). Comme cette quantité augmente sensiblement en semis direct, les agrégats sont plus stables dans cette situation culturale (Angers *et al.*, 1993 ; Suwardji et Eberbach, 1998 ;Hernández *et al.*, 2002 ; Saber et Mrabet, 2002 ; Sasal *et al.*, 2006).

### **b. La densité apparente du sol**

Réduire l'intensité et la profondeur du travail du sol conduit en général à une augmentation de la densité apparente du sol mais pas au-delà de l'ancien fond de labour (Guérif, 1994; Rasmussen, 1999; Tebrügge et Düring, 1999). L'absence de fragmentation des anciennes couches de sol travaillées entraîne une diminution de leur espace poral (Guérif, 1994). L'augmentation de la densité apparente du sol est toutefois moins importante dans les systèmes de travail du sol réduit que dans les systèmes type semis direct (Kay et Vanden Bygaart, 2002), voire inférieure sur 0-10 cm (D'Haene *et al.*, 2008b). De nombreuses études

## **SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE**

réalisées dans des conditions pédoclimatiques variées concluent à une augmentation de la densité apparente en semis direct, dans les cinq à dix premiers centimètres de sol (Ehlers *et al.*, 1983 ; Lampurlanés et Cantero- Martínez, 2003 ; Basic *et al.*, 2004). Les socs du chisel, en fragmentant le sol, réduisent la prise en masse du sol sur la profondeur de travail de l'outil et à long terme (> 11 ans), il semblerait que la densité apparente du sol soit identique à celle d'un sol labouré (D'Haene *et al.*, 2008b). Par contre, la densité apparente de la couche de sol de surface (0-5 cm) est favorisée dans les systèmes de non travail du sol ou de travail du sol réduit par rapport à un labour en raison de la présence d'un mulch en surface (Blanco-Canqui *et al.*, 2007; Tebrügge et Düring (1999) montrent que l'écart de densité apparente entre un sol labouré et un sol non travaillé est maximal après le passage de la charrue; l'écart décroît au cours de la saison de culture.

Le non retournement des couches de sols par la charrue ou les techniques de travail superficiel, surtout les techniques de semis direct, favorisent l'activité fouisseuse de la faune du sol, et la présence de bio pores contribue donc à diminuer les effets de ces techniques sur la densité apparente du sol sur le long terme (au delà de 10 années d'adoption de ces techniques) (Huwe, 2003; Munkholm *et al.*, 2003). Généralement, une conséquence de la compaction du sol en semis direct est la pénétration plus difficile des racines dans le sol (Ehlers *et al.*, 1983; Hammel, 1989; Hill, 1990; Ferreras *et al.*, 2000).

### **c. La Porosité et la circulation de l'eau**

Dans les premiers centimètres de sol, la distribution de la taille des pores est modifiée en l'absence de travail du sol. La méso porosité et/ou la macroporosité diminuent dans un sol en semis direct par rapport à un sol labouré (Hill, 1990; Hussain *et al.*, 1998; Ferreras *et al.*, 2000) ; l'écart entre les deux situations culturales est particulièrement marquée après le travail du sol (Pierce *et al.*, 1994). De manière analogue, Guérif (1994) montre qu'en semis direct, les pores structuraux sont moins nombreux, situés en surface et plus continus. Une meilleure continuité des pores en semis direct est aussi observée par Heard *et al.*, (1988) et Azooz et Arshad (1996). Selon Kay et Vanden Bygaart (2002), l'effet des techniques de travail du sol sur la micro (<0,2 mm) et la méso-porosité (0,2-30 mm) du sol (importante pour le stockage de l'eau et siège des activités microbiennes) varie selon le temps d'application et la profondeur de travail de l'outil considéré.

## SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

### **d. La conservation de l'eau**

De nombreuses études s'accordent que le sol non travaillé retient plus d'eau (Dao, 1993 ; Arshad *et al.*, 1999 ; Ferreras *et al.*, 2000; Bhattacharyya *et al.*, 2006) du fait de la modification de l'espace poral mais aussi du fait de la présence des résidus en surface qui réduisent l'évaporation (Munawar *et al.*, 1990 ; Guérif, 1994). D'après Al-ouda (2010) la quantité de l'eau dans les 20 cm de surface du sol a diminuée significativement d'un type de travail de sol à un autre comme suit SD, TCS, TC. Dans une culture de blé dur au niveau de l'horizon (0-20cm), Abdellaoui *et al.*, (2010) affirment que le semis direct et les travaux simplifiés permettent une meilleure rétention en eau par rapport au labour conventionnel avec la charrue au soc. Dans une étude comparative de la dynamique de l'eau dans les couches du sol entre la technique du SD et celle de conventionnel effectuée en Tunisie ayant montré que le non labour valorise mieux les apports d'eau en préservant de l'eau présente dans le sol avec un écart de 5% en sa faveur (Nouiri *et al.*, 2004). La non manipulation du sol et le maintien d'un couvert végétal aident à prolonger la durée du dessèchement de la surface et gardent le sol plus humide une période du temps plus longue (Mrabet, 1997).

### **3.6.2. Effets du travail du sol conventionnel et des techniques de conservation sur les propriétés chimiques**

#### **a. Teneurs et stocks en C et N totaux**

Les systèmes de travail du sol de conservation laissent plus de 30 % des résidus de cultures en surface ou les concentrent dans les premiers centimètres du sol. Le labour quant à lui enfouit et répartit ces résidus de cultures sur la profondeur de sol 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. (Jean-françois, 2009)

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 décroissent fortement dans les horizons sous-jacents (Al-Kaisi et Yin, 2005; D'Haene *et al.*, 2008a; Gál *et al.*, 2007; Koch et Stockfish, 2006; Pekrun *et al.*, 2003). 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 (Al-Kaisi et Yin, 2005 ; Gál *et al.*, 2007) mais peu de différences apparaissent en profondeur (Balesdent *et al.*, 2000).

## SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

Les teneurs en carbone (C) organique sont maximales dans les 5 cm supérieurs du sol. Elles diminuent avec la profondeur parce que les résidus végétaux ne sont pas enfouis et se décomposent en surface. Dans le système conventionnel, au contraire, les teneurs en C organique sont homogènes dans les premiers 30 cm et plus abondantes entre 30 et 40 cm que sous semis direct, du fait de l'enfouissement des résidus végétaux au fond du sillon, où ils se décomposent lentement (Zihlmann *et al.*, 2001 ; Müller *et al.*, 2008). Certains auteurs montrent même que malgré une concentration en C et N plus importante en profondeur en labour (15-30 cm), les stocks de C et N sont supérieurs en semis direct du fait de l'augmentation de la densité apparente de cette couche de sol (Gál *et al.*, 2007). Cette stratification verticale des stocks de C et N engendrée par les techniques de conservation se fait rapidement après leur adoption et les principaux changements apparaissent au cours des trois premières années de leur application (Ahl *et al.*, 1999 ; McCarty *et al.*, 1998). Quand les stocks de C et N organique sont rapportés à l'ensemble de la couche de sol labourée (en général 0-30 cm), certaines études montrent que les techniques de conservation, notamment les techniques de semis direct, ont un potentiel de stockage de la MOS (matière organique du sol) plus important que les techniques conventionnelles (Baker *et al.*, 2006; Gál *et al.*, 2007). A l'inverse, d'autres montrent que les techniques de travail du sol n'ont que peu d'effets sur ces stocks (Balesdent *et al.*, 2000; D'Haene *et al.*, 2008a ; Needelman *et al.*, 1999).

Le rapport C/N de la MOS dans les systèmes de conservation est en general 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; Stockfish *et al.*, 1999).

### **b. Azote minéral**

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 ( $\text{NO}_3^-$ ), qui est très mobile et qui peuvent 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. Langlet et Remy (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 (Zihlmann *et al.*, 2001). La dynamique de minéralisation des composés organiques modifiée

## SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

en semis direct et le pic de 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 (Carter et Renne, 1987).

Qu'il s'agisse de sols argileux (Catt *et al.*, 2000), de sols sableux (Hansen et Djurhuus (1997) ou de sols limoneux (Zhu *et al.* 2003, Stoddard *et al.*, 2005.), les effets du mode de travail du sol sur la lixiviation du nitrate ne sont pas significativement différents. En revanche, Kanwar *et al.*(1993), Little *et al.* (2005) et Randall et Iragavarapu (1995), ont observé des concentrations de nitrates dans l'eau drainée significativement plus élevées sous labour que sous semis direct ou pseudo labour mais des pertes d'azote peu différentes. 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. Les travaux de Goss *et al.* (1993), de Kanwar *et al.* (1993), de Randall et Iragavarapu (1995), ou de Drury *et al.*(1993) à partir de mesures réalisées sur des dispositifs de drainage, de Zhu *et al.* (2003) basés sur un dispositif lysimétriques, et de Hansen et Djurhuus (1997) et Gupta *et al.* (2004) basés sur un dispositif de bougies poreuses, ont montré que les pertes d'azote par lessivage différaient seulement de quelques kg par hectare entre modalités de travail du sol. Selon 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.

### **c. Autres éléments minéraux**

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 (Follett et Peterson, 1988; 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 (Six *et al.*, 2002 ; Baggs *et al.*, 2003 ; Liu *et al.*, 2006). D'autre part, si des études rapportent que le lessivage des nitrates peut être réduit lorsque le sol n'est plus travaillé (Power et Peterson, 1998 ; Halvorson *et al.* 2001), d'autres études concluent qu'il peut être accentué (Sharpley et Smith, 1994 ; Catt *et al.* 2000) ou non modifié (McConkey *et al.* 2002).

## SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

### **3.6.3. Effets du travail du sol conventionnel et des techniques de conservation sur propriétés biologiques**

#### **a. La matière organique du sol**

##### ➤ **Importance de la matière organique du sol**

La présence de matière organique dans les sols est à l'origine de l'apparition des propriétés physico-chimiques favorisant le développement des végétaux cultivés et naturel. L'augmentation de ces teneurs s'accompagne d'une amélioration de la structure, de la facilité de l'infiltration de l'eau, de l'accroissement de la capacité de la rétention en eau, ainsi que du pouvoir de résistance à l'érosion (Leprun, 1988). En outre, avec ses propriétés colloïdales, son caractère de substance fixatrice d'élément et son pouvoir chélation, elle joue un rôle chimique important dans les sols; libération d'élément nutritifs après minéralisation et augmentation de la capacité d'échange cationique.

Au niveau agricole sa présence contribue à une bonne nutrition des espèces cultivées, ce qui se traduit par l'augmentation des rendements et l'amélioration de la production.

##### ➤ **Influence des pratiques culturales sur la matière organique**

La MOS est composé d'un mélange de divers composés allant des résidus de culture frais à des composés humiques relativement inertes dont le turn-over se mesure en millénaire et sa mesure ne fournit pas toujours une indication précoce d'un changement dans le statut organique du sol. Les pools labiles de la MOS (matières organiques particulières, C soluble...) ont quant à eux un turn-over plus rapide et sont plus sensibles que la teneur totale en MOS aux changements de pratiques culturales ou de conditions environnementales. Ainsi, ces pools peuvent être utilisés comme des indicateurs précoces des modifications de la MOS totale qui se manifestent à plus long terme. Les matières organiques particulières (MOP) représentent un pool transitoire entre les résidus de culture frais et les MOS humifiées. Enrichi en C et en nutriments, elles représentent un attribut important de la qualité du sol puisque leur turn-over court en fait une source de C et d'énergie pour les microorganismes du sol hétérotrophes (Haynes, 2005).

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 (Franzluebbbers 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). Dans les zones semi-

## SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

arides où la décomposition de la MO est influencée par les conditions de sécheresse, 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.

### **b. Les vers de terre**

Le labour affecte négativement les populations de vers qui sont atteintes directement via des dommages mécaniques, une exposition aux prédateurs et un phénomène de dessiccation dû au retournement du sol (Edwards et Bohlen, 1996 ; Chan, 2001). Le labour affecte la densité, la biomasse mais également la composition et la diversité des communautés de lombriciens (Chan, 2001 ; Kladvik, 2001). Les endogés sont les moins touchés par cette pratique et peuvent même être favorisés par l'enfouissement des matières organiques dans le sol (Wyss et Glasstetter, 1992 ; Nuutinen, 1992).

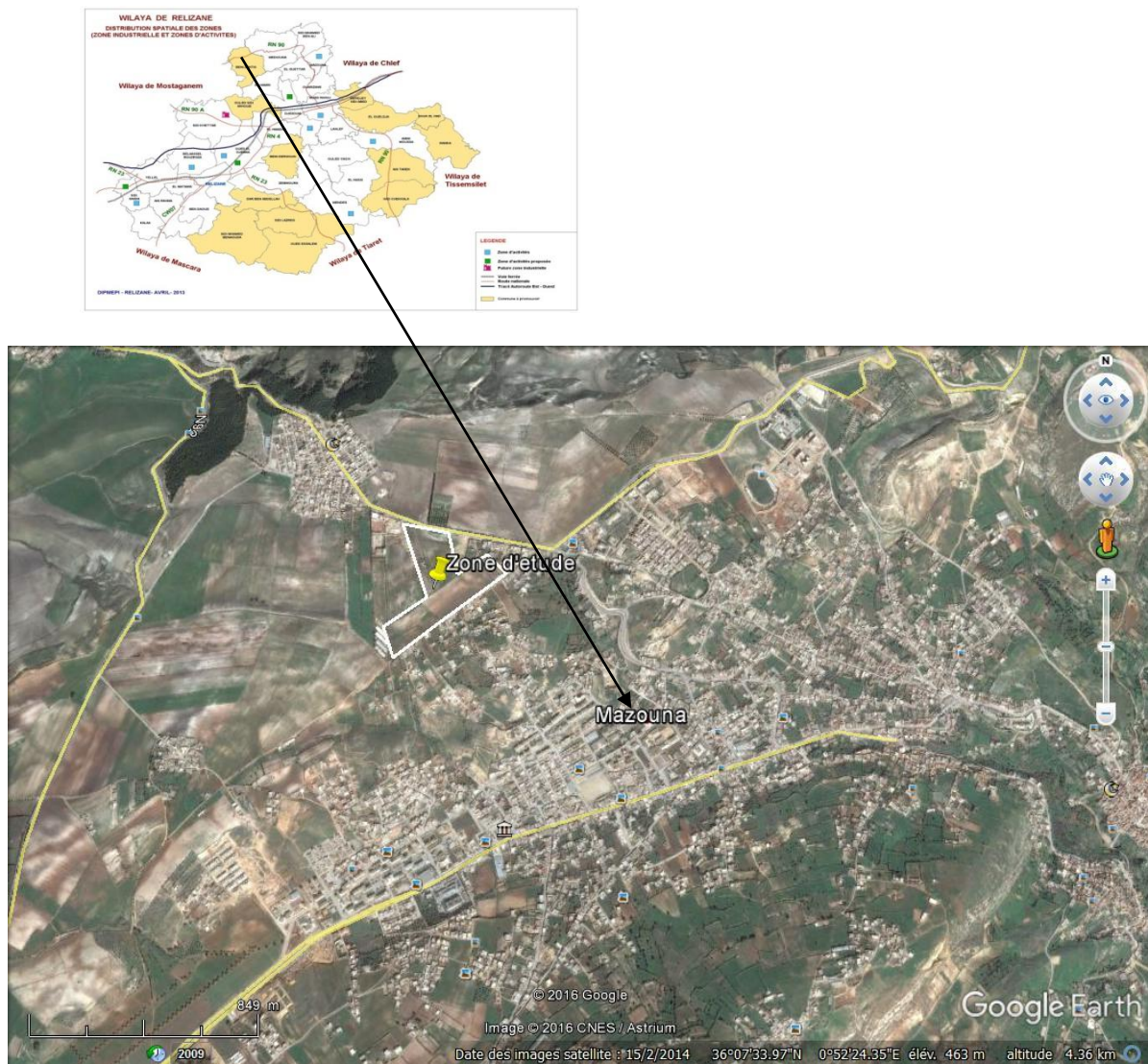
Le travail du sol superficiel est nettement moins néfaste que le labour car il est moins profond et ne retourne pas le sol mais il peut tout de même porter préjudice aux populations de vers de terre, notamment à travers la destruction des habitats. Le semis direct, quant à lui, favorise le développement des lombriciens, et en particulier le retour des anéciques. Tebrüge et Düring (1999) ont montré qu'après plus de 5 ans, la biomasse lombricienne était de 180 kg/ha pour le labour, 500 kg ha<sup>-1</sup> pour le travail superficiel et 1500 kg ha<sup>-1</sup> pour le semis direct.

# **PARTIE EXPERIMENTALE**



## PARTIE EXPERIMENTALE

parcelles d'études se situent à une altitude 500 m d'altitude faisant partie des aux montagnes du Dahra.



**Figure 05: Images satellite de la zone d'étude.**

### **1.3. Altitude et pente**

L'altitude varié de 75 mètre pour la plaine de Relizane à 135 mètre pour Yellel, les zones élevée ont une altitude qui dépasse les 600 mètres dans les montagnes de Béni Chougranne et dépasse les 800 mètres dans les montagnes de Dahra.

La pente variée entre 0 à 3% en plaine, 3 à 12% pour les zones de piedmonts, cependant elles dépassent les 12% pour les zones de hauts piedmonts et 25% pour les montagnes de Beni Chougranne et les montagnes de Dahra (Gourari, 2010).

## PARTIE EXPERIMENTALE

### 1.4. Le sol

#### 1.4.1. Caractéristiques des sols

La wilaya de Rilizane est constituée d'apports alluviaux caractérisés par des terres à structure fine (limono-argilo) avec la présence d'un taux de calcaire appréciable. La profondeur des sols est de 1,5 m en moyenne. Les sols présentent le plus souvent une faible teneur en matière organique qui décroît avec la profondeur pour devenir négligeable. Le pH est généralement voisin de la neutralité à légèrement alcalin (Bencherghi et Tahari, 2009)

#### 1.4.2. Types de sol

Les sols sont regroupés dans différentes classes pédologiques parmi lesquelles trois grands types de sols caractérisant les zones indiquées ci-dessus à savoir :

**Les basses plaines :** constituées par les périmètres irrigués dont les terres sont lourdes, argileux, hydromorphes et relativement salés. Les basses plaines de la Mina et du Bas-Cheliff comportant l'essentiel du verger et du maraichage.

**Les hautes plaines :** dont les terres sont profondes, limono argileuse, ils se caractérisent par les grandes cultures et l'élevage ovin.

**Les zones de montagnes :** Présentent des versants particulièrement érodés avec des couches maigres et caillouteuses. Ils comportent une partie des montagnes du Béni chograne et les montagnes du Dahra et Ouarseniss (Bencherghi et Tahari, 2009).

### 1.5. Les ressources hydriques à travers la wilaya

#### 1.5.1. Eaux souterraines

Les principales nappes de la région sont le Bas Chélif, Zemmoura et Mina avec un volume de 39m<sup>3</sup> dont le volume exploité annuellement est de 21,5 Hm<sup>3</sup>.

#### 1.5.2. Eaux superficielles

Les eaux superficielles sont représentés par le barrage de Sidi M'Hamed Benaouda d'une capacité de 225 Hm<sup>3</sup> qui est utilisé pour l'irrigation du périmètre de la mina, la ville de Relizane et le secteur de l'industrie, le barrage Gargar d'une capacité de 450 Hm<sup>3</sup> qui est utilisé par la ville d'Oran, Mostaganem et l'irrigation foutue du périmètre du bas Chélif ainsi la retenue

Merdjat Sidi Abade, d'une capacité de 50 Hm<sup>3</sup> qui est destinée à l'irrigation du périmètre du Bas Chélif (Bencherghi et Tahari, 2009).

## PARTIE EXPERIMENTALE

### 1.6. Le milieu agricole

#### 1.6.1. La superficie agricole

La S.A.U de la wilaya s'élève a 281870 ha ce qui représente 8.099% de la superficie totale soit 348000 ha qui représente 71.90% de la totale de al wilaya soit 484000 ha.

#### 1.6.2. Répartition de la superficie utile par culture

L'agriculture de la wilaya de Relizane est très diversifiée, elle comprend les grandes cultures avec une superficie de 40000ha dont 120000 ha de céréales et 10000ha de maraichage ; les cultures pérennes (arboriculture et viticulture) représentent 7,05% soit 19900 ha dont 2128 ha de vigne, la jachère couvre une superficie de 1119751(Figure n°3) (Anonyme, 2008).



**Figure 06 :** Carte de potentialités agricoles de la wilaya de Relizane.

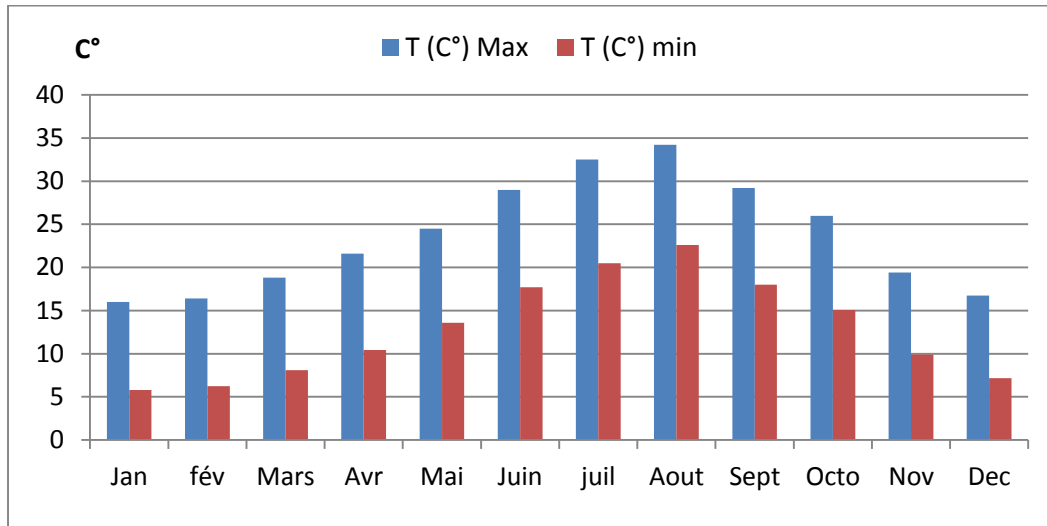
### 1.7. Etude climatique

Cette région est caractérisée par un climat semi-aride, caractérisé par une saison estivale chaude et sèche et une saison hivernale froide et humide. Pour les paramètres climatiques notre étude concernera surtout la pluviométrie, la température, l'humidité relative, les vents. Cette analyse climatique est basée sur les données météorologiques de la région de Sidi Ali recueillies par station de Relizane sur une période de 12 ans (2000-2012).

## PARTIE EXPERIMENTALE

### 1.7.1. Température

Les moyennes mensuelles des températures (annexe 01 tab 01) confirment le mois le plus chaud est aout (avec max= 34.2 °C), Le mois le plus froid est janvier dans lequel on enregistre une température moyenne minimale m=5,78 °C. L'évolution des températures mensuelles est représentée par la fig 7.

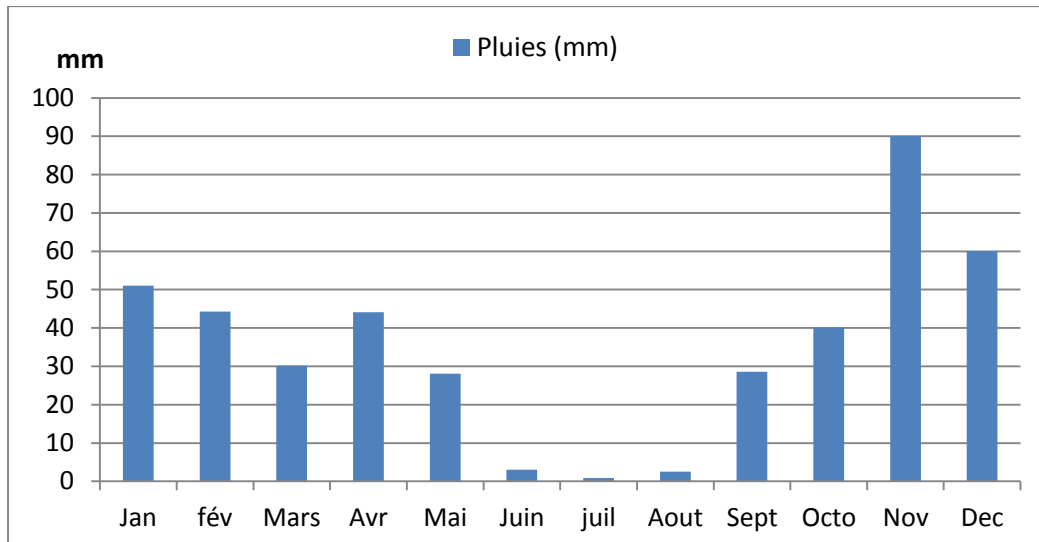


**Figure 07: diagramme des températures moyennes maximales et minimales**

### 1.7.2. La pluviométrie

La zone d'étude enregistre en moyenne 422.8 mm par an (annexe 01 tab 02). Les premières pluies surviennent tôt en automne. Le mois Novembre est le mois le plus pluvieux avec une moyenne mensuelle de 90 mm, et juillet correspond au mois le plus sec avec une moyenne mensuelle 0.85 mm (fig.8). Généralement les pluies tombées dans cette région en automne, en hiver et au printemps.

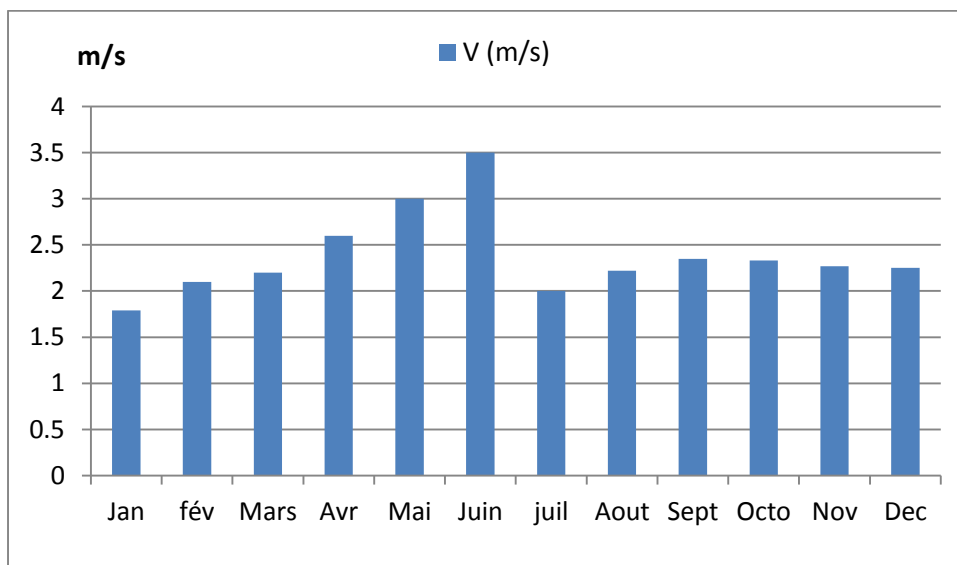
## PARTIE EXPERIMENTALE



**Figure 08: Précipitations moyenne mensuelles (mm)**

### 1.7.3. Les vents

D'après le tableau (annexe 01 tab 03), on constate que la force moyenne maximale des vents est enregistrée durant le mois de juin (3.5 m/s) et le minimum est observé en janvier (1,79 m/s) (fig. 9).



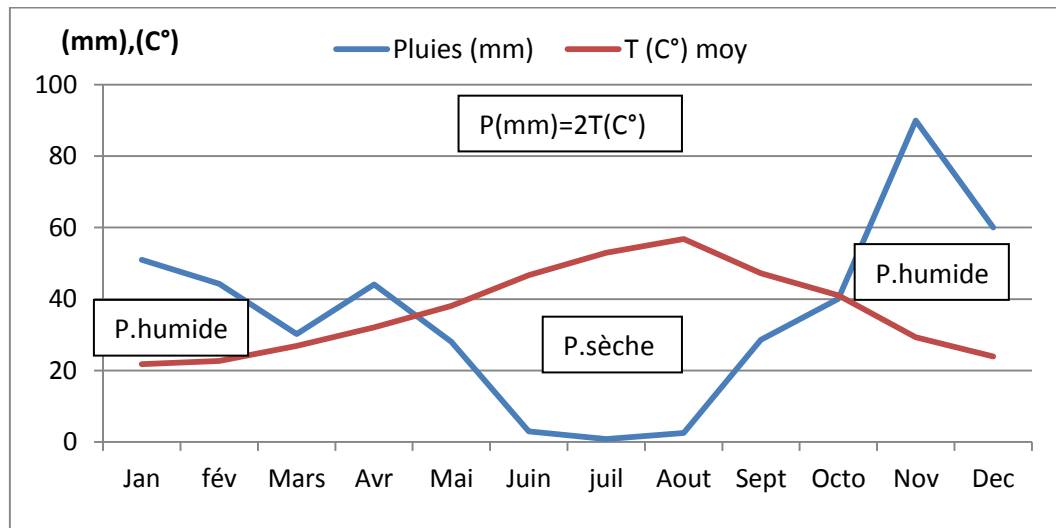
**Figure 09: Vitesse moyenne mensuelles des vents (m/s)**

## PARTIE EXPERIMENTALE

### 1.8. Synthèse climatique

#### 1.8.1. Diagramme Ombrothèrmique de GAUSSEN et BAGNOULS

Le diagramme ombrothermique de GAUSSEN et BAGNOULS permet de déterminer la durée de la saison sèche. Il tient compte de la pluviosité moyenne mensuelle et la température moyenne mensuelle qui sont portées sur des axes où l'échelle de la pluviosité est double de la température.



**Figure 10 Diagramme ombrothermique de BagnoULS GausSEN**

D'après le figure 10, on constate que pour la station la saison sèche est longue, elle comporte les six (07) mois secs de l'année: avril, mai, juin, juillet, aout, septembre et octobre.

#### 1.8.2. Quotient pluviométrique d'EMBERGER

EMBERGER a préconisé pour l'étude du climat méditerranéen l'emploi du climagramme qui porte son nom. Ce climagramme est une tentative de synthèse climatique, il permet de connaître l'étage bioclimatique de la région d'étude.

-En abscisse la moyenne des minima du mois le plus froid.

-En ordonnées le quotient pluviométrique (Q2) d'EMBERGER.

Le quotient pluviométrique d'EMBERGER (Q2) est déterminé par la combinaison des trois (03) principaux facteurs du climat, il est donné par la formule suivante:

$$Q2 = \frac{100 \times P}{[(M-m) \times (M+m)]/2} = \frac{2000 \times P}{M^2 - m^2}$$

P: Pluviométrie moyenne annuelle en (mm).

M: Moyenne des maxima du mois le plus chaud en degré absolu (K).

## PARTIE EXPERIMENTALE

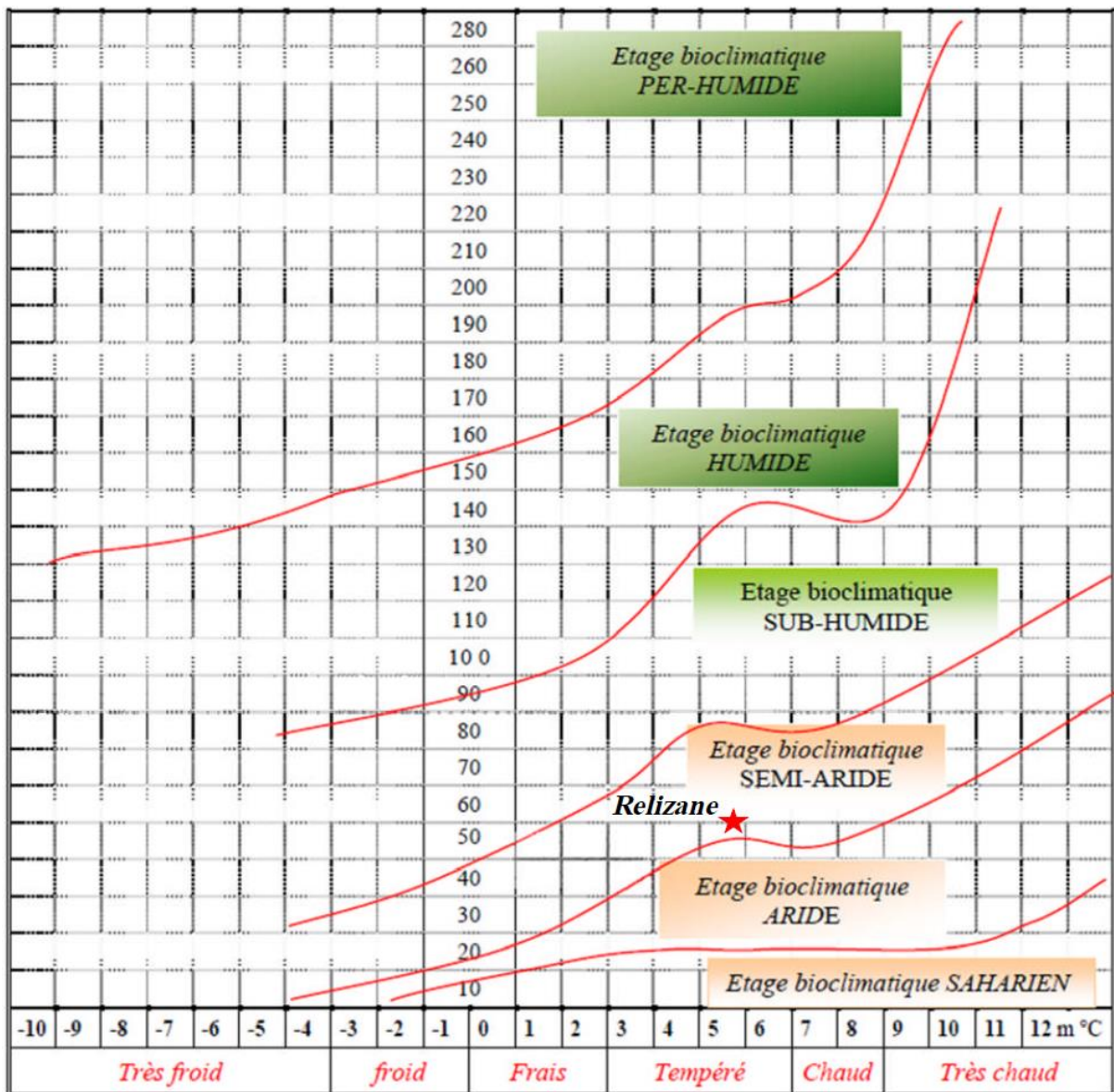
m : Moyenne des maxima du mois le plus froid en degré absolu (K).

Stewart (1969) en transformant cette équation a obtenu pour le climat méditerranéen la formule suivante :

$$Q2 = K \frac{P}{M-m} = 52,1$$

K : Constante qui est égale à 3,43.

M et m : sont les températures en degrés Celsius, les précipitations P sont en (mm).



**Figure 11: climagramme d'EMBERGER**

Suite à la représentation de la valeur de Q2 sur le climagramme, nous constatons que notre zone appartient à la zone climatique semi-aride à hiver doux (figure 11).

## **PARTIE EXPERIMENTALE**

### **2 : METHODOLOGIE DE TRAVAIL**

#### **2.1. Objectifs du travail**

L'objectif de notre travail est de comprendre l'effet d'usage de sols sur ses propriétés physico-chimiques et hydriques en étudiant plusieurs parcelles cultivées. La parcelle non cultivée a été retenue à titre comparatif, comme témoin dans cette étude.

#### **2.2. Echantillonnage**

##### **2.2.1. Techniques d'échantillonnage des eaux d'irrigation**

L'échantillonnage est une étape primordiale, car il conditionne la pertinence de l'analyse des eaux. Il doit être de qualité et également représentatif. Dans le but d'une caractérisation des eaux d'irrigation et du sol dans la zone d'étude, nous avons réalisé deux échantillonnages.

Pour l'échantillonnage des eaux souterraines (forage d'exploitation), on pompe pendant une durée assez suffisante pour éliminer la lame d'eau piégée dans l'équipement du pompage (dans les canalisations). Les échantillons sont prélevés quand le système d'irrigation est en marche. Ces eaux sont récupérées dans des bouteilles en plastique, codées et nommées et conservées par la suite dans une glacière jusqu'au moment des analyses.

##### **2.2.2. Techniques d'échantillonnage du sol**

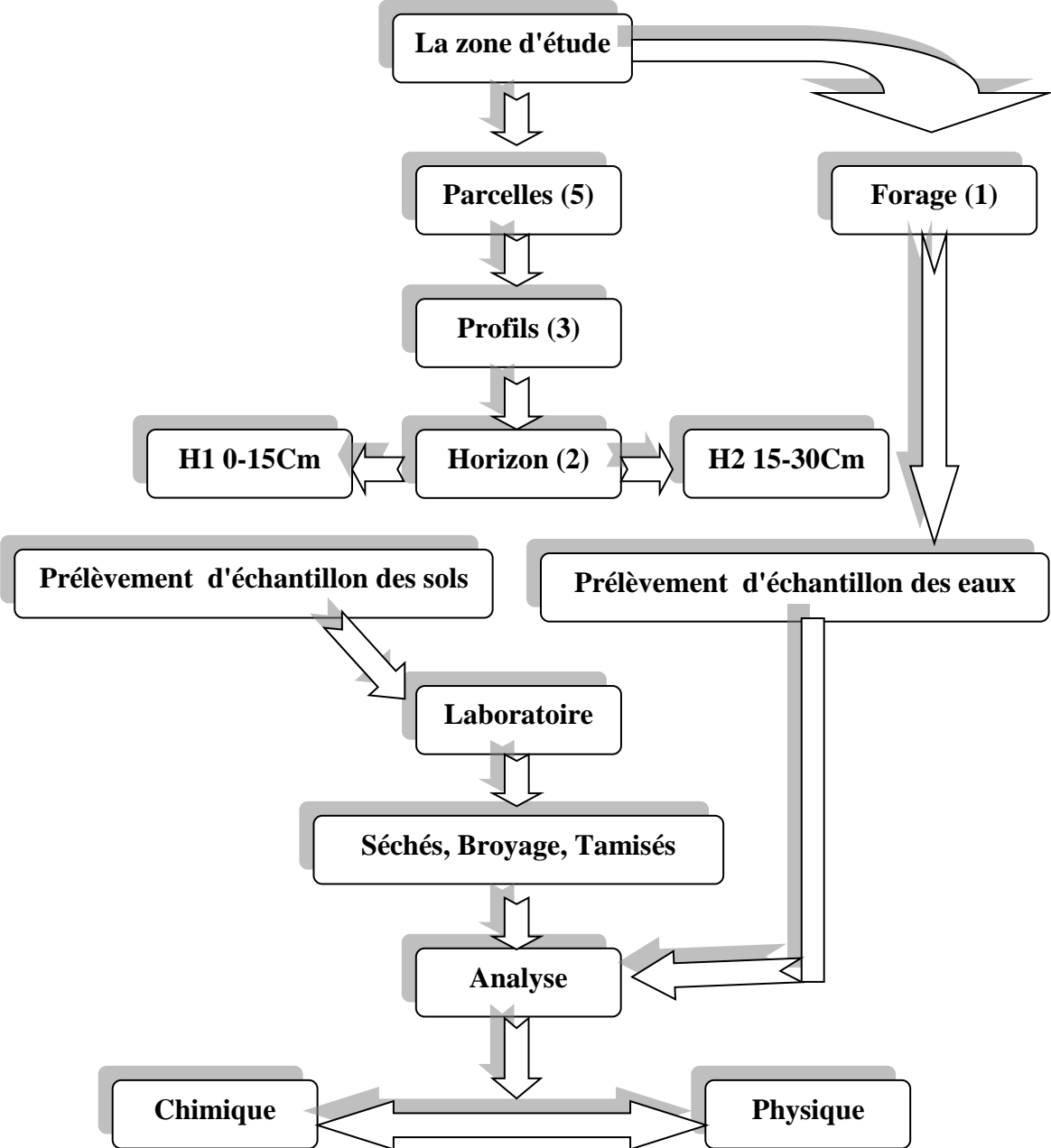
Nous avons effectué des prélèvements du sol des parcelles cultivées, et une parcelle non cultivée (témoin).

Les parcelles d'étude semblent être homogènes de par la pente qui est très faible (terrain plat).

Le prélèvement est réalisé à l'aide d'une tarière pédologique à raison de trois profils pour chaque parcelle. Il y a 4 parcelles cultivées et une autre non cultivée (témoin). Pour chaque profil, on a prélevé deux échantillons avec une profondeur variante de 0-15 cm et de 15-30 cm.

Ces échantillons correctement étiquetés ont été acheminés vers le laboratoire où ils ont été étalés et séchés à l'air libre, puis les échantillons sont broyés des et tamisés à 2 mm et conservés.

**PARTIE EXPERIMENTALE**



**Figure 12.** Schéma de protocoles expérimentaux

## PARTIE EXPERIMENTALE



**Figure 13.** Carte de localisation des Parcelles (Source Google Earth, 2016)

### 2.3. Identification des parcelles

Les différentes parcelles utilisées dans le cadre de notre travail sont localisées sur carte (figure 13) et identifiées par les spéculations utilisée durant les campagnes précédentes (tableau 4).

#### Tableaux 04: Identification des parcelles expérimentales

##### ➤ Parcelle T N°5

	2013/2014	2014/2015	2015/2016
<b>Surface</b>	0.5 Ha		
<b>Jachère</b>			

##### ➤ Parcelle N°1:

	2013/2014	2014/2015	2015/2016
<b>Surface</b>	0.4 Ha		
<b>Cultures</b>	<b>Fourrage (Avoine)</b>	<b>Fourrage (Avoine)</b>	<b>Fève</b>
<b>Travail du sol</b>	Labour conventionnel	Labour conventionnel	Labour conventionnel
<b>Irrigation</b>	-	-	-
<b>Engrais</b>	-	-	-
<b>Des herbicides</b>	-	-	-
<b>Des insecticides</b>	-	-	-

##### ➤ Parcelle N°2

	2013/2014	2014/2015	2015/2016
<b>Surface</b>	0.4 Ha		
<b>Cultures</b>	<b>Pomme de terre</b>	<b>Fève</b>	<b>Pomme de terre</b>

## PARTIE EXPERIMENTALE

<b>Travail du sol</b>	Labour Conventionnel	Labour Conventionnel	Labour Conventionnel
<b>Irrigation</b>	Gravitaire	-	Gravitaire
<b>Engrais</b>	-	-	-
<b>herbicides</b>	-	-	-
<b>insecticides</b>	-	-	-

### ➤ Parcelle N°3

	<b>2013/2014</b>	<b>2014/2015</b>	<b>2015/2016</b>
<b>Surface</b>	2 Ha		
<b>Cultures</b>	<b>Blé dur</b>	-	<b>Blé dur</b>
<b>Travail du sol</b>	Labour conventionnel	-	Labour conventionnel
<b>Irrigation</b>		-	
<b>Engrais</b>	<b>MAP</b> (semi mois octobre et novembre)	-	<b>MAP</b> (semi mois octobre et novembre)
<b>herbicides</b>	-	-	-
<b>insecticides</b>	-	-	-

### ➤ Parcelle N°4

	<b>2013/2014</b>	<b>2014/2015</b>	<b>2015/2016</b>
<b>Surface</b>	1.7 Ha		
<b>Cultures</b>		<b>Blé dur</b>	<b>Fourrage (Avoine)</b>
<b>Travail du sol</b>		Labour conventionnel	Labour conventionnel
<b>Irrigation</b>			
<b>Engrais</b>		<b>MAP</b> (semi mois octobre et novembre)	
<b>Herbicides</b>			
<b>Insecticides</b>			

**NB: M A P** (Mono Ammonium Phosphate gnaule) (0,15 T/Ha)

## PARTIE EXPERIMENTALE

### 2.4. Analyses physico-chimiques de sol

#### 2.4.1. L'humidité

L'humidité du sol est déterminée par une différence des pesées avant et après séchage d'un échantillon du sol dans une étuve à 105 °C pendant 24h. Le résultat de l'humidité obtenu est exprimé en pourcentage. L'humidité résiduelle H est exprimée en pourcentage massique et elle est calculée par la relation suivante :

$$H (\%) = 100 \cdot (m_1 - m_0 / m_0)$$

$m_0$  : étant la masse initiale d'échantillon et  $m_1$  sa masse finale, après séchage à 105 °C et refroidissement.

#### 2.4.2. Le pH

La mesure du pH a été réalisée par la méthode électro métrique à l'aide d'un pH mètre à l'électrode de verre, sur une suspension de terre fine. La classification du sol selon le pH est donnée par le Tableau (05).

**Tableau 05:** Classification du sol selon le pH (Denis, 2000).

Valeur du pH	Qualification du sol
pH < 3,5	Hyper acide
3,5 < pH < 5	Très acide
5 < pH < 6,5	Acide
6,5 < pH < 7,5	Neutre
7,5 < pH < 8,7	Basique
pH > 8,7	Très basique

#### 2.4.3. La conductivité électrique (CE)

On détermine la conductivité sur une solution d'extraction aqueuse (rapport sol/eau est égale à 1/5) exprimée en millisiemens par centimètre (mS/cm à 25°C) à l'aide d'un conductivimètre. « La capacité du sol à conduire le courant électrique est en fonction de la concentration en électrolytes de la solution du sol » (Rieu et Cheverry, 1976). La classification du sol selon la CE est donnée par le Tableau(06).

## PARTIE EXPERIMENTALE

**Tableau 06:** Echelle de salinité des sols (Denis, 2000)

<b>E (dS/m à 25°C)</b>	<b>Degrés de la salinités</b>
<0.6	Sol non sale
0.6<CE<2	Sol peu sale
2<CE<2.4	Sol Sale
2.4<CE<6	Sol très salé
>6	Sol extrêmement salé

### **2.4.4. La granulométrie**

On a utilisé la méthode internationale de la pipette ROBINSON. Cela consiste premier lieu à la destruction de la matière organique du sol en utilisant de l'eau oxygénée et à la dispersion des argiles par l'hexamétaphosphate de sodium. La détermination de différentes fractions granulométriques du sol (argile, limon, sable) est réalisé en prélevant au moyen de la pipette (Argile, limon fin) et par tamisage (Sable fin et sable grossier).

### **2.4.5. La densité apparente**

L'analyse de la densité apparente a été effectuée par la méthode du cylindre au niveau du premier horizon (0-15 cm), et le deuxième horizon (15-30 cm).

La densité apparente un rapport du poids de terre sèche au volume apparent de l'échantillon. Cette technique consiste à prélever un volume de terre effectué avec un cylindre enfoncé directement dans le sol et dont les extrémités sont soigneusement araser. L'échantillon est recueilli et pesé.

$$D_a(\text{g/cm}^3) = \frac{P}{V}$$

$$P = [(\text{poids du cylindre} + \text{poids du sol sec}) - \text{poids du cylindre}]$$

$$V = \text{volume de cylindre}$$

### **2.4.6. La densité réelle**

Selon Blake (1965), la densité réelle varie très peu dans un sol par rapport à un autre, elle varie généralement de 2.2 à 2.8 g/cm<sup>3</sup> et elle représente pratiquement la densité du quartz.

La densité réelle sera obtenue de la manière suivante : Obtenir deux valeurs de masse,

**P<sub>1</sub>** : masse de pycnomètre plain de liquide + masse de terre (10g) ;

•Remplir 3/4 environ le pycnomètre avec du benzène.

## PARTIE EXPERIMENTALE

• Porter le pycnomètre dans un dessiccateur ou l'on fera le vide à l'aide d'une trompe à eau.

**P<sub>2</sub>** : masse de terre + masse de liquide complétant le pycnomètre jusqu'au trait de jauge.

Connaissant ces deux valeurs, on peut calculer la différence **P= (P<sub>1</sub>-P<sub>2</sub>)**, correspondant à la masse d'un volume de liquide égale au volume de la terre mise dans le pycnomètre.

Le rapport **P/d** donnera le volume « **V** » de la terre. (d, la densité de liquide organique utilisé à la température du laboratoire).

Pour obtenir la densité réelle « **Dr** » il suffit de calculer le rapport :

$$Dr = P/V$$

A partir de **D<sub>a</sub>** et **Dr** on obtient alors la porosité total égale à :

$$\frac{dr-da}{dr} * 100$$

### 2.4.7. Le calcaire total

On l'a déterminé au calcimètre de Bernard ; cette méthode consiste à décomposer les bicarbonates du sol par l'acide chlorhydrique (6N) et à mesurer le volume de gaz carbonique (CO<sub>2</sub>) dégagé selon la réaction suivante :



Puis on compare ce volume à un volume étalon dégagé par une quantité connue de CaCO<sub>3</sub> pur.

La classification du sol selon la CaCO<sub>3</sub> est donnée par le Tableau (07).

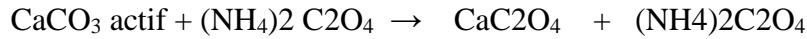
**Tableau 07:** classification du sol selon la teneur on CaCO<sub>3</sub>. (Denis, 2000)

Valeur de CaCO <sub>3</sub>	Classe d'interprétation
CaCO <sub>3</sub> T ≤ 5%	Sol non calcaire
5 < CaCO <sub>3</sub> T ≤ 12,5%	Sol faiblement calcaire
12,5 < CaCO <sub>3</sub> T ≤ 25%	Sol modérément calcaire
25 < CaCO <sub>3</sub> T ≤ 50%	Sol fortement calcaire
CaCO <sub>3</sub> T > 50%	Sol très fortement calcaire

### 2.4.8. Le calcaire actif

Pour le dosage du calcaire actif on utilise la propriété du calcium de se combiner aux oxalates pour donner de l'oxalate de calcium insoluble.

## PARTIE EXPERIMENTALE



L'excès de la solution d'oxalate d'ammonium est ensuite dosé par une solution de permanganate de potassium en milieu sulfurique.

### **2.4.9. Le carbone organique : (Carbone total et azote total)**

Le dosage du carbone organique été effectué par la méthode ANNE dont le principe est basé sur l'oxydation à froid du carbone organique de l'échantillon du sol par une solution de bichromate de potassium en excès ( $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ) en milieu sulfurique. L'excès du bichromate dans la réaction est dosé par une solution de sel de MOHR (réductrice), la quantité réduite est proportionnelle à la teneur en carbone organique. La matière organique est obtenue par la formule suivante :

$$\text{MO} \% = \text{C} \% * 1.72.$$

La classification du sol selon la MO et N total est donnée par le Tableau (08 et 09).

**Tableau 08:** classification du sol selon la teneur on MO. (Denis, 2000)

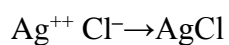
Taux de matière organique (%)	Sol
MO < 1	Très pauvre
1 < MO < 2	Pauvre
2 < MO < 4	Moyen
MO > 4	Riche

**Tableau 09:** classification du sol selon la teneur on N total. (Denis, 2000)

Taux de NT (%)	Sol
NT < ou = 0,5	Très pauvre
0,5 < NT < 1	Pauvre
1 < NT < 1,5	Moyen
NT > 1,5	Bien pauvre

### **2.4.10. Les chlorures ( $\text{Cl}^-$ )**

Pour les chlorures : on utilise la méthode argentimétrique, c'est à dire par titrage potentiométrique avec  $\text{AgNO}_3$  on fait précipiter tous les ions chlorures



Chlorure de sodium ( $\text{Na Cl}$ ) : C'est un composant typique de sol salés, il est très répandu et très toxique, sa solubilité est de l'ordre de 360 g/l (Boulaine, 1978).

## PARTIE EXPERIMENTALE

Chlorure de magnésium ( $MgCl_2$ ) : C'est un sel assez fréquent, surtout dans les sols à forte salinité sa forte solubilité (350 g/l à 20 C°) fait de lui un sel de toxicité extrêmement élevée.

Chlorures de potassium (KCl) C'est un sel semblable à Na Cl, mais c'est moins répandu dans les sols.

Chlorure de calcium ( $CaCl_2$ ) C'est un sel relativement rare dans les sols, car il réagit avec le ( $Na_2SO_4$ ) ou le ( $Na_2CO_3$ ) qui est peu soluble, sa solubilité est de l'ordre de 739g/l à 20 C°.

### **2.4.11. Les sulfates ( $SO_4^{2-}$ )**

L'ion sulfate va réagit avec l'ion baryum pour former un précipité de sulfate de baryum.



$$SO_4^{2-} \text{ en Méq/l} = B * 8.56 * 1000 * D/V$$

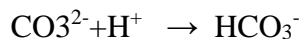
B: .....poids de  $BaSO_4$  précipité

V:.....volume de la prise d'essaie

D: .....inverse de facteur de dilution

### **2.4.12. Carbonates et bicarbonates ( $CO_3^{2-}$ , $HCO_3^-$ )**

Prélever une prise d'essai de 10 ml de l'extrait ou de l'eau à analyser V, ajouter 5à10 gouttes de phénophtaléine, en présence des carbonates, la couleur devient rouge si non la couleur rouge n'apparaît pas.

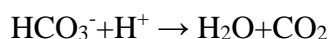


#### **Dosage des bicarbonates**

Si l'échantillon contient des carbonates, titrer à l'acide sulfurique jusqu'à la disparition de cette couleur rouge, Noter le volume d'acide utilisé V1

Dans la même prise d'essai, ajouter 5 à 10 gouttes de méthyle orange et titrer à l'acide sulfurique, jusqu'à l'apparition de la couleur orange ; Noter le volume de l'acide utilisé V2.

Effectuer un essai à blanc, témoin avec de l'eau distillée, soit V3, le volume d'acide sulfurique utilisé pour doser les bicarbonates.



## PARTIE EXPERIMENTALE

$$\text{CO}_3^{-2} \text{ (meq/l)} = 2 \cdot (\text{V}_1 \cdot (0.1/\text{N}) \cdot 1000 \cdot (\text{D}/\text{V}))$$

$$\text{HCO}_3^{-} \text{ (meq /l)} = (\text{V}_2 - \text{V}_3) \cdot 0.1 \cdot 1000 \cdot (\text{D}/\text{V})$$

V: volume de la prise d'essai

D: inverse du rapport de dilution

### **2.4.13. Capacité d'échange cationique (CEC)**

La capacité d'échange cationique d'un sol (CEC) traduit la faculté de celui-ci à fixer certains éléments minéraux à la surface du complexe argilo-humique.

Ces minéraux pourront être restitués ensuite aux plantes par des phénomènes d'échange (décalcification). cette mesure permet d'affiner le conseil de fumure.

Les étapes nécessaire pour déterminer la C.E.C (elles sont identiques à tous les sols).  
Méthode de METSON.

#### **A-Etape de saturation :**

Cas des sols normaux (non calcaires, ni salés, ni humifères). Le sol est saturé l'acétate d'ammonium ( $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ , N, pH=7) Utilisation d'acétate de sodium pour l'extraction de  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{K}^+$ .

#### **B-Etape de lavage :**

On procède avec l'éthanol pour enlever l'excès en cations saturants.

#### **C-Etape de déplacement :**

La percolation se fait par le chlorure de potassium (KCL, N ,74.77g/l).

$$\text{CEC (még/100g)} = (\text{V}_2 - \text{V}_1) \cdot 2 \cdot \text{N} \cdot (\text{V}/\text{A}) \cdot 100/\text{G}$$

La classification du sol selon la CEC est donnée par le Tableau (10).

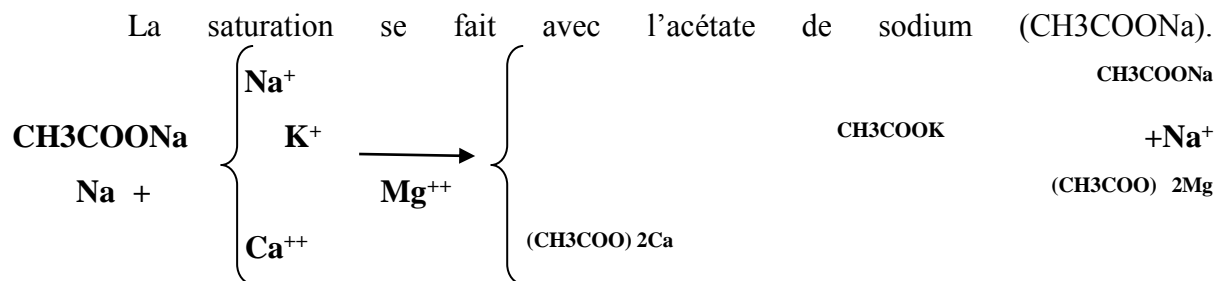
**Tableau 10:** classification du sol selon la CEC. (Denis, 2000)

Valeur de la CEC még/100 g	Interpretation
$\text{CEC} < 9$	Faible CEC
$9 \leq \text{CEC} \leq 12$	CEC moyenne
$12 < \text{CEC} \leq 15$	CEC assez élevée
$15 < \text{CEC} \leq 25$	CEC élevée
$\text{CEC} > 25$	CEC très élevée

## PARTIE EXPERIMENTALE

### 2.4.14. La notion des cations échangeable:

les cations échangeables sont les cations que fixent les colloïdes électronégatifs du sol les principaux sont Ca, Mg, Na, K. D'autres peuvent exister en plus faible quantité, ce sont  $\text{Li}^+$ ,  $\text{Ba}^{++}$ ,  $\text{Mn}^{++}$  ... pratiquement, tous les cations peuvent se fixer sur le complexe adsorbant.



Donc les ions  $\text{Na}^+$  remplacent les cations sur la surface du complexe argilo-humique et on calcule ensuite les cations totaux par spectrophotomètre.

## 2.5. Analyses physico-chimiques des eaux d'irrigation

### 2.5.1. Le potentiel hydrogène de l'eau (pH)

Il permet de mesurer l'activité chimique des ions hydrogènes ( $\text{H}^+$ ), et donne une idée sur l'acidité ou l'alcalinité d'une eau à l'aide d'un appareil de mesure qui est le pH-mètre. Pour mesurer ce pH.

### 2.5.2. La conductivité électrique (CE)

Elle permet de connaître la minéralisation totale d'une eau, elle est mesurée à l'aide d'un conductimètre, cette mesure est donnée à une température =  $20^\circ\text{C}$ , et exprimée en  $\text{mS/cm}$ .

### 2.5.3. La turbidité

L'objectif de mesure de la turbidité est de connaître si l'eau contient des particules en suspension, notamment colloïdales tels que les argiles, les limons, les grains de silice, la matière organique, etc. L'appréciation de l'abondance de ces particules mesure le degré de turbidité, qui est exprimée en NTU (Néphélobimétrie Turbidity Unit).

### 2.5.4. Les chlorures ( $\text{Cl}^-$ ): (Méthode de Mohr)

La quantité des chlorures contenus dans les échantillons a été déterminée, par dosage, au milieu neutre par une solution titrée de nitrates d'argent ( $\text{AgNO}_3$ ) à  $N=1/10$  en présence de chromate de potassium ( $\text{K}_2\text{CrO}_4$ ) à 10%.

## **PARTIE EXPERIMENTALE**

### **2.5.5. Les sulfate**

L'appareil utilisé pour déterminer le taux des sulfates contenu dans les eaux est un spectrophotomètre à flamme à la longueur d'onde de 650 nm. Les teneurs obtenues sont exprimées en ppm (mg/l).

### **2.5.6. Ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)**

La détermination de l'azote ammoniacal (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) est obtenue par méthode colorimétrique à environ 655 nm du composé bleu formé par réaction de l'ammonium avec les ions salicylate ethyochlorite en présence de nitroprussiate de sodium (ISO 5664,1990).

### **2.5.7. Les nitrates (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)**

(Méthode de réduction au cadmium par l'appareil spectrophotomètre) : Le cadmium métallique réduit le nitrate en nitrite. L'ion nitrate réagit en milieu acide avec l'acide sulfanilique pour formé un sel de diazonium intermédiaire. Ce sel réagit avec l'acide gentisique pour former une solution de couleur ombre.

### **2.5.8. Détermination de l'alcalinité de l'eau (TA et TAC)**

Généralement l'alcalinité est due à la présence des ions ; carbonates CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>, bicarbonates HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> - et Hydroxydes OH<sup>-</sup>.

### **2.5.9. Dureté totale (Titre hydrométrique TH)**

Les alcalino-terreux présents dans l'eau sont amenés à former un complexe du type chélate par le sel di sodique de l'acide éthylène-diamine- tétra- acétique (EDTA).

La disparition des dernières traces d'élément libres à doser est décelée par le virage d'un indicateur spécifique. En milieu convenablement tamponné pour empêcher la précipitation du magnésium, la méthode permet de doser la somme des ions calcium et magnésium.

### **2.5.10. Détermination de la dureté calcique (THCa)**

Le principe est identique à celui de la méthode complexométrique décrite pour la dureté totale. En milieu très basique, pour les valeurs de pH > 10, le magnésium précipité sous forme d'hydroxydes, et en présence du rouge de Murexide, on dose uniquement le calcium.

### **2.5.11. Détermination du calcium (Ca<sup>++</sup>) et du magnésium (Mg<sup>++</sup>)**

Le titrage molaire des ions calcium et magnésium se fait à l'aide d'une solution de sel disodique de l'acide éthylène-diamine-tétra-acétique (EDTA) à pH10. Le noir érichrome T, qui donne une couleur rouge foncé ou violette en présence des ions calcium et magnésium, est

## PARTIE EXPERIMENTALE

utilisé comme indicateur. La détermination de la quantité de calcium est donnée par la formule suivante:

$$\text{Ca}^{2+} \text{ (mg/l)} = \text{V1} \times \text{F} \times 8.016$$

D'où :

V1: Volume d'EDTA nécessaire pour une concentration donnée

F : Facteur de dilution

La détermination de la quantité en magnésium est donnée par la formule suivante:

$$\text{Mg}^{2+} \text{ (mg/l)} = (\text{V2-V1}) \times \text{F} \times 4.86 \text{ (ISO 6059, 1989)}$$

D'où :

V2 : Volume total d'EDTA

V1 : Volume d'EDTA nécessaire pour une concentration donnée

F : Facteur de dilution

### **2.6. Analyse statistiques**

Le logiciel Statbox Pro 6.40 a été utilisé pour le traitement des données, les données ont été soumises à une analyse de variance à deux facteur en utilisant le test des moindres carrés de Fisher au seuil de 5% et suivie par le test de Newman-Keuls (comparaison deux à deux des moyennes) dans le cas de rejet de l'hypothèse  $H_0$ .

Les niveaux de signification qui sont atteints sont déterminés à partir des niveaux de probabilités.

- ❖ \* $P \leq 0.05$  significative.
- ❖ \*\* $P \leq 0.01$  très significative.
- ❖ \*\*\* $P \leq 0.001$  hautement significative.
- ❖ \*\*\*\* $P \leq 0.0001$  très hautement significative.
- ❖  $P > 0.05$  non significative.

Les données sont enregistrées sous Excel, qui a permis de faciliter les calculs et la représentation graphique des données.

**RESULTAS**  
**&**  
**DISCUSSIONS**

## RESULTATS & DISCUSSION

### RESULTATS & DISCUSIONS

#### 1. Résultats des analyses physico-chimiques de sol

##### 1.1. Analyses granulométriques du sol

Les résultats des analyses granulométriques du sol prélevé au niveau des parcelles cultivées TC et témoin pour chaque profil et horizons sont résumés dans le tableau 11.

**Tableau 11 : Résultats des analyses granulométrique du sol**

Parcelles	Profiles	Horizon A (0-15 Cm)				Horizon B (15-30 Cm)			
		A %	L %	S %	Texture	A %	L %	S %	Texture
Parcelles N° 1	1	25,51	7,10	67,39	L A S	26,87	10,60	62,54	L A S
	2	5,61	25,59	68,80	L S	25,91	6,30	67,79	L A S
	3	7,73	24,33	67,94	L S	26,12	8,25	65,63	L A S
Parcelles N° 2	1	32,07	8,61	59,32	L A S	19,19	28,64	52,17	L S
	2	28,59	10,06	61,36	L A S	20,05	26,28	53,67	L A S
	3	30,28	9,61	60,11	L A S	22,85	21,90	55,25	L A S
Parcelles N° 3	1	14,25	12,66	73,09	L S	25,52	11,40	63,08	L A S
	2	23,74	9,30	66,96	L A S	16,77	19,00	64,23	L S
	3	13,84	9,97	76,19	L S	13,54	10,54	75,92	L S
Parcelles N° 4	1	19,55	8,50	71,96	L S	20,56	5,02	74,42	L A S
	2	24,70	19,76	55,54	L A S	25,45	17,73	56,82	L A S
	3	26,65	17,18	56,17	L A S	26,04	18,85	55,38	L A S
Parcelles T	1	21,92	20,36	57,72	L A S	24,85	13,10	62,06	L A S
	2	23,13	12,58	64,29	L A S	25,11	13,91	60,98	L A S
	3	25,29	14,26	60,45	L A S	22,96	17,73	59,31	L A S

Les résultats analytiques obtenus (tableau 11) révèlent que la fraction du sable représente le pourcentage le plus élevé des constituants du sol que ce soit pour le premier (Horizon A) ou le deuxième horizon (Horizon B).

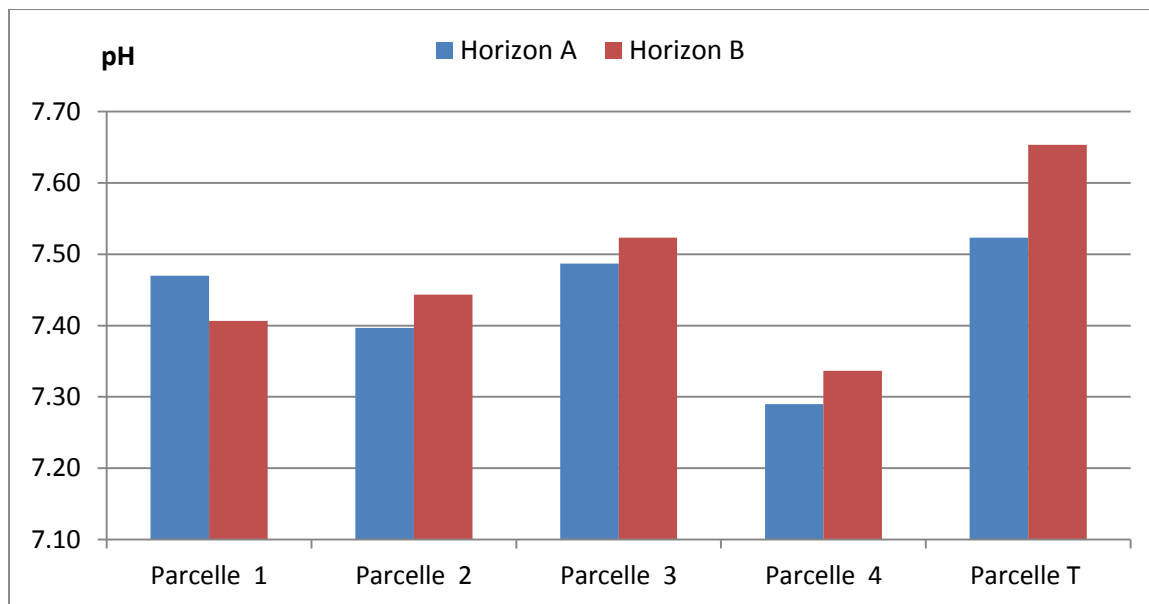
D'après les valeurs respectives des fractions argiles, limons et sables projetées sur le triangle textural, les sols étudiés appartiennent aux classes texturales limono-argileuse-sableuse à sablo-limoneuse.

La texture limono-sableuse est parfois rencontrée dans l'horizon superficiel (0-15cm) des parcelles (1 et 3) alors que les couches inférieures (de 15 à 30) sont représentées surtout par la texture limono-argilo-sableuse.

## RESULTATS & DISCUSSION

### 1.2. Le pH

Le  $pH_{eau}$  ou l'activité libre ou réelle est le premier indicateur de toute évolution physico-chimique des sols, il indique la concentration en ions  $H^+$  présents dans la solution du sol (Florea N.,Al Joumaa KH., 1998).



**Figure 14: Représentation graphique du résultat moyenne du pH**

L'examen de l'histogramme (fig 14) et La lecture du tableau n° 1 (cf. Annexe 2), montre que les valeurs de pH varient entre et 7.40 et 7.49 pour l'horizon A, et de 7.41 et 7.52 pour l'horizon B. pour les parcelles 1, 2, et 3, avec une moyenne respectivement 7.45 et 7.46. et pour la parcelle témoin. La valeur du pH enregistrée est de 7.52 pour l'horizon A, et 7.65 pour l'horizon B. Ces valeurs correspondent à une réaction du sol relativement Légèrement alcalin.

Par contre pour la parcelle 4, la valeur du pH enregistrée est de 7.29 pour l'horizon A, et 7.34 pour l'horizon B. Ces valeurs correspondent à une réaction du sol relativement neutre.

Il y a lieu de noter les valeurs du pH observées pour la couche inférieure sont supérieures à celles de la couche superficielle.

Le paramètre du pH est sous le contrôle de plusieurs facteurs qui sont surtout ; la position topographique, la nature de la roche mère et la nature du couvert végétal (Florea N.,Al Joumaa KH., 1998)

Le résultat statistique analyse de variance de pH présentés dans le tableau n° 12.

## RESULTATS & DISCUSSION

**Tableau N° 12: Analyse de variance du pH du sol**

	Ddl	F théo	F obs	Prob
Source de variation	29			
Var. totale	4	2,87	3,485	0,0257
Parcelle	1	4,35	0,644	0,4368
Horizon	4	2,87	0,393	0,8125
Interaction	20			

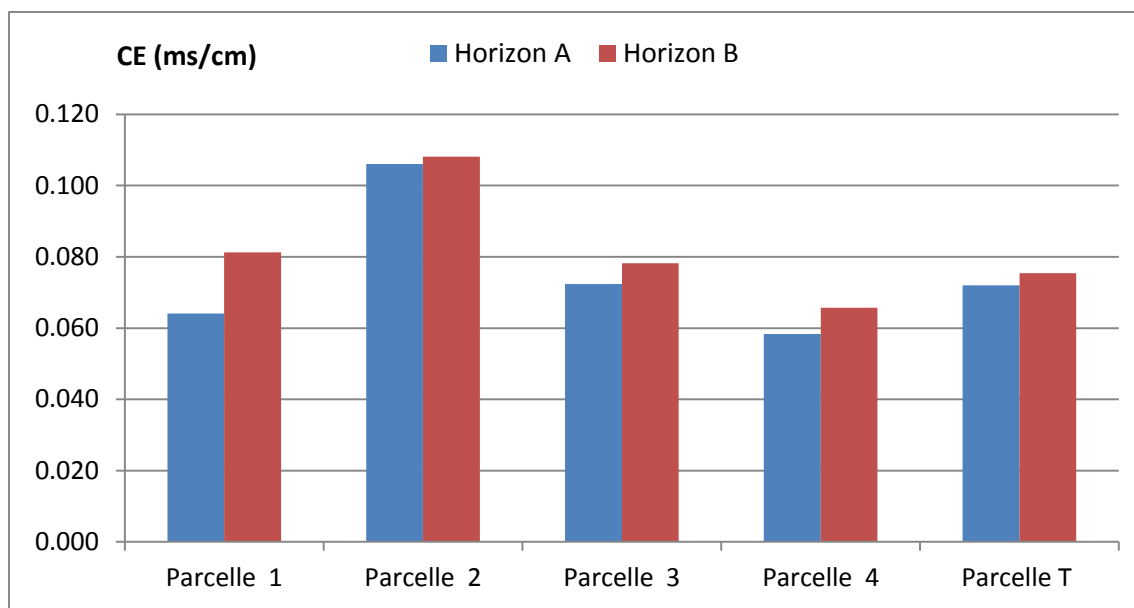
L'analyse de variance a révélée un effet significatif de la facteur parcelle vis-à-vis de la variable de pH à un risque  $\alpha= 5\%$ .

Le test de Newman-keuls a permis de distinguer trois groupes homogènes (cf. Annexe Tableau n° 1) pour le facteur parcelle, dans l'ordre décroissant dont les moyennes les plus élevées sont classées dans le groupe A représentée par la parcelle témoin, le groupe AB assemble les parcelles 3, 1, et 2, et le groupe B représentant la parcelle qui les moyennes faibles 4.

Par contre, le facteur horizon et celui de l'interaction ont montré des effets non significatifs.

### **1.3. La conductivité électrique (CE)**

La conductivité électrique définit la quantité totale en sels solubles correspondant à la salinité globale du sol. Elle dépend de la teneur et de la nature des sels solubles présents dans ce sol (Mathieu C et Pieltain F., 2003).



**Figure 15: Représentation graphique du résultat moyenne de la CE**

## **RESULTATS & DISCUSSION**

D'après la fig.15 et la lecture du tableau n°2 (cf. Annexe 2), de la CE, on trouve qu'elle varie de 0.058 à 0.106 ms/cm pour l'horizon A, et de 0.066 à 0.108 ms/cm pour l'horizon B, avec une moyenne respectivement 0.075 à 0.082 ms/cm pour toutes les parcelles.

Selon l'échelle de salure (échelle européenne), tous les échantillons analysés montrent des CE inférieures à 0.6ms/cm, ce qui correspond à un sol non salé.

On remarque la conductivité électrique du sol est élevée au niveau de tout les horizons B comparé aux horizons A pour l'ensemble des profils.

On note aussi que la parcelle 2 enregistre la moyenne de CE la plus élevée par rapport aux autres parcelles.

Les valeurs élevées de la CE de la couche inférieure par rapport à la couche superficielle sont expliquées par la concentration élevée en sels solubles au niveau de cette couche.

Le résultat statistique analyse de variance de CE présentés dans le tableau n° 13.

**Tableau N° 13: Analyse de variance de la CE du sol**

Source de variation	Ddl	F théo	F obs	Prob
Var. totale	29			
Parcelle	4	2,87	10,255	0,0001
Horizon	1	4,35	2,301	0,1415
Interaction	4	2,87	0,312	0,8668
Var. résiduelle	20			

L'analyse de variance vis-à-vis de la variable CE a montré des résultats très hautement significatifs pour l'effet la parcelle.

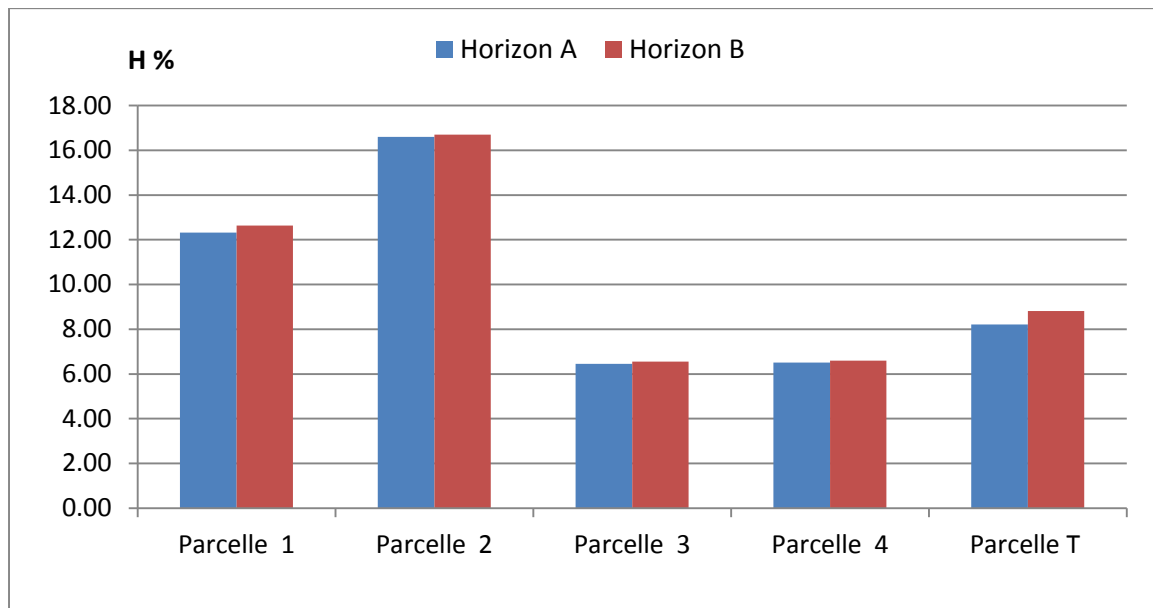
Le test de Newman-keuls nous a permis de distinguer deux groupes homogènes (cf. Annexe 3 Tableau n° 2) pour le Facteur parcelle, classés dans l'ordre décroissant dont les moyennes les plus élevées sont classées dans le groupe A représentée par la parcelle 2, et le groupe B rassemble des parcelles 3, témoin, 1 et 4.

Entre autre, le facteur horizon et l'interaction ont montré des effets non significatifs

### **1.4. L'humidité H%**

Représente la quantité d'eau que peut retenir un sol soumis aux conditions d'assèchement naturelles. C'est la quantité d'eau retenue à la surface externe des particules du sol et en équilibre avec la pression et l'humidité atmosphérique (Mrabet R. 1997)

## RESULTATS & DISCUSSION



**Figure 16: Représentation graphique du résultat moyen du H%**

L'examen de l'histogramme (fig 16) et la lecture du tableau n°3 (cf. Annexe 2), montre que les valeurs de l'humidité varient entre 12.32 et 16.59% pour l'horizon A, alors qu'elles varient entre 12.64 et 16.70% pour l'horizon B, avec une moyenne respectivement 14.46 et 14.67% pour les parcelles 1 et 2. Pour la parcelle témoin la valeur de l'humidité enregistrée est de 8.21% pour l'horizon A, et 8.81% pour l'horizon B.

Par contre, elles oscillent entre 6.45% et 6.50% pour l'horizon A, et varient entre 6.56 et 6.60% pour l'horizon B, pour les parcelles 3 et 4, avec une moyenne respectivement 6.48% et 6.58%.

Il y'a de signaler que l'humidité de la couche inférieure est élevée par rapport à la couche superficielle et ce pour toutes les parcelles.

La variation des valeurs de l'humidité pour les parcelles 1 et 2 est liée à utilisation du système d'irrigation gravitaire.

Les valeurs élevées de l'humidité de la couche inférieure par rapport à la couche superficielle semblent être liées à l'importance du phénomène de l'évaporation favorisée par la nature de la texture perméable du sol dans cette dernière.

Le résultat statistique de l'analyse de variance du paramètre de l'humidité est présenté dans le tableau n° 14

## RESULTATS & DISCUSSION

**Tableau N° 14: Analyse de variance de l'humidité du sol**

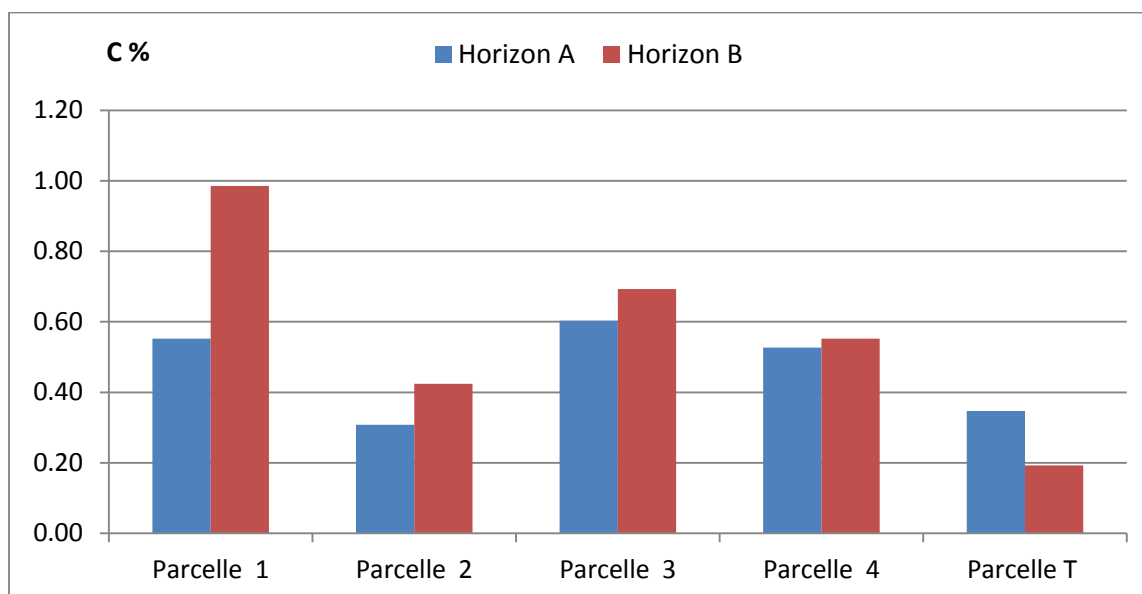
Source de variation	Ddl	F théo	F obs	Prob
Var. totale	29			
Parcelle	4	2,87	65,114	0
Horizon	1	4,35	0,259	0,6217
Interaction	4	2,87	0,041	0,99
Var. résiduelle	20			

L'analyse de variance des valeurs moyennes de l'humidité a révélé des résultats très hautement significatifs du facteur parcelle à un risque  $\alpha=5\%$ .

Additivement, le test de Newman-keuls nous a permis de distinguer quatre groupes homogènes (cf. Annexe 3 Tableau n° 3) pour l'effet parcelle, classés dans l'ordre décroissant dont les moyennes les plus élevées sont classées dans le groupe A avec la parcelle 2, le groupe B renferme la parcelle 1, et le groupe C renferme la parcelle témoin, alors que le groupe D rassemble des parcelles 4 et 3.

Tandis que, le facteur horizon et celui de l'interaction des facteurs n'ont pas significé aucune différence significative.

### **1.5. Le carbone organique (C%):**



**Figure 17: Représentation graphique du résultat moyen du carbone organique**

Les résultats d'analyse tableau n° 4 (cf. Annexe 2) montrent que la teneur en carbone varie à des degrés divers dans toutes les parcelles, varie entre 0.33 et 0.60% pour la couche A (0-15 cm), et entre 0.19 et 0.99% pour la couche B (15-30cm) pour les parcelles 1, 2, 3, 4 et témoin avec une moyenne respectivement 0.47 à 0.57%..

## **RESULTATS & DISCUSSION**

La valeur du carbone organique dans la parcelle 1 est la plus élevée, suivie dans l'ordre par les parcelles 3, 4, 2, alors qu'elle est la plus faible dans la parcelle témoin.

La teneur en carbone organique est élevée dans la couche inférieure par rapport à la couche supérieure pour les parcelles 1-2-3 et 4 à l'inverse dans le cas de la parcelle Témoin.

On constate que les sols étudiés sont très pauvres en carbone, l'évolution du carbone pour les différentes parcelles d'étude confirme ce résultat (Fig 17).

Dans le système conventionnel, au contraire, les teneurs en C organique sont homogènes dans les premiers 30 cm et plus abondantes entre 15 et 40 cm que sous semis direct, du fait de l'enfouissement des résidus végétaux au fond du sillon, où ils se décomposent lentement (Zihlmann *et al.*, 2001 ; Müller *et al.*, 2008).

D'Haene *et al.*, (2008a), Gál *et al.*, (2007) et Pekrun *et al.*, (2003) montrent que Les concentrations en C et en N organique dans un sol labouré et décroissent fortement dans les horizons des sols.

Le résultat statistique analyse de variance de carbone organique présentés dans le tableau n° 15.

**Tableau N° 15: Analyse de variance de Carbone organique du sol**

Source de variation	Ddl	Fthéo	Fobs	Proba
Var. totale	29			
Parcelle	4	2,87	6,26	0,0020
Horizon	1	4,35	1,977	0,1720
Interaction	4	2,87	1,721	0,1842
Var. résiduelle	20			

L'analyse de variance du paramètre carbone organique montre des résultats très significatifs pour le facteur parcelle à un risque  $\alpha=5\%$ .

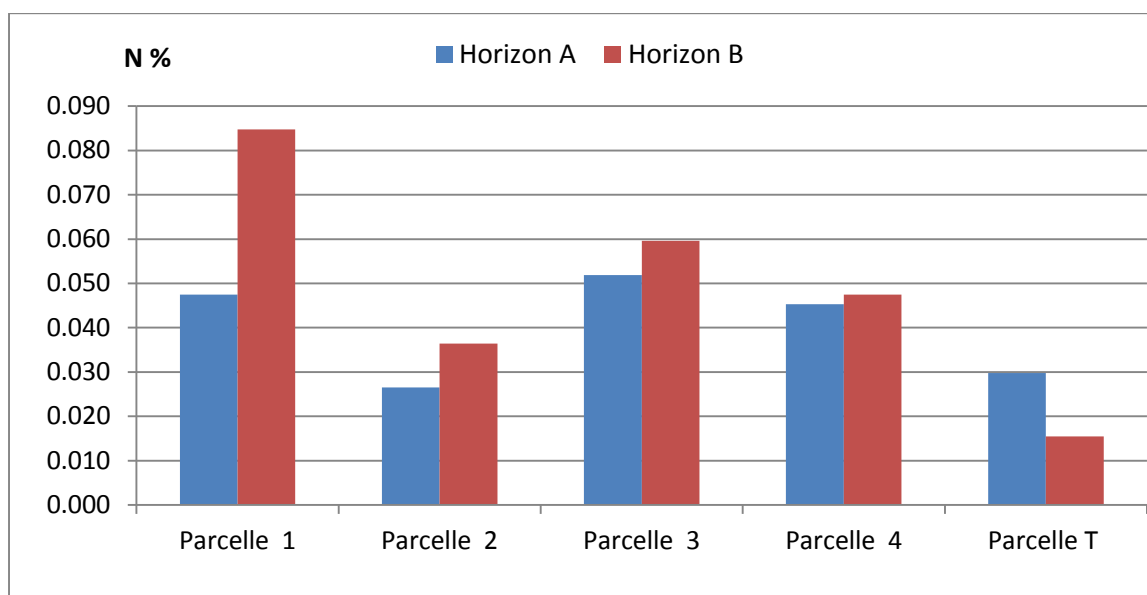
Le test de Newman-keuls nous a permis de distinguer cinq groupes homogènes pour l'effet parcelle (cf. Annexe 3 Tableau n° 4), de la plus haute à la plus basse moyenne dont les groupes distincts sont A, AB, ABC, BC et C renfermant respectivement les parcelles 1, 3, 4, 2 et témoin.

Entre autre, le facteur horizon et celui de l'interaction ont montré des effets non significatifs.

## RESULTATS & DISCUSSION

### 1.6. Azote totale (N%)

C'est l'ensemble de toutes les formes d'azote minéral et organique présentes dans un échantillon de sol, excepté l'azote gazeux.



**Figure 18: Représentation graphique du résultat moyenne de l'azote total**

Les résultats d'analyse tableau n° 5 (cf. Annexe 2) montrent que les teneurs en azote totale varient à des degrés divers dans toutes les parcelles, varient entre 0.027 et 0.052%, pour la couche A (0-15 cm), et entre 0.015 et 0.085%, pour la couche B (15-30cm), avec une moyenne respectivement 0.040 à 0.049 % à tous les Parcelles. .

La valeur de l'azote total dans la parcelle 1 est élevée, suivie par les parcelles 3, 4, 2, et elle est la plus faible pour la parcelle témoin.

La teneur en azote total dans la couche inférieure est élevée par rapport à la couche supérieure pour les parcelles 1-2-3 et 4. Alors que dans la parcelle Témoin, cette teneur est faible dans la couche inférieure que dans la couche supérieure.

On constate que la majorité de nos sols ont une teneur en azote NT < 0,5%, on peut d'affirmer que les sols étudiés sont très pauvres en azote total. L'évolution de l'azote confirme ce résultat (Fig 18).

Une concentration en C et N plus importante en profondeur en sols labourés (15-30 cm) ; les stocks de C et N sont supérieurs qu'en semis direct du fait de l'augmentation de la densité apparente de cette couche du sol (Gál *et al.*, 2007).

## RESULTATS & DISCUSSION

Cette diminution est due aux activités biologiques et la mobilité de l'azote dans le sol sous l'effet des eaux d'irrigation qui provoque son lixiviation dans le sol. La lixiviation représente l'entraînement d'éléments minéraux dissous dans l'eau du sol. Pour l'ion nitrate  $\text{NO}_3^-$ , très soluble dans l'eau, on parlera donc de lixiviation et non de lessivage, qui représente l'entraînement de particules (argile, matière organique, ...) (Gál *et al.*, 2007).

D'Haene *et al.*, (2008a), Gál *et al.*, (2007) et Pekrun *et al.*, (2003) montrent que Les concentrations en C et en N organique dans un sol labouré et décroissent fortement dans les horizons des sols.

Le résultat statistique de l'analyse de variance de l'azote total présenté dans le tableau n° 16.

**Tableau N° 16: Analyse de variance de l'Azote totale du sol**

Source de variation	Ddl	Fthéo	Fobs	Proba
Var. totale	29			
Parcelle	4	2,87	6,321	0,0019
Horizon	1	4,35	1,861	0,1849
Interaction	4	2,87	1,766	0,1746
Var. résiduelle	20			

L'analyse de variance du paramètre l'azote totale a montre des effets très significatifs du facteur parcelle à un risque  $\alpha=5\%$ .

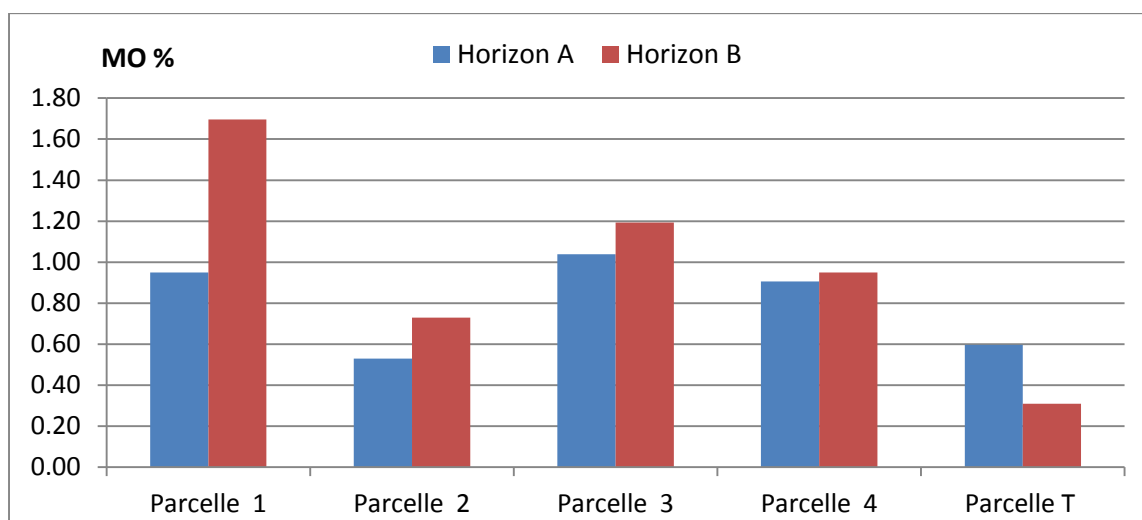
Le test de Newman-keuls nous a permis de distinguer cinq groupes homogènes pour Facteur parcelle (cf. Annexe 3 Tableau n° 5), distincts dont le Concaténés de la plus haute à la plus basse moyennes groupe A, AB, ABC, BC et C renferme les parcelles 1, 3, 4, 2 et témoin respectivement.

Par contre, le facteur Horizon et l'interaction a montre des effets non significatifs.

### **1.7. La matière organique**

La matière organique du sol est la résultante de la décomposition des débris animaux et végétaux se présentant à tous les stades d'évolution jusqu'à l'obtention de l'humus qui est généralement associé aux minéraux argileux pour former le complexe argilo-humique qui joue un rôle essentiel dans la structure du sol (Morel, 1996).

## RESULTATS & DISCUSSION



**Figure 19: Représentation graphique du résultat moyen de la matière organique**

L'examen de l'histogramme (fig 19) et la lecture du tableau n° 6 (cf. Annexe 2), montrent que la teneur en matière organique varie à des degrés divers dans toutes les parcelles, variant entre 0.53 et 1.04% pour la couche A (0-15 cm), et entre 0.31 et 1.70% pour la couche B (15-30cm) avec une moyenne respectivement 0.80 à 0.98 % à tous les Parcelles. .

La valeur de la matière organique observée dans la parcelle 1 est la plus élevée, suivie par les parcelles 3, 4, 2 et elle est faible pour la parcelle témoin.

Le taux de la matière organique dans la couche inférieure est élevé par rapport à la couche supérieure pour les parcelles 1-2-3 et 4. Par contre la situation est inversée dans le cas de la parcelle Témoin.

Le taux en matière organique observé au niveau des parcelles 1 et 3 (1% <MO< 2%) est faible, on considère que ce sol est pauvre en matière organique par contre le sol des autres parcelles est très pauvre.

Le résultat statistique de l'analyse de variance de la variable matière organique est dans le tableau n° 17.

**Tableau N° 17: Analyse de variance de la Matière organique du sol**

Source de variation	Ddl	Fthéo	F obs	Proba
Var. totale	29			
Parcelle	4	2,87	6,326	0,0019
Horizon	1	4,35	1,862	0,1847
Interaction	4	2,87	1,769	0,1740
Var. résiduelle	20			

## RESULTATS & DISCUSSION

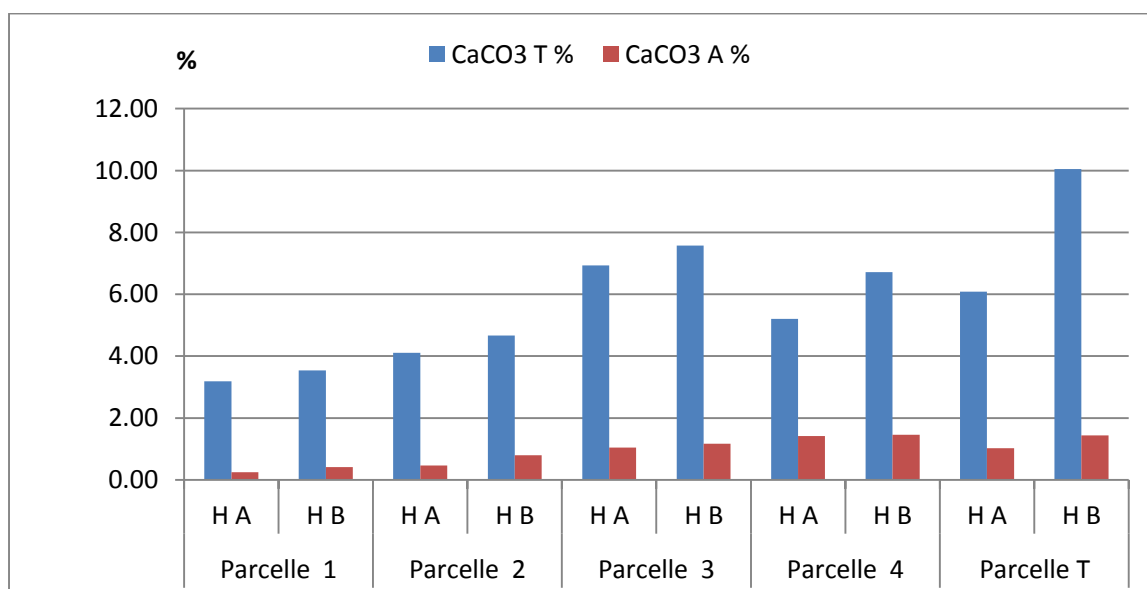
L'analyse de variance vis-à-vis de la matière organique montre des effets très significatifs pour facteur parcelle à un risque  $\alpha=5\%$ .

Le test de Newman-keuls nous a permis de distinguer cinq groupes homogènes pour facteur parcelle (cf. Annexe 3 Tableau n° 6), distincts de la plus haute à la plus basse moyenne dont les groupes A, AB, ABC, BC et C renfermant respectivement les parcelles 1, 3, 4, 2 et témoin.

Entre autre, le facteur horizon et celui l'interaction n'ont montré aucun effet significatif.

### **1.8. Le calcaire total et actif CaCO<sub>3</sub>**

La teneur en calcaire est liée soit à la nature du substrat ou soit aux différents apports artificiels ou naturels.



**Figure 20: Représentation graphique du résultat moyen du la calcaire totale et actif**

– L'examen de l'histogramme (fig 20) et La lecture du tableau n° 7 (cf. Annexe 2), montrent que les teneurs en calcaire total varient entre 3.18 et 4.10% avec une moyenne de 3.64% pour la couche A et varient entre 3.54 et 4.67% avec une moyenne de 4.10% pour la couche B pour les parcelles 1 et 2.

Tandis que, les teneurs en calcaire total varient entre 5.21 et 6.93% avec une moyenne de 6.07% pour la couche A et varient entre 6.71 et 10.05% avec une moyenne de 8.11% pour la couche B pour les parcelles 3-4 et témoin.

Donc le sol pour les parcelles 1 et 2 sol est non calcaire par contre les parcelles 3-4 et témoin le sol est considéré de faiblement calcaire.

## **RESULTATS & DISCUSSION**

– L'examen de l'histogramme (fig 20) et la lecture du tableau n° 8 (cf. Annexe 2), montrent que les teneurs en calcaire actif dans les parcelles 1 et 2 varient entre 0.25 et 0.46% avec une moyenne de 0.35% pour la couche A et varient entre 0.42 et 0.79% avec une moyenne de 0.6% pour la couche B.

Par ailleurs, les teneurs en calcaire actif varient entre 1.03 et 1.42% avec une moyenne de 1.16% pour la couche A, et varient entre 1.17 et 1.46% avec une moyenne de 1.35% pour la couche B au niveau des parcelles 3-4 et témoin.

La teneur en calcaire total et actif dans la couche supérieure élevée par rapport à la couche inférieure pour toutes les parcelles.

Le résultat statistique l'analyse de variance des paramètres de calcaire total et actif est présentée dans les tableaux n° 18, 19.

**Tableau N° 18: Analyse de variance de Calcaire Totale du sol**

Source de variation	Ddl	F théo	F obs	Prob
Var. totale	29			
Parcelle	4	2,87	9,948	0,0002
Horizon	1	4,35	6,458	0,0186
Interaction	4	2,87	1,463	0,2502
Var. résiduelle	20			

L'analyse de variance pour le calcaire totale affiche des résultats hautement significatifs pour facteur parcelle et significatifs pour facteur horizon à un risque  $\alpha= 5\%$ .

Le test de Newman-Keuls distingue pour le facteur parcelle quatre groupes homogènes (cf. Annexe 3 Tableau n° 7A) classés dans l'ordre décroissant dont les moyennes les plus élevées sont classées dans le groupe A représenté par les parcelles témoin et 3, le groupe AB renferme la parcelle (4), le groupe BC renferme la parcelle (2), et le groupe C renferme de parcelle (1) qui a la moyenne faible.

Alors que le même test révèle pour le facteur horizon deux groupes homogènes A et B (cf. Annexe 3 Tableau n° 7B), dont le groupe A regroupe tous les horizons inférieurs (moyennes élevée), à l'inverse le groupe B qui renferme les horizons superficiels (moyennes faibles).

L'interaction des facteurs parcelle-horizon a montré des résultats non significatifs.

## RESULTATS & DISCUSSION

**Tableau N° 19: Analyse de variance de Calcaire Actif du sol**

Source de variation	Ddl	Fthéo	Fobs	Proba
Var. totale	29			
Parcelle	4	2,87	8,571	0,0004
Horizon	1	4,35	2,401	0,1334
Interaction	4	2,87	0,238	0,9122
Var. résiduelle	20			

La comparaison des moyennes pour le calcaire actif révèle des résultats hautement significatifs pour facteur parcelle à un risque  $\alpha=5\%$ .

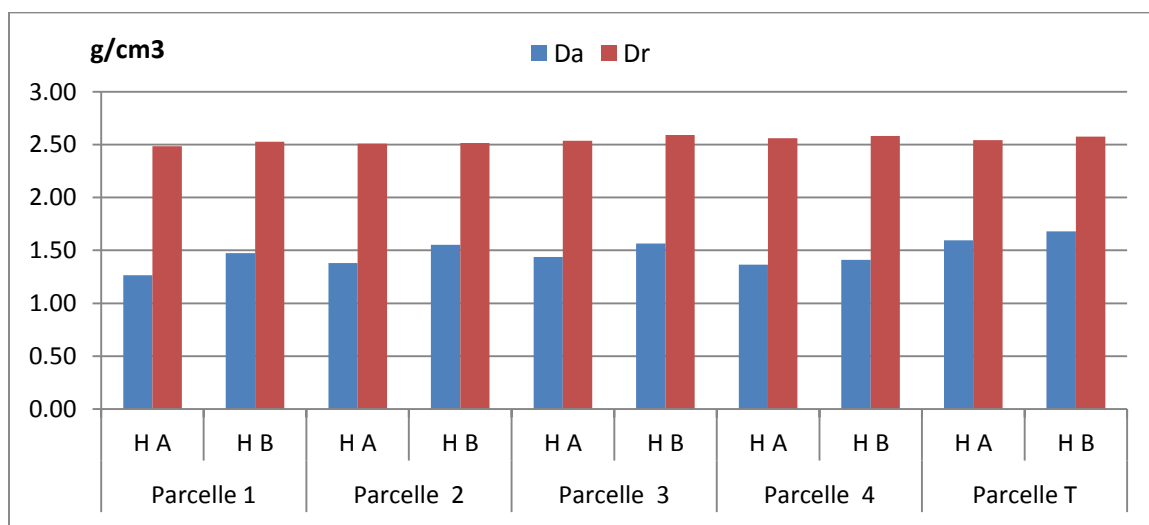
D'après le test de Newman-Keuls, on constate deux groupes homogènes (cf. Annexe 3 Tableau n° 8) distincts pour facteur parcelle, classés dans l'ordre décroissant dont les moyennes les plus élevées sont classées dans le groupe A représenté par les parcelles 4, témoin et 3, le groupe B regroupe les parcelles 2 et 1 avec des moyennes faibles.

Entre autre, le facteur horizon et l'interaction a montré aucunes différences significatives

### **1.9. La densité apparente (Da) et la densité réelle (Dr)**

La densité apparente représente la masse totale de l'agrégat / volume totale de l'agrégat ; la densité apparente indique l'état ou la condition du sol, elle diminue avec la teneur du sol en humus (Duthil, 1970). Sachant que la densité apparente des sols varie entre  $1.00 \text{ g/cm}^3$  et  $1.80 \text{ g/cm}^3$ .

La densité réelle exprime des éléments constituant la phase solide du sol, la densité réelle représente la masse du solide / le volume du solide.



**Figure 21: Représentation graphique du résultat moyen de la densité apparente et réelle**

## **RESULTATS & DISCUSSION**

– Les résultats d'analyse tableaux n° 9 (cf. Annexe 2) montrent que la densité apparente varie entre 1.26 et 1.60 avec une moyenne de 1.41, pour la couche A (0-15 cm). et entre 1.41 et 1.68 avec une moyenne de 1.54, pour la couche B (15-30 cm). (Fig 21).

– Les résultats d'analyse tableaux n° 10 (cf. Annexe 2) montrent que la densité réelle varie entre 2.48 et 2.56 avec une moyenne de 2.53, pour la couche A (0-15 cm). et entre 2.52 et 2.59 avec une moyenne de 2.56 pour la couche B (15-30 cm). (Fig 21).

La densité apparente et la densité réelle dans la couche inférieure élevée par rapport à la couche supérieure pour toutes les parcelles. C'est à dire la couche supérieure est plus perméable comparée à la couche inférieure.

La réduction l'intensité et la profondeur du travail du sol conduit en général à une augmentation de la densité apparente du sol mais pas au-delà de l'ancien fond de labour (Guérif, 1994; Rasmussen, 1999; Tebrügge et Düring, 1999).

Les résultats statistiques de l'analyse de variance de densité apparente et réelle sont présentés dans les tableaux n° 20, 21.

**Tableau N° 20: Analyse de variance de la densité apparente du sol**

Source de variation	Ddl	F théo	F obs	Prob
Var. totale	19			
Parcelle	4	3,48	3,333	0,0557
Horizon	1	4,96	5,93	0,0339
Interaction	4	3,48	0,323	0,8567
Var. résiduelle	10			

Pour la densité apparente, la comparaison multiple des moyennes a montré un effet significatif pour facteur horizon à un risque  $\alpha=5\%$ , par contre les différences sont non significatives pour le facteur parcelle et celui de l'interaction.

Le test de Newman-Keuls nous a permis de distinguer deux groupes homogènes (cf. Annexe 3 Tableau n°9) pour le facteur horizon, dont le groupe A regroupe les horizons avec des moyennes élevées correspondant aux les horizons inférieurs, en revanche, le groupe B renferme les horizons superficiels avec des moyennes faibles.

**Tableau N° 21: Analyse de variance de la densité réelle du sol**

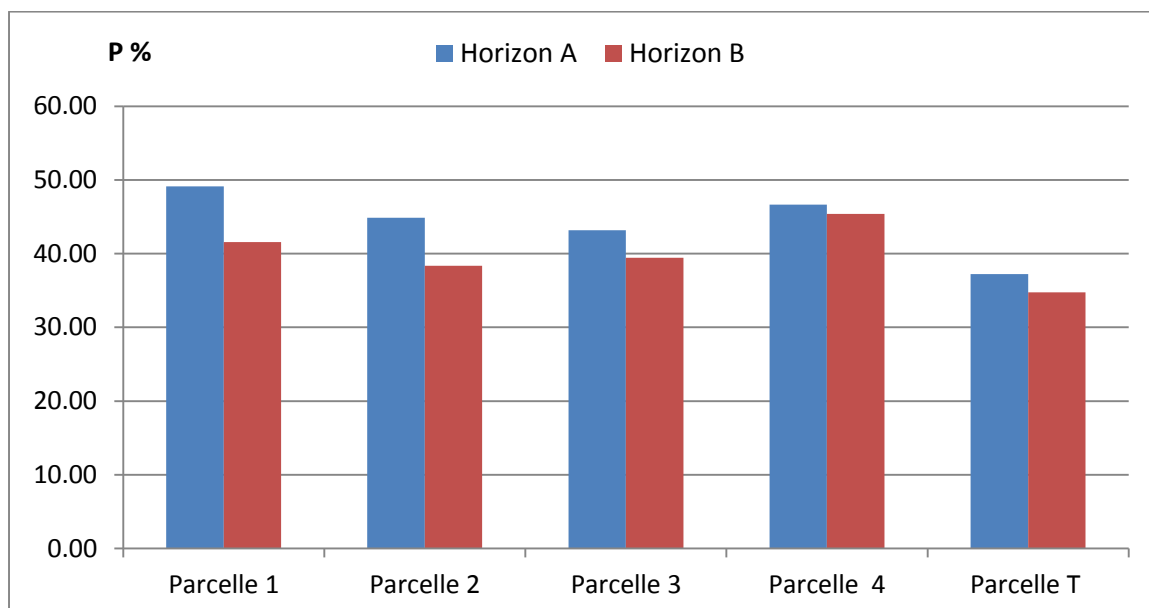
Source de variation	Ddl	F théo	F obs	Prob
Var. totale	19			
Parcelle	4	3,48	0,692	0,6161
Horizon	1	4,96	0,925	0,3612
Interaction	4	3,48	0,063	0,9889
Var. résiduelle	10			

## **RESULTATS & DISCUSSION**

L'analyse de variance de la densité réelle montre des résultats non significatifs pour la totalité des facteurs dans le tableau n° 21.

### **1.10. La porosité**

La porosité constitue un paramètre édaphique, c'est une notion synthétique très importante qui combine les critères propres à la texture et à la structure du sol considérée, la porosité dépend la circulation de l'eau et des gaz dans le sol dont le rôle est essentiel aussi bien pour favoriser la vie des racines et l'activité biologique en générale (Duchaufour, 1970).



**Figure 22: Représentation graphique du résultat moyen du la porosité**

L'examen de l'histogramme (fig 22) et la lecture du tableau n° 11 (cf. Annexe 2), montrent que la porosité totale des sols varie entre 37.24 et 49.15% avec une moyenne de 44.23% pour la couche supérieure (15-30 cm), par contre, elle varie entre 34.77 et 45.39% avec une moyenne de 39.91% pour la couche inférieure (15-30 cm).

Les sols des horizons des différentes parcelles peuvent être caractérisés d'une porosité forte

La porosité dans la couche inférieure inférieure à celle de la couche supérieure et ce pour toutes les parcelles.

La porosité enregistrée dans la parcelle Témoin est inférieure à celle des autres parcelles. Cette dernière est en relation directe avec la texture ( le facteur essentiel de la rétention en eau) ainsi que la structure qui sont les principales propriétés physiques des sols

## RESULTATS & DISCUSSION

en intervenant sur les phénomènes de ruissellement, d'infiltration et d'évaporation et le type de travail de sols. Ces derniers sols no labour

Comme la texture de la majorité de nos sols est grossière, elle intervient directement sur le profil hydrique : forte rétention en eau, dessèchement rapide du profil, ...etc.

Dans les premiers centimètres de sol, la distribution de la taille des pores est modifiée en l'absence de travail du sol. La méso porosité et/ou la macroporosité diminuent dans un sol en semis direct par rapport à un sol labouré (Hill, 1990; Hussain *et al.*, 1998; Ferreras *et al.*, 2000) .

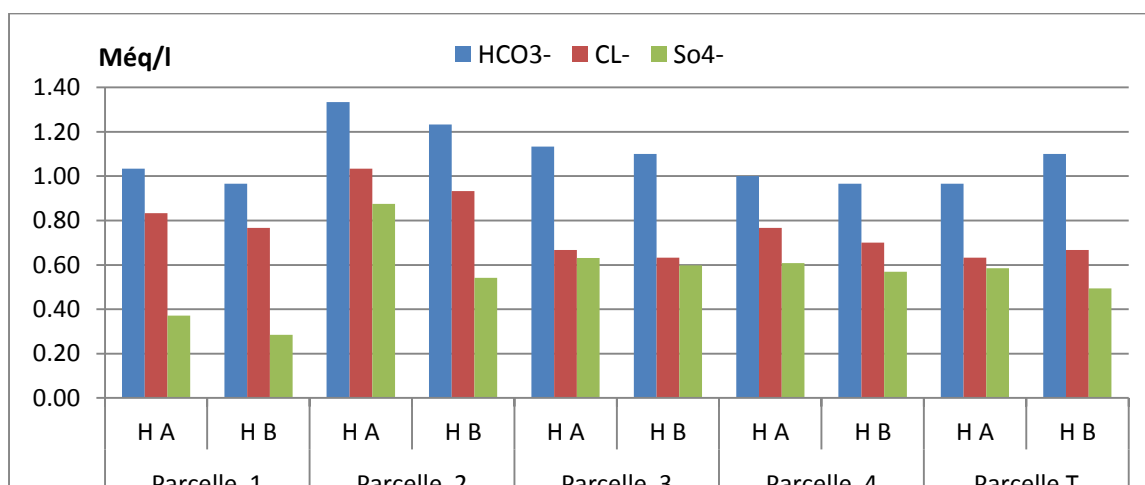
Le résultat statistique de l'analyse de variance du paramètre de la porosité présentée dans le tableau n° 22.

**Tableau N° 22: Analyse de variance de la porosité du sol**

Source de variation	Ddl	F théo	F obs	Prob
Var. totale	19			
Parcelle	4	3,48	2,199	0,1420
Horizon	1	4,96	3,208	0,1008
Interaction	4	3,48	0,245	0,9052
Var. résiduelle	10			

L'analyse de variance de la variable de la porosité réelle a montré des résultats non significatifs pour les facteurs analysés ainsi que leur interaction à un risque 5% (tableau n° 22). Donc l'ensemble des parcelles ne présente aucune différence vis-à-vis du paramètre de porosité.

### **1.11. La concentration des anions**



**Figure 23: Représentation graphique du résultat moyen du La concentration des anions**

## **RESULTATS & DISCUSSION**

– La concentration des ions  $\text{HCO}_3^-$  tableau n° 12 (cf. Annexe 2) et (fig 23) varie entre 0.97 et 1.33méq/l avec une moyenne de 1.09méq/l pour la couche supérieure (15-30 cm), par contre, elle varie entre 0.97et 1.23méq/l avec une moyenne de 1.07méq/l pour la couche inférieure (15-30 cm) pour toutes les parcelles.

– La concentration des ions  $\text{CL}^-$  tableau n° 13 (cf. Annexe 2) et (fig 23) varie entre 0.63 et 1.03méq/l avec une moyenne de 0.79méq/l pour la couche supérieure (15-30 cm), par contre, elle varie entre 0.63et 0.93méq/l avec une moyenne de 0.74méq/l pour la couche inférieure (15-30 cm) pour toutes les parcelles.

– La concentration des ions  $\text{SO}_4^{2-}$  tableau n° 14 (cf. Annexe 2) et (fig 23) varie entre 0.37 et 0.87méq/l avec une moyenne de 0.61méq/l pour la couche supérieure (15-30 cm), par contre, elle varie entre 0.29 et 0.60méq/l avec une moyenne de 0.5méq/l pour la couche inférieure (15-30 cm) pour toutes les parcelles.

De ce fait le classement des anions est de type:  $\text{HCO}_3^- > \text{CL}^- > \text{SO}_4^{2-}$  .

Le résultat statistique de l'analyse de variance des anions présentés dans les tableaux n° 23, 24, 25.

**Tableau N° 23: Analyse de variance de  $\text{HCO}_3^-$  du sol**

Source de variation	Ddl	F théo	F obs	Prob
Var. totale	29			
Parcelle	4	2,87	5,24	0,0048
Horizon	1	4,35	0,173	0,6841
Interaction	4	2,87	0,702	0,6021
Var. résiduelle	20			

La comparaison des moyennes enregistrées pour le  $\text{HCO}_3^-$  révèle des résultats très significatifs pour le facteur parcelle à un risque  $\alpha= 5\%$

Le test de Newman-Keuls distingue deux groupes homogènes (cf. Annexe 3 Tableau n° 10) pour le facteur parcelle, classés dans l'ordre décroissant dont les moyennes les plus élevées sont classées dans le groupe A représenté par la parcelle 2, et le groupe B rassemble les parcelles 3, témoin, 1 et 4 avec des moyennes faibles.

Entre autre, le facteur horizon et celui de l'interaction ont montré des effets non significatifs.

## **RESULTATS & DISCUSSION**

**Tableau N° 24: Analyse de variance de  $Cl^-$  du sol**

Source de variation	Ddl	F théo	F obs	Prob
Var. totale	29			
Parcelle	4	2,87	5,24	0,0048
Horizon	1	4,35	0,173	0,6841
Interaction	4	2,87	0,702	0,6021
Var. résiduelle	20			

La comparaison des moyennes pour le paramètre  $Cl^-$  révèle des effets très significatifs pour facteur parcelle à un risque  $\alpha= 5\%$ .

D'après le tes de Newman-Keuls on constate deux groupes homogènes (cf. Annexe 3 Tableau n° 11) distincts pour le facteur parcelle, classés dans l'ordre décroissant dont les moyennes les plus élevées sont classées dans le groupe A représenté par la parcelle 2, et le groupe B rassemble les parcelles 1, 4, 3 et témoin avec des moyennes faibles.

Entre autre, le facteur horizon et celui de l'interaction ont montré des effets non significatifs.

**Tableau N° 25: Analyse de variance de  $SO_4^{2-}$  du sol**

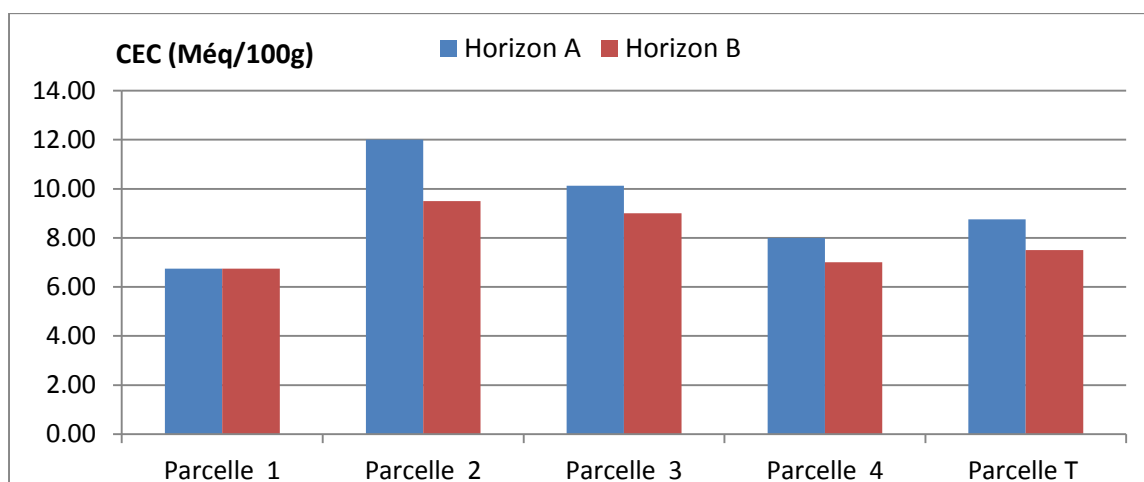
Source de variation	Ddl	F théo	F obs	Prob
Var. totale	29			
Parcelle	4	2,87	5,24	0,0048
Horizon	1	4,35	0,173	0,6841
Interaction	4	2,87	0,702	0,6021
Var. résiduelle	20			

L'analyse de variance de la  $SO_4^{2-}$  montre des résultats non significatifs pour la totalité des facteurs dans le tableau n° 25.

### **1.12. La capacité d'échange cationique CEC**

On appelle capacité d'échange cationique d'un horizon ou d'un échantillon, la quantité totale de cations que celui-ci peut retenir sur son complexe absorbant, à un pH donné (Baize, 1988). La CEC est exprimée en Méq/100g du sol.

## RESULTATS & DISCUSSION



**Figure 24: Représentation graphique du résultat moyen du La capacité d'échange cationique**

D'après les résultats tableau n° 15 (cf. Annexe 2) et (fig 24), la CEC des sols varient entre 6.75 et 8.75még/100g avec une moyenne de 7.83még/100g pour la couche supérieure (15-30 cm), et varie entre 6.75 et 7.50még/100g avec une moyenne de 7.08még/100g pour la couche inférieure (15-30 cm) pour les parcelles 1-4 et Témoin.

Tandis que la CEC des sols varient entre 10.13 et 12.00még/100g avec une moyenne de 11.06még/100g pour la couche supérieure, et varient entre 9.00 et 9.50még/100g avec une moyenne de 9.25még/100g pour la couche inférieure, pour les parcelles 2 et 3

Les sols des deux 'horizons des parcelles 1-4 et témoin (CEC < 9) ont une CEC faible, par contre les sols des deux l'horizon au niveau de parcelles 2 et 3 ( $9 \leq \text{CEC} \leq 12$ ) présentent CEC moyenne.

La CEC dan la couche supérieure élevée en comparaison à la couche inférieure pour toutes les parcelles.

Le résultat statistique analyse de variance de la CEC présentés dans le tableau n° 26.

**Tableau N° 26: Analyse de variance de la CEC du sol**

Source de variation	Ddl	F théo	F obs	Prob
Var. totale	19			
Parcelle	4	3,48	4,769	0,0208
Horizon	1	4,96	3,169	0,1026
Interaction	4	3,48	0,364	0,8293
Var. résiduelle	10			

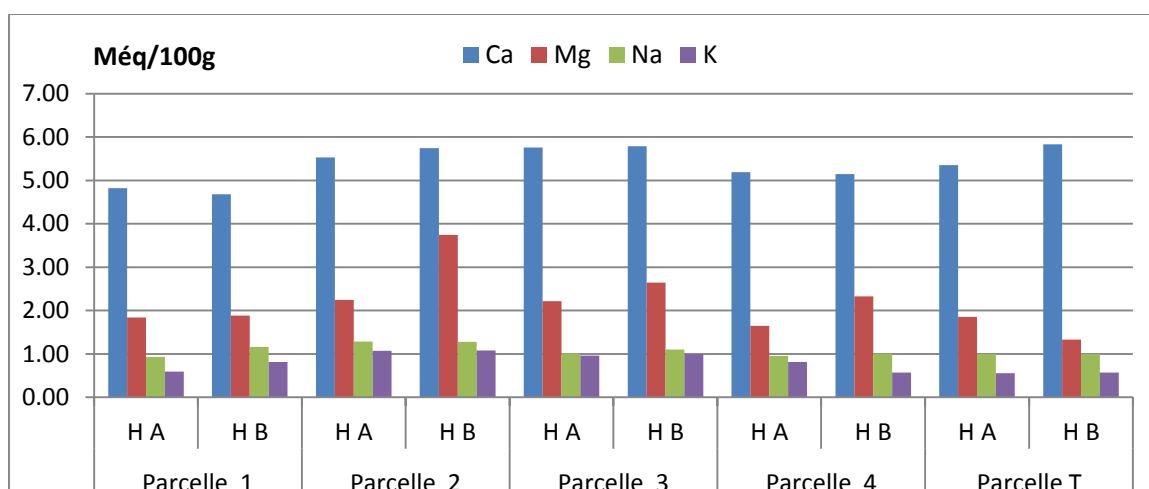
## RESULTATS & DISCUSSION

La comparaison multiple des moyennes pour la CEC affiche des résultats significatifs pour le facteur parcelle à un risque  $\alpha=5\%$ .

Le test de Newman-keuls nous a permis de distinguer trois groupes homogènes (cf. Annexe 3 Tableau n° 12) pour le facteur parcelle, classés dans l'ordre décroissant dont les moyennes les plus élevées sont classées dans le groupe A représenté par la parcelle 2, le groupe AB rassemble des parcelles 3 et témoin, et le groupe B regroupe des parcelles 4 et 1 de moyennes faibles.

Entre autre, le facteur horizon et celui de l'interaction ont montré des effets non significatifs

### 1.13. Les cations échangeables:



**Figure 25: Représentation graphique du résultat moyen du les cations échangeables**

– La concentration de Ca échangeable tableau n° 16 (cf. Annexe 2) et (fig 25) varie entre 4.82 et 5.76még/100g avec une moyenne de 5.33még/100g pour la couche supérieure (15-30 cm), par contre, elle varie entre 4.68 et 5.79még/100g avec une moyenne de 5.44még/100g pour la couche inférieure (0-15cm) pour toutes les parcelles.

– La concentration de Mg échangeable tableau n° 17 (cf. cf. Annexe 2) et (fig 25) varie entre 1.96 et 2.25még/100g avec une moyenne de 1.96még/100g pour la couche supérieure (15-30 cm), par contre, elle varie entre 1.33 et 3.74még/100g avec une moyenne de 2.38még/100g pour la couche inférieure (15-30 cm) pour toutes les parcelles.

– La concentration de Na échangeable tableau n° 18 (cf. Annexe 2) et (fig 25) varie entre 0.93 et 1.28még/100g avec une moyenne de 1.04még/100g pour la couche supérieure (15-30 cm), par contre, elle varie entre 1.00 et 1.28még/100g avec une moyenne de 1.11még/100g pour la couche inférieure (15-30 cm) pour toutes les parcelles

## RESULTATS & DISCUSSION

– La concentration de K échangeable tableau n° 19 (cf. Annexe 2) et (fig 25) varie entre 0.56 et 1.07mécq/100g avec une moyenne de 0.8mécq/100g pour la couche supérieure (15-30 cm), par contre, elle varie entre 0.57 et 1.08mécq/100g avec une moyenne de 0.81mécq/100g pour la couche inférieure (15-30 cm) pour toutes les parcelles.

De ce fait, le classement des cations est de type: **Ca > Mg > Na > K**.

Les résultats statistiques de l'analyse de variance des cations échangeables sont présentés dans les tableaux n° 27, 28, 29, 30.

**Tableau N° 27: Analyse de variance de Ca du sol**

Source de variation	Ddl	F théo	F obs	Prob
Var. totale	19			
Parcelle	4	3,48	2,099	0,1553
Horizon	1	4,96	0,177	0,6840
Interaction	4	3,48	0,176	0,9435
Var. résiduelle	10			

**Tableau N° 28: Analyse de variance de Mg du sol**

Source de variation	Ddl	F théo	F obs	Prob
Var. totale	19			
Parcelle	4	3,48	2,005	0,1694
Horizon	1	4,96	1,491	0,2492
Interaction	4	3,48	0,935	0,4833
Var. résiduelle	10			

**Tableau N° 29: Analyse de variance de Na du sol**

Source de variation	Ddl	F théo	F obs	Prob
Var. totale	19			
Parcelle	4	3,48	2,869	0,0801
Horizon	1	4,96	1,259	0,2883
Interaction	4	3,48	0,439	0,7794
Var. résiduelle	10			

L'analyse de variance des cations échangeables (Ca, Mg, Na) montre des résultats non significatifs pour la totalité des facteurs dans les tableaux n° 27, 28, 29.

**Tableau N° 30: Analyse de variance de K du sol**

Source de variation	Ddl	F théo	F obs	Prob
Var. totale	19			
Parcelle	4	3,48	6,91	0,0064
Horizon	1	4,96	0,012	0,9115
Interaction	4	3,48	1,027	0,4403
Var. résiduelle	10			

La comparaison multiple des moyennes pour le K affiche des résultats très significatifs pour le facteur parcelle à un risque  $\alpha = 5\%$ .

## **RESULTATS & DISCUSSION**

Le test de Newman-Keuls affiche pour le facteur parcelle quatre groupes homogènes (cf. Annexe 3 Tableau n° 13) classés dans l'ordre décroissant dont les moyennes les plus élevées sont classées dans le groupe A représenté par la parcelle 2, le groupe AB renferme la parcelle (3), le groupe BC rassemble les parcelles (1 et 4), et le groupe C renferme la parcelle (témoin) de faible moyenne.

Entre autre, le facteur horizon et celui de l'interaction ont montré des effets non significatifs

### **2. Résultats des analyses physico-chimiques des eaux d'irrigation**

Les résultats des analyses physico-chimiques des eaux d'irrigation prélevées au niveau des parcelles irriguées sont résumés dans le tableau n° 31.

**Tableau N° 31 : Résultats des analyses physico-chimiques de l'eau d'irrigation.**

<b>Echantillon</b>	<b>Ech 1</b>	<b>Ech 2</b>
<b>pH</b>	7,39	7,40
<b>CE (mS/cm)</b>	1,20	1,99
<b>Turbidite (NTU)</b>	1,18	1,00
<b>TH (°F)</b>	48,30	47,00
<b>TAC (°F)</b>	22,50	23,00
<b>TA (°F)</b>	0,00	0,00
<b>NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (mg/l)</b>	0,02	0,02
<b>NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (mg/l)</b>	0,10	0,09
<b>Cl<sup>-</sup> (mg/l)</b>	326,00	325,00
<b>HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> (mg/l)</b>	186,21	132,10
<b>SO<sub>4</sub><sup>-</sup> (mg/l)</b>	115,90	116,50
<b>Ca<sup>++</sup> (mg/l)</b>	144,29	144,29
<b>Mg<sup>++</sup> (mg/l)</b>	90,35	86,15

Avec l'irrigation, l'agriculteur dispose d'un puissant levier pour accroître et régulariser la production de ses cultures, à condition de pouvoir maîtriser son irrigation, afin de satisfaire les objectifs techniques (rendements) et économiques (au coût optimal) visés. La performance d'irrigation dépendra de la bonne qualité des eaux, du bon choix de la technique et du système d'irrigation. La connaissance de la qualité des eaux destinées à l'irrigation permet de déterminer ces caractéristiques qui influencent les propriétés physico-chimiques du sol.

## **RESULTATS & DISCUSSION**

La qualité de l'eau d'irrigation est déterminée par une analyse physico-chimique en laboratoire. D'après les résultats obtenus et selon les normes proposées par Rhoades (1982), les eaux utilisées pour l'irrigation dans la zone d'étude est de bonne qualité et ne présentent aucun risque sur les propriétés physico-chimiques du sol.

# **CONCLUSION GENERALE**

## **CONCLUSION GENERALE**

### **CONCLUSION GENERALE**

Ce travail a été entrepris dans l'objectif de déterminer l'effet d'usage de sols sur ses propriétés physico-chimiques et hydriques, nous avons contribué à l'analyse spatiale de ces propriétés pour chaque échantillon de sol prélevé au niveau des parcelles d'étude.

Les résultats obtenus suite à cette recherche, nous ont permis de dire que l'apport significatif de l'usage de sol sur certaines propriétés des sols étudiés.

Au terme de cette étude, la comparaison que nous avons faite concernant les deux horizons nous permet de dire que le système conventionnel influe sur les propriétés du sol avec une importance relative plus grande pour les propriétés physico-chimiques du sol.

A travers les résultats obtenus, un certain nombre de conclusions peuvent être dégagées:

En premier lieu, l'étude du sol a relevé que la texture varie de la texture limono-argileuse-sableuse à sablo-limoneuse avec une très faible teneur en matière organique pour les deux horizons et pour l'ensemble des parcelles.

Les sels sont présents dans tous les sols étudiés, avec des porosités (pour tous les horizons) plus élevées.

La conductivité électrique, pH, l'humidité, carbone organique, azote totale, matière organique, calcaire total, calcaire actif, densité apparente, densité réelle et les cations échangeables ont donnés les valeurs élevées au niveau de la couche inferieur.

La capacité d'échange cationique, la concentration des anions et la porosité ont donnés les valeurs élevées au niveau de la couche superficielle.

L'analyse physico-chimique des échantillons d'eau d'irrigation a permis de comparer leur teneur Sen éléments chimiques et ces propriétés physiques aux normes internationales, les résultats révèlent que l'eau utilisé est de bonne qualité est ne présente aucun risque sur les propriétés du sol.

A partir de ces résultats, on considère que l'effet de l'usage du sol sur les propriétés des sols n'est pas négligeable dans notre zone d'étude. Les conséquences peuvent être quantifiables si on considère une étude spatiotemporelle pour cerner l'évolution des propriétés du sol dans le but d'assurer une gestion rurale durable de la fertilité des sols.

# REFERENCES

## REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE

### Référence bibliographique

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

**AFNOR, 1998.** NF X31-003. Qualité du sol – Description du sol. Thème: Qualité du sol et pédologie en général. Décembre. 60 p.

**AFNOR., 2003.** NF X31-107. Qualité du sol – Détermination de la distribution granulométrique des particules du sol - Méthode à la pipette. Thème: Propriétés physiques des sols. Septembre. 20 p.

**Ahl I., Joergensen R.G., Kandeler E., Meyer B. et Woehler V 1999.** Microbial biomass and activity in silt and sand loam after long-term shallow tillage in central Germany. *Soil and Tillage Research* 49.

**Aibar, J. (2006).** La lutte contre les mauvaises herbes pour les céréales en semis direct : principaux problèmes. Communication orale. Les actes des 3<sup>èmes</sup> rencontres méditerranéennes du semis direct. Zaragoza. *Options Méditerranéennes, Série A*, n° (69).p19-26.

**Al-Kaisi M. et Yin X. 2005.** Tillage and crop residue effects on soil carbon and carbon dioxide emission in corn-soybean rotation. *Journal of Environment Quality* 34: 437-445.

**Al-Ouda A. 2010.** The role of improved regional practices in the implementation of conservation agriculture in Arab countries. Actes du 4<sup>ème</sup> rencontre méditerranéennes du semis direct. Sétif, Algérie, du 3 à 5 mai 2010 p, 59-67.

**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.

**Angers D.A., Samson N. et Legere A. 1993.** Early changes in water-stable aggregation induced by rotation and tillage in a soil under barley production. *Canadian Journal of Soil Science*, 73, 51-59.

**ANONYME b., 2008:**Série B des statistiques agricoles de la D .S.A de Relizane .

**Anonyme. (2011).** L'exploitation conventionnelle. Fiche technique N° 5 : Agriculture de conservation. Communautés européennes.

**Arabi M. et Roose E. 1989.** Influence de quatre systèmes de production méditerranéennes de moyenne montagne algérienne. *Bulletin Réseau Erosion* 9 ; 39-51.

**Arshad M.A., Franzluebbers A.J. et Azooz R.H. 1999.** Components of surface soil structure under conventional and no-tillage in northwestern Canada. *Soil & Tillage Research*, 53, 41-47.

**Azooz R.H. et Arshad M.A. 1996.** Soil infiltration and hydraulic conductivity under long-term no-tillage and conventional tillage systems. *Canadian Journal of Soil Science*, 76, 143- 152.

**Baggs E.M., Stevenson M., Pihlatie M., Regar A., Cook H. et Cadisch G. 2003.** Nitrous oxide emissions following application of residues and fertiliser under zero and conventional tillage. *Plant and Soil*, 254, 361-370.

## REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE

**Bahir M. et Mennani M. et Oliveira D. B., 1977.** Drought impact on water resources in semi-arid zone, case study of the Barremien-Aptien aquifer of the coastal zone of Essaouira. Morocco. 51p.

**Baize D., 1988 :** Guide des analyses courantes en pédologie, choix, expression,

**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. 2006.** No-tillage Seeding in Conservation Agriculture (2nd edition). CABI and FAO, London, 326 p.

**Balesdent J.C. Chenu et Balabane M. 2000.** Relationship of soil organic matter dynamics to physical protection and tillage. *Soil & Tillage Research*. 53. 215-230.

**Basic F., Kisic I., Mesic M., Nestroy O. et Butorac A. 2004.** Tillage and crop management effects on soil erosion in central Croatia. *Soil & Tillage Research*, 78, 197-206.

**BENCHERGUI A et TAHARI A ; 2009 :** Etude ethnobotanique des plantes médicinales utilisées par la population riveraine dans la région de Relizane .Theseing, université de Mascara,133pages.

**Bhattacharyya R., Prakash V., Kundu S. et Gupta H.S. 2006.** Effect of tillage and crop rotations on pore size distribution and soil hydraulic conductivity in sandy clay loam soil of the Indian Himalayas. *Soil & Tillage Research*, 86, 129-140.

**Blake G.R., 1965.** Bulk density. In: C.A. Black (Editor). Methods of soil analysis. Amer. Soc. Agronomy, Madison, 374-390.

**Blanco-Canqui H. et Lal R. 2007.** Soil structure and organic carbon relationships

**Boizard H., Richard G., Defossez P., Roger-Estrade J. et Boiffin J. 2004.** Etude de l'effet à moyen et long terme des systèmes de culture sur la structure d'un sol limoneux-argileux du Nord du Bassin Parisien: les enseignements de l'essai de longue durée d'Estrée-Mons (80). *Etude et Gestion des Sols* 11:11-20.

**Boulaine J., 1978.**Les sols calfersiques.Cah. ORSTOM, série pedologie.volXVI, N°3,1978 pp265-291.

**Bouzza A. 1990.** Water conservation in wheat rotations under several management and tillage systems in semi-arid areas. PhD Diss. Univ. of Nebraska, USA. 200p.

**Brown L.C., Foster G.R. et Beasley D.B. 1989.** Rill erosion as affected by incorporated crop residue seasonal consolidation. *Trans. A. Soc. Agris. Engrs*, 32; 1967-1978.

**Campbell C.A. et Zentner R.P. 1993.** Soil Organic Matter as influenced by crop rotatios and fertilizer. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 57 : 1034-1040.

**Carter M.R. et Renne D.A. 1987.** Effects of tillage on déposition and utilization of 15 N residual fertilizer. *Soil and tillage research*(9), 33-43.

**Catt J.A., Howse k.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.

## REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE

**Chamayou H and Legros J.-P.**, 1989. Les bases physiques, chimiques et minéralogiques de la science du sol. Paris : Presses universitaires de France Agence de coopération culturelle et technique. 593p.

**Chan K.Y.** 2001. An overview of some tillage impacts on earthworm population abundance and diversity - implications for functioning in soils. *Soil Tillage Res.* 57, 179-191.

**Couture I.**, 2006. Principaux critères pour évaluer la qualité de l'eau en micro-irrigation Colloque sur l'irrigation l'eau, source de qualité et de rendement 10 février 2006, Hôtel Mortagne, Boucherville.

**Couture L.**, 2003. Analyse d'eau pour fin d'irrigation. Ed. Agri. Vision. Canada.

**Dao T.H.** 1993. Tillage and winter wheat residue management effects on water infiltration and storage. *Soil Science Society of America Journal*, 57, 1586-1595.

**Demeilliers, C.** (2009). Quelle agriculture dans notre assiette et pour notre environnement.

**Denis B.**, 2000. Guide des analyses en pédologie 2<sup>ème</sup> édition revue et augmentée. Edition INRA.

**Dexter.**, 1988. Advances in characterization of soil structure. *Soil & Tillage Research*, 11: 199-239.

**D'Haene K., Vandenbruwane J., De Neve S., Gabriels D., Salomez J. et Hofman G.** 2008a. The effect of reduced tillage on nitrogen dynamics in silt loam soils. *European Journal of Agronomy* 28:449-460.

**D'Haene K., Vermang J., Cornelis W.M., Leroy B.L.M., Schiettecatte W., De Neve S., Gabriels D. et Hofman G.** 2008b. Reduced tillage effects on physical properties of silt loam soils growing root crops. *Soil and Tillage Research* 99:279-290.

**Diaz-Zorita M., Perfect E., Grove J.H.**, 2002. Disruptive methods for assessing soil structure. *Soil & Tillage Research*, 64: 3-22.

**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.** ; 1970 – Précis de pédologie, Ed Masson et Cie, Paris, 481 p.

**Duthil, J.**, 1970 - Précis de pédologie. *An Agro, INA Vol VI n°2*, pp.

**Edwards C.A. et Bohlen P.J.** 1996. Biology and Ecology of Earthworms 3rd ed. Chapman and Hall, London, 426 pp.

**Edwards J.H., Wood C.W., Thurlow D.L. et Ruf M.E.** 1992. Tillage and crop rotation effects on fertility status of a Hapludult soil. *Soil Science Society of America Journal*, 56, 1577-1582.

**Ehlers W., Kopke U., Hesse F. et Bohm W.** 1983. Penetration resistance and root growth of oats in tilled and untilled loess soil. *Soil & Tillage Research*, 3, 261-275.

**El Titi A.** 2003. *Soil tillage in agro ecosystems*. CRC Press, New-York (USA).

## REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE

**FAO. 1983.** Garder le terre en vie : l'érosion des sols , ses causes et ses remèdes. Bulttin pédologique 50 : 62 p.

**Ferreras L.A., Costa J.L., Garcia F.O. et Pecorari C. 2000.** Effect of no-tillage on some soil physical properties of a structural degraded Petrocalcic Paleudoll of the southern "Pampa" of Argentina. *Soil & Tillage Research*, 54, 31-39.

**Florea N., Al Joumaa KH., 1998:** Genesis and classification of gypsiferous soils of the middle euphrates floodplain. Syria .geoderma , volume 87. Issue 1-2, pp 67-85.

**Follett R.F. et Peterson G.A. 1988.** Surface soil nutrient distribution as affected by wheatfallow tillage systems. *Soil Science Society of America Journal*, 52, 141-147.

following 10 years of wheat straw management in no-till. *Soil and Tillage Research* 95:240-254.

**Franzluebbers, A.J., et M.A. Arshad. 1997.** Particulate organic carbon content and potential mineralization as affected by tillage and texture. *Soil Science Society of America Journal* 61:1382-1386.

**Gál A., Vyn T.J., Michéli E., Kladvko E.J. et 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* 96:42-51.

**Gallien E., Le Bissonais Y., Eimberk M., Benkhadra H., Ligneau L., Ouvry J-F. et Martin P. 1995.** Influence des couverts végétaux de jachere sur le ruissellement et érosion diffuse en sol limoneux cultivés. *Cahier Agriculture* 4 : 171-183.

**Goss J.M., Howse K.R., Lane P.W., Christian D.G. et Harris G.L., 1993.** Losses of nitrates-nitrogen in water draining from under autumn-sown crops established by direct drilling or mouldboard ploughing. *Journal of Soil Science*, 44, 35-48.

**GOURARI H ; 2010 :** Etude de l'état d'infestation des parcelles céréalières par le nématode à kyste (Heterodera) dans la wilaya de Mascara et Relizane .Theseing ; 93 p.Université de Mascara.

**Guerif J. 1994.** Influence de la simplification du travail du sol sur l'état structural des horizons de surface. Conséquences sur leurs propriétés physiques et leurs comportements mécaniques, p. 13-33, *In* G. Monnier, et al., eds. Simplification du travail du sol, INRA (Les Colloques N° 65) ed, Paris, 16 mai 1991.

**Gupta S., Munyankusi E., Moncrief J., Zvomuya F. et Hanewall M. 2004.** Tillage and manure application effects on mineral nitrogen leaching from seasonally frozen soils. *J. Environ. Qual.*, 33, 1238-1246.

**Halvorson A.D., Wienhold B.J. et Black A.L. 2001.** Tillage and nitrogen fertilization influence grain and soil nitrogen in an annual cropping system. *Agronomy Journal*, 93, 836-841.

**Hammel J.E. 1989.** Long-term tillage and crop rotation effects on bulk density and soil impedance in Northern Idaho. *Soil Science Society of America Journal*, 53, 1515-1519.

**Hansen E.M. et Djurhuus J. 1997.** Nitrate leaching as influenced by soil tillage and catch crop. *Soil and tillage research*, 41, 203-219.

## REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE

- Haynes R.J. 2005.** Labile Organic Matter Fractions as Central Components of the Quality of Agricultural Soils: An Overview. *Advances in Agronomy* 85:221-268.
- Heard J.R., Kladivko E.J. et Mannering J.V. 1988.** Soil macroporosity, hydraulic conductivity and air permeability of silty soils under long-term conservation tillage in Indiana. *Soil & Tillage Research*, **11**, 1-18.
- Hernández J.L., Lopez R., Navarrete L. et Sánchez-Gíron V. 2002.** Long-term effects of tillage systems and rotations on soil structural stability and organic carbon stratification in semiarid central Spain. *Soil & Tillage Research*, **66**, 129-141.
- Hill R.L. 1990.** Long-term conventional and no-tillage effects on selected soil physical properties. *Soil Science Society of America Journal*, **54**, 161-166.
- Hussain I., Olson K.R. et Siemens J.C. 1998.** Long-term tillage effects on physical properties of eroded soil. *Soil Science*, **163**, 970-981.
- Huwe B. 2003.** The role of soil tillage for soil structure, p. 27-50, *In* A. El Titi, ed. Soil Tillage in Agroecosystems. CRC Press LLC, Boca Raton.
- Jean-françois V. 2009.** comparaison de différentes techniques de travail du Sol en agriculture biologique : effet de la structure et de la localisation des résidus sur les microorganismes du sol et leurs activités de minéralisation du carbone et de l'azote l'Institut des Sciences et Industries du Vivant et de l'Environnement (Agro Paris Tech) thèse de doctorat 172P.
- Kacemi M. 1992.** Water conservation, crop rotations and tillage systems in semiarid Morocco. Ph.D. Dissertation. Colorado State Univ. Fort Collins, CO. USA. 203 p.
- Kanwar R.S., Stoltenberg D.E., Pfeiffer R., Karlen D., Colvin T.S. et Simpkins W.W., 1993.** Transport of nitrates and pesticides to shallow ground water system as affected by tillage and crop rotation practices. *Proc. Conference : Agricultural research to protect water quality, Minneapolis, Minnesota, Fev.1993*, 270-273.
- Kay B.D. et Vanden Bygaart A.J. 2002.** Conservation tillage and depth stratification of porosity and soil organic matter. *Soil and Tillage Research* 66:107-118.
- Kay B.D., 1998.** Soil structure and organic carbon: a review. *In* Soil processes and the carbon cycle. Ed Lal et al: 169-197.
- Kladivko E. J. 2001.** Tillage systems and soil ecology. *Soil Tillage Res.* 61, 61-76.
- Koch H.J. et Stockfish N. 2006.** Loss of soil organic matter upon ploughing under a loess soil after several years of conservation tillage. *Soil and Tillage Research* 86:73-83.
- Lampurlanés J. et Cantero-Martínez C. 2003.** Soil bulk density and penetration resistance under different tillage and crop management systems and their relationship with barley root growth. *Agronomy Journal*, **95**, 526-536.
- 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.
- Laverdière, M. R. 2005.** Conservation des sols et du milieu. Département des sols et de génie agroalimentaire, Université Laval. Sainte-Foy, Qc. 369 p.

## REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE

Lavoisier, Paris, 292 p.

**Le ssirard, J. (2009).** Amélioration de qualité, nutritionnelle des produits alimentaires : Propositions pour une Agriculture a vocation Nutrition-Santé.

**Leprun J.C. 1988.** Matière organique et conservation des sols, exemple brésilien. Cahier OROSTOM, série pédologie. Vol. XXIV. N°4. Page 333-334.

**Little J.L., Bennett D.R. et Miller J.J. 2005.** Nutrient and sediment losses under simulated rainfall following manure incorporation by different methods. *Journal of Environmental Quality* 34: 1883-1895  
**McIsaac G.F., Hirschi M.C., Mitchell J.K., 1991.** Nitrogen and phosphorus in eroded sediment from corn and soybean tillage systems. *Journal of Environmental Quality* 20: 663-670.

**Liu X.J., Mosier A.R., Halvorson A.D. et Zhang F.S. 2006.** The impact of nitrogen placement and tillage on NO, N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub> and CO<sub>2</sub> fluxes from a clay loam soil. *Plant and Soil*, **280**, 177-188.

**Lopez-Bellido L. 1992.** Mediterranean cropping systems. P : 311-356. In *Ecosystems of the World, Field crop ecosystems*. Pearson, C.J. (edt). Elsevier.

**Mahdi, M. (2004).** Contribution à l'étude de la technique du semi direct sous pivot. Mémoire d'ingénieur INA EL-Harrach, pp : 9-30.

**Manichon H., 1982.** Influence des systèmes de culture sur le profil cultural: élaboration d'une méthode de diagnostic basée sur l'observation morphologique. Thèse de docteur-ingénieur de l'INAPG: 232 P.

**Mathieu C et Pieltain F., 2003 :** Analyse chimique des sols. Ed. Tec et doc.

**Maynard D.N. et G.J. Hochmuth., 1997.** Knott's Handbook for Vegetable growers. 582p.

**McBride R.A., Martin H. et Kennedy B. 1989.** La compaction du sol. Fiche technique, Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation, Ontario, Canada.

**McCarty G. W., Lyssenko N.N. et Starr J.L. 1998.** Short-term changes in soil carbon and nitrogen pools during tillage management transition. *Soil Science Society of America Journal*, **62**, 1564-1571.

**McConkey B.G., Curtin D., Campbell C.A., Brandt S.A. et Selles F. 2002.** Crop and soil nitrogen status of tilled and no-tillage systems in semiarid regions of Saskatchewan. *Canadian Journal of Soil Science*, **82**, 489-498.

**Morel R., 1996 :** Les sols cultivés. Lavoisier . 2eme édition. Paris, 378 p.

**Mrabet R. 1997.** Crop residue management and tillage systems for water conservation in a semiarid area of Morocco. PhD dissertation. Colorado State Univ. Fort Collins, CO. USA. 220 p.

**Mrabet R. et Bouzza A. 2000a.** Influence of tillage, residue management and cropping systems on wheat production in a turbulent semiarid area of Morocco. International Crop Science Conference, 17-22 Août 2000. Hamburg, Germany.

## REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE

- Müller M., Schafflützel R., Chervet A., Sturny W.G., Zihlmann U. et Weissopf P. 2008.** Teneurs en humus après 11 ans de semis direct ou de labour. *Revue suisse Agric.* **40** (en préparation).
- Munawar A., Blevins R.L., Frye W.W. et Saul M.R. 1990.** Tillage and cover crop management for soil water conservation. *Agronomy Journal*, **82**, 773-777.
- Munkholm L.J., Schjonning P., Rasmussen K.J. et Tanderup K. 2003.** Spatial and temporal effects of direct drilling on soil structure in the seedling environment. *Soil and Tillage Research* 71:163-173.
- Murua, J.R., Laajimi, A. (2011).** Transition de l'agriculture conventionnelle vers l'agriculture durable: quelques réflexions *coeurmaladie.com/tag/L'Agriculture+Est+une+Activité*.
- Musy A., Soutter M., 1991.** Physique du sol. Ed Presses polytechniques et Universitaires Romandes. Suisse: 335P.
- Nahal L. 1975.** Principe de conservation du sol, Masson et Cie, 140 p.
- Nahal L. 1984.** Classement provisoire des terrains et remèdes pour la lutte contre la désertification en Syrie. In : sols, INA Paris-Grignon 14 : 39-70.
- Needelman B.A., Wander M.M., Bollero G.A., Boast C.W., Sims G.K. et Bullock D.G. 1999.** Interaction of tillage and soil texture: Biologically active soil organic matter in Illinois. *Soil Science Society of America Journal* 63:1326.
- Nouiri I., M'hedbi K., ben hamouda M., Kammassi M., Neit el Arbi S., Ali Hannachi M., Guesmi L., Mannai C. et Hajji S. 2004.** Etude comparative de l'humidité des horizons du sol entre le semis direct et le semi conventionnel. Actes des deuxiemes rencontres méditerranéennes sur le semis direct.
- Nuutinen V. 1992.** Earthworm community responses to tillage and residue management on different soil types in southern Finland. *Soil Tillage Res.* 23, 221–239. (doi:10. 1016/0167-1987(92)90102-H).
- Oades J.M. 1993.** The role of biology in the formation, stabilization and degradation of soil structure. *Geoderma*, **56**, 377-400.
- Oades J.M., 1984.** Soil organic matter and structural stability mechanisms and implications for management. *Plant & Soil*, 76: 319-337.
- Oorts K. 2006.** Effect of tillage system on soil organic matter stocks and C and N fluxes in cereal cropping systems on a silt loam soil in Northern France, PhD thesis, Institut National Agronomique Paris-Grignon, Paris.
- Pekrun C., Kaul H.P. et Claupein W. 2003.** Soil tillage for sustainable nutrientmanagement. In El Titi, A. (ed.), *Soil tillage in agroecosystems*, CRC Press, New-York (USA), pp. 83-113.
- Pierce F.J., Fortin M.C. et Staton M.J. 1994.** Periodic plowing effects on soil properties in a no-till farming system. *Soil Science Society of America Journal*, **58**, 1782-1787.
- Pimentel, D., Harvey, C., Resosudarmo, P., Sinclair, K., Kurz, D., McNair, M., Crist, S., Shpritz, L., Fitton, L., Saffouri, R. et Blair, R. 1995.** Environmental and economic costs of soil erosion and conservation benefits. *Science*. 267: 1117-1123.

## REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE

- Power J.F. et Peterson G.A. 1998.** Nitrogen transformations, utilization, and conservation as affected by fallow tillage method. *Soil & Tillage Research*, **49**, 37-47.
- présentation, interprétation. INRA. Paris, 172 p.
- Randall G.W. et Iragavarapu T.K., 1995.** Impact of long term tillage systems for continuous corn on nitrate leaching to tile drainage. *Environ.Qual.*, **24**, 360-366.
- Rasmussen K.J. 1999.** Impact of ploughless soil tillage on yield and soil quality: a Scandinavian review. *Soil & Tillage Research* 53:3-14.
- Rhoades J.D., 1982.** Reclamation and management of salt-affected soils after drainage. Proc. First Annual Western Provincial Conf. Rationalization of Water and Soil Res., and Management. Lethbridge, Alberta, Canada, Nov. 29 - Dec. 2, p.123-178.
- Rieu M. et Cheverry C., 1976.** Mise au point bibliographique sur quelques recherches récentes en matière de sols salés. Cah. ORSTOM, sér. Pédol., XIV, 1 : 39-61.
- Rieu M., 1981.** Sodium absorption ration et estimation du pouvoir alcalinisant des eaux. ORSTOM. Montpellier. Vol. 13. N° 2. pp. 123-128,
- Robert M., Dale D., 1991.** Sampling and interpretation of landscape irrigation water. Université of Nevada. U.S.A.
- Roger-Estrade J., Richard G., Boizard H., Boiffin J., Caneill J., H.Roger-Estrade J., Richard G., Caneill J., Boizard H., Coquet Y., Defossez P., et Manichon H. 2004.** Morphological characterisation of soil structure in tilled fields: from a diagnosis method to the modelling of structural changes over time. *Soil & Tillage Research* 79:33-49.
- Roger-Estrade J., Richard G., Caneill, J., Boizard H., Coquet Y., Defossez P. et Manichon H. 2000.** Morphological characterisation of soil structure in tilled fields: from a diagnosis method to the modelling of structural changes over time. *Soil & Tillage Research*, **79**, 33-49.
- Roose E. 1991.** Conservation des sols en zone méditerranéenne ; synthèse et proposition d'une nouvelle stratégie de lutte antiérosive : la GCES. Cah. ORSTOM, ser. Pédol. 26 (2) : 145-181.
- Roose E., 1994.** Introduction à la GCES. Bulletin pédologique FAO 70, 420 P.
- Roose E., Arabi M., Brahamia K., Chebbani R., Mazour M. et Morsli B., 1993.** Erosion en nappe et ruissellement en montagne méditerranéenne algérienne. Réduction des risques érosifs et intensification sur la production agricole par la GCES: synthèse des campagnes 1984-1995 sur un réseau de 50 parcelles d'érosion. Cahier ORSTOM, série pédologie, 28(2) : 289-308.
- Saber N. et Mrabet R. 2002.** Impact of no-tillage and trop sequence on selected soil quality attributes of a vertic calcixeroll soil in Morocco. *Agronomie* 22:451-459.
- Sasal M.C., Andriulo A.E. et Taboada M.A. 2006.** Soil porosity characteristics and water movement under zero tillage in silty soils in Argentinian Pampas. *Soil & Tillage Research*, **87**, 9-18.
- Sauvé, L. (2007).** Regard sur l'agriculture productiviste à la lumière de l'étude de cas de la production porcine industrielle : p2.

## REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE

**Scheiner J.D. 2005.** Spéciation du carbone, de l'azote et du phosphore de différents boues de stations d'épuration au cours de leurs incubations contrôlées dans deux types de sol, Thèse de doctorat, 20-24p.

**Sharpley A. N. et Smith S.J. 1994.** Wheat tillage and water quality in the Southern Plains. *Soil & Tillage Research*, **30**, 33-48.

**Six J., Feller C., Denef K., Ogle S.M., Sa J.C.M. et Albrecht A. 2002.** Soil organic matter, biota and aggregation in temperate and tropical soils: effects of no-tillage. *Agronomie*, **22**, 755-775.

**Sparks D. L., 2001.** Geoderma, 100, 303-319.

**Spieß E., Walter Richner., Agroscope FAL Reckenholzstr. 2005,** CH-8046 Zurich les cahiers de la FAL (57).

**Sposito G., 1989.** The chemistry of soils, Oxford University Press, New York.

**Stengel P., 1979.** Utilisation de l'analyse des systèmes de porosité pour la caractérisation de l'état physique du sol in situ. *Ann. Agron*, **30**: 27-49.

**Stengel P., 1990.** Caractérisation de l'état structurel du sol: objectifs et méthodes. In la structure du sol et son évolution. Ed INRA: 15-35.

**Stengel P., Douglas J.T., Guérif J., Goss M.J., Monnier G. et Cannell R.Q. 1984.** Factors influencing the variation of some properties of soils in relation to their suitability for direct drilling. *Soil & Tillage Research*, **4**, 35-53.

**Stewart P., 1969.** Quotient pluviométrique et dégradation de la biosphère Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Du Nord ; Alger, **59** :14.

**Stockfish N., Forstreuter T et Ehlers W. 1999.** Ploughing effects on soil organic matter after twenty years of conservation tillage in Lower Saxony, Germany. *Soil Tillage Res.* **52**:91-101.

**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.

**Swardji P. et Eberbach P.L. 1998.** Seasonal changes of physical properties of an Oxic Paleustalf (Red Kandosol) after 16 years of direct drilling or conventional cultivation. *Soil & Tillage Research*, **49**, 65-77.

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

**Vanasse, A. (Édit. sc.). 2012.** Les céréales à paille. Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec (CRAAQ), Québec. 148 p.

**Villeneuve, C. (2002).** Les conditions d'une agriculture durable à l'heure de la mondialisation. p.15.

**Westcot D. W., Ayers R. S., 1988.** La qualité de l'eau en agriculture. Bulletin FAO. 184p.

**Wyss E. et Glasstetter M. 1992.** Tillage treatments and earthworm distribution in a Swiss experimental corn field. *Soil Biol. Biochem.* **24**, 1635-1639.

## **REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE**

**Young I.M., Blanchart E., Chenu C., Dangerfield M., Fragoso C., Grimaldi M., Ingram J. et Monrozier L.J. 1998.** The interaction of soil biota and soil structure under global change. *Global Change Biology*, **4**, 703-712.

**Zhu Y., Fox R.H. et Toth J.D. 2003.** Tillage effects on nitrate leaching measured by Pan and Wick Lysimeters. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, **67**, 1517-1523.

**Zihlmann U., Chervet A., Müller M., Schafflützel R., Sturny W.G. et Weisskopf P., 2001.** Semis direct en grandes cultures. Effets sur la matière organique et les nutriments dans le sol. *Revue suisse Agric.* **33** (1), 21-25.

# ANNEXES

## ANNEXES

### Annexe N° 01

**Tableau N° 01: températures moyennes maximales et minimales de Mazouna**

Mois	Jan	fév	Mars	Avr	Mai	Juin	juil	Aout	Sept	Octo	Nov	Dec
<b>T (C°) Max</b>	16	16,4	18,8	21,6	24,5	29	32,5	34,2	29,2	25,98	19,4	16,75
<b>T (C°) min</b>	5,78	6,25	8,1	10,45	13,6	17,7	20,5	22,6	17,99	15,08	9,9	7,15
<b>T (C°) moy</b>	10,89	11,33	13,45	16,03	19,05	23,35	26,5	28,4	23,6	20,53	14,65	11,95

Source : Station Relizane (2012)

**Tableau N° 02: Précipitations moyenne mensuelles de Mazouna**

Mois	Jan	fév	Mars	Avr	Mai	Juin	juil	Aout	Sept	Octo	Nov	Dec
<b>Pluies (mm)</b>	51	44,3	30,2	44,1	28,1	3	0,85	2,5	28,6	40,1	90	60,05

Source : Station Relizane (2012)

**Tableau N° 03: Vitesse moyenne mensuelles des vents (m/s) de Mazouna**

Mois	Jan	fév	Mars	Avr	Mai	Juin	juil	Aout	Sept	Octo	Nov	Dec
<b>V (m/s)</b>	1,79	2,1	2,2	2,6	3	3,5	2	2,22	2,35	2,33	2,27	2,25

Source : Station Relizane (2012)

ANNEXES

Annexe N° 02

Tableau N° 1: Valeurs moyennes de pH

	Parcelle N° 1		Parcelle N° 2		Parcelle N° 3		Parcelle N° 4		Parcelle T	
	H A	H B	H A	H B	H A	H B	H A	H B	H A	H B
<b>Pfl 1</b>	7,44	7,39	7,39	7,41	7,40	7,44	7,00	7,00	7,60	7,61
<b>Pfl 2</b>	7,50	7,45	7,40	7,50	7,47	7,49	7,45	7,52	7,47	7,70
<b>Pfl 3</b>	7,47	7,38	7,40	7,42	7,59	7,64	7,42	7,49	7,50	7,65
<b>Max</b>	7,50	7,45	7,40	7,50	7,59	7,64	7,45	7,52	7,60	7,70
<b>Min</b>	7,44	7,38	7,39	7,41	7,40	7,44	7,00	7,00	7,47	7,61
<b>Moy</b>	<b>7,47</b>	<b>7,41</b>	<b>7,40</b>	<b>7,44</b>	<b>7,49</b>	<b>7,52</b>	<b>7,29</b>	<b>7,34</b>	<b>7,52</b>	<b>7,65</b>
<b>Ecartype</b>	0,030	0,038	0,006	0,049	0,096	0,104	0,252	0,292	0,068	0,045
<b>CV%</b>	<b>0,40</b>	<b>0,51</b>	<b>0,08</b>	<b>0,66</b>	<b>1,28</b>	<b>1,38</b>	<b>3,45</b>	<b>3,98</b>	<b>0,90</b>	<b>0,59</b>

Tableau N° 2: Valeurs moyennes de La conductivité électrique (CE)

	Parcelle N° 1		Parcelle N° 2		Parcelle N° 3		Parcelle N° 4		Parcelle T	
	H A	H B	H A	H B	H A	H B	H A	H B	H A	H B
<b>Pfl 1</b>	0,070	0,074	0,099	0,111	0,071	0,077	0,033	0,034	0,066	0,074
<b>Pfl 2</b>	0,062	0,086	0,114	0,104	0,080	0,092	0,073	0,083	0,081	0,079
<b>Pfl 3</b>	0,060	0,084	0,106	0,109	0,066	0,066	0,069	0,081	0,069	0,074
<b>Max</b>	0,070	0,086	0,114	0,111	0,080	0,092	0,073	0,083	0,081	0,079
<b>Min</b>	0,060	0,074	0,099	0,104	0,066	0,066	0,033	0,034	0,066	0,074
<b>Moy</b>	<b>0,064</b>	<b>0,081</b>	<b>0,106</b>	<b>0,108</b>	<b>0,072</b>	<b>0,078</b>	<b>0,058</b>	<b>0,066</b>	<b>0,072</b>	<b>0,075</b>
<b>Ecartype</b>	0,005	0,006	0,007	0,004	0,007	0,012	0,022	0,027	0,007	0,002
	0	5	7	0	2	9	0	7	9	9
<b>CV%</b>	<b>7,84</b>	<b>8,05</b>	<b>7,27</b>	<b>3,73</b>	<b>9,91</b>	<b>16,45</b>	<b>37,77</b>	<b>42,10</b>	<b>10,97</b>	<b>3,88</b>

Tableau N° 3: Valeurs moyennes de L'humidité H%

	Parcelle N° 1		Parcelle N° 2		Parcelle N° 3		Parcelle N° 4		Parcelle T	
	H A	H B	H A	H B	H A	H B	H A	H B	H A	H B
<b>Pfl 1</b>	12,53	12,62	16,14	16,27	6,27	6,64	6,44	6,73	8,07	9,46
<b>Pfl 2</b>	11,95	12,87	18,91	19,02	8,28	8,72	6,58	6,54	8,23	8,81
<b>Pfl 3</b>	12,49	12,44	14,73	14,81	4,79	4,30	6,50	6,54	8,34	8,17
<b>Max</b>	12,53	12,87	18,91	19,02	8,28	8,72	6,58	6,73	8,34	9,46
<b>Min</b>	11,95	12,44	14,73	14,81	4,79	4,30	6,44	6,54	8,07	8,17
<b>Moy</b>	<b>12,32</b>	<b>12,64</b>	<b>16,59</b>	<b>16,70</b>	<b>6,45</b>	<b>6,56</b>	<b>6,50</b>	<b>6,60</b>	<b>8,21</b>	<b>8,81</b>
<b>Ecartype</b>	0,32	0,22	2,12	2,14	1,75	2,21	0,07	0,11	0,14	0,64
<b>CV%</b>	<b>2,62</b>	<b>1,71</b>	<b>12,80</b>	<b>12,81</b>	<b>27,21</b>	<b>33,69</b>	<b>1,05</b>	<b>1,73</b>	<b>1,64</b>	<b>7,30</b>

## ANNEXES

## Annexe N° 02

Tableau N° 4: Valeurs moyennes du carbone organique (C %)

	Parcelle N° 1		Parcelle N° 2		Parcelle N° 3		Parcelle N° 4		Parcelle T	
	H A	H B	H A	H B	H A	H B	H A	H B	H A	H B
<b>Pfl 1</b>	0,39	1,05	0,15	0,77	0,81	0,89	0,50	0,56	0,15	0,35
<b>Pfl 2</b>	0,69	0,89	0,62	0,04	0,65	0,69	0,65	0,60	0,50	0,12
<b>Pfl 3</b>	0,58	1,02	0,15	0,46	0,35	0,50	0,42	0,50	0,39	0,12
<b>Max</b>	0,69	1,05	0,62	0,77	0,81	0,89	0,65	0,60	0,50	0,35
<b>Min</b>	0,39	0,89	0,15	0,04	0,35	0,50	0,42	0,50	0,15	0,12
<b>Moy</b>	<b>0,55</b>	<b>0,99</b>	<b>0,31</b>	<b>0,42</b>	<b>0,60</b>	<b>0,69</b>	<b>0,53</b>	<b>0,55</b>	<b>0,35</b>	<b>0,19</b>
<b>Ecartype</b>	0,156	0,088	0,267	0,367	0,235	0,193	0,118	0,049	0,177	0,133
<b>CV%</b>	<b>28,20</b>	<b>8,96</b>	<b>86,60</b>	<b>86,72</b>	<b>39,00</b>	<b>27,78</b>	<b>22,35</b>	<b>8,84</b>	<b>50,92</b>	<b>69,28</b>

Tableau N° 5: Valeurs moyennes de l'Azote totale (N%)

	Parcelle N° 1		Parcelle N° 2		Parcelle N° 3		Parcelle N° 4		Parcelle T	
	H A	H B	H A	H B	H A	H B	H A	H B	H A	H B
<b>Pfl 1</b>	0,033	0,091	0,013	0,066	0,070	0,076	0,043	0,048	0,013	0,030
<b>Pfl 2</b>	0,060	0,076	0,053	0,003	0,056	0,060	0,056	0,051	0,043	0,010
<b>Pfl 3</b>	0,050	0,087	0,013	0,040	0,030	0,043	0,036	0,043	0,033	0,007
<b>Max</b>	0,060	0,091	0,053	0,066	0,070	0,076	0,056	0,051	0,043	0,030
<b>Min</b>	0,033	0,076	0,013	0,003	0,030	0,043	0,036	0,043	0,013	0,007
<b>Moy</b>	<b>0,047</b>	<b>0,085</b>	<b>0,027</b>	<b>0,036</b>	<b>0,052</b>	<b>0,060</b>	<b>0,045</b>	<b>0,047</b>	<b>0,030</b>	<b>0,015</b>
<b>Ecartype</b>	0,01	0,01	0,02	0,03	0,02	0,02	0,01	0,00	0,02	0,01
<b>CV%</b>	<b>28,20</b>	<b>8,96</b>	<b>86,60</b>	<b>86,72</b>	<b>39,00</b>	<b>27,78</b>	<b>22,35</b>	<b>8,84</b>	<b>50,92</b>	<b>81,13</b>

Tableau N° 6: Valeurs moyennes de La matière organique

	Parcelle N° 1		Parcelle N° 2		Parcelle N° 3		Parcelle N° 4		Parcelle T	
	H A	H B	H A	H B	H A	H B	H A	H B	H A	H B
<b>Pfl 1</b>	0,66	1,81	0,27	1,33	1,39	1,52	0,86	0,96	0,27	0,60
<b>Pfl 2</b>	1,19	1,52	1,06	0,07	1,13	1,19	1,13	1,03	0,86	0,20
<b>Pfl 3</b>	0,99	1,75	0,27	0,80	0,60	0,86	0,73	0,86	0,66	0,13
<b>Max</b>	1,19	1,81	1,06	1,33	1,39	1,52	1,13	1,03	0,86	0,60
<b>Min</b>	0,66	1,52	0,27	0,07	0,60	0,86	0,73	0,86	0,27	0,13
<b>Moy</b>	<b>0,95</b>	<b>1,70</b>	<b>0,53</b>	<b>0,73</b>	<b>1,04</b>	<b>1,19</b>	<b>0,91</b>	<b>0,95</b>	<b>0,60</b>	<b>0,31</b>
<b>Ecartype</b>	0,27	0,15	0,46	0,63	0,40	0,33	0,20	0,08	0,30	0,25
<b>CV%</b>	<b>28,20</b>	<b>8,96</b>	<b>86,60</b>	<b>86,72</b>	<b>39,00</b>	<b>27,78</b>	<b>22,35</b>	<b>8,84</b>	<b>50,92</b>	<b>81,13</b>

ANNEXES

Annexe N° 02

Tableau N° 7: Valeurs moyennes de La calcaire total CaCO<sub>3</sub> T

	Parcelle N° 1		Parcelle N° 2		Parcelle N° 3		Parcelle N° 4		Parcelle T	
	H A	H B	H A	H B	H A	H B	H A	H B	H A	H B
<b>Pfl 1</b>	2,55	2,97	3,82	4,88	9,76	9,34	5,05	5,07	8,07	8,07
<b>Pfl 2</b>	3,18	5,09	3,40	4,25	4,88	5,09	5,45	8,07	5,31	11,46
<b>Pfl 3</b>	3,82	2,55	5,09	4,88	6,16	8,28	5,11	7,00	4,88	10,61
<b>Max</b>	3,82	5,09	5,09	4,88	9,76	9,34	5,45	8,07	8,07	11,46
<b>Min</b>	2,55	2,55	3,40	4,25	4,88	5,09	5,05	5,07	4,88	8,07
<b>Moy</b>	<b>3,18</b>	<b>3,54</b>	<b>4,10</b>	<b>4,67</b>	<b>6,93</b>	<b>7,57</b>	<b>5,21</b>	<b>6,71</b>	<b>6,08</b>	<b>10,05</b>
<b>Ecartype</b>	0,637	1,365	0,884	0,368	2,532	2,209	0,217	1,518	1,729	1,767
<b>CV%</b>	<b>20,00</b>	<b>38,57</b>	<b>21,53</b>	<b>7,87</b>	<b>36,52</b>	<b>29,18</b>	<b>4,18</b>	<b>22,61</b>	<b>28,41</b>	<b>17,59</b>

Tableau N° 8: Valeurs moyennes de La calcaire actif CaCO<sub>3</sub> A

	Parcelle N° 1		Parcelle N° 2		Parcelle N° 3		Parcelle N° 4		Parcelle T	
	H A	H B	H A	H B	H A	H B	H A	H B	H A	H B
<b>Pfl 1</b>	0,13	0,25	0,25	0,50	1,13	2,00	1,25	1,25	1,13	1,58
<b>Pfl 2</b>	0,38	0,50	0,38	0,38	0,50	0,50	1,50	1,50	0,83	1,23
<b>Pfl 3</b>	0,25	0,50	0,75	1,50	1,50	1,00	1,50	1,63	1,13	1,50
<b>Max</b>	0,38	0,50	0,75	1,50	1,50	2,00	1,50	1,63	1,13	1,58
<b>Min</b>	0,13	0,25	0,25	0,38	0,50	0,50	1,25	1,25	0,83	1,23
<b>Moy</b>	<b>0,25</b>	<b>0,42</b>	<b>0,46</b>	<b>0,79</b>	<b>1,04</b>	<b>1,17</b>	<b>1,42</b>	<b>1,46</b>	<b>1,03</b>	<b>1,43</b>
<b>Ecartype</b>	0,125	0,144	0,260	0,617	0,505	0,764	0,144	0,191	0,173	0,184
<b>CV%</b>	<b>50,00</b>	<b>34,64</b>	<b>56,77</b>	<b>77,89</b>	<b>48,50</b>	<b>65,47</b>	<b>10,19</b>	<b>13,09</b>	<b>16,90</b>	<b>12,86</b>

Tableau N° 9: Valeurs moyennes de La densité apparente (Da)

	Parcelle N° 1		Parcelle N° 2		Parcelle N° 3		Parcelle N° 4		Parcelle T	
	H A	H B	H A	H B	H A	H B	H A	H B	H A	H B
<b>prf 1</b>	1,20	1,35	1,26	1,60	1,48	1,71	1,43	1,44	1,59	1,62
<b>prf 2</b>	1,32	1,60	1,50	1,50	1,39	1,42	1,30	1,38	1,60	1,74
<b>Max</b>	1,32	1,60	1,50	1,60	1,48	1,71	1,43	1,44	1,60	1,74
<b>Min</b>	1,20	1,35	1,26	1,50	1,39	1,42	1,30	1,38	1,59	1,62
<b>Moy</b>	<b>1,26</b>	<b>1,48</b>	<b>1,38</b>	<b>1,55</b>	<b>1,44</b>	<b>1,57</b>	<b>1,37</b>	<b>1,41</b>	<b>1,60</b>	<b>1,68</b>
<b>Ecartype</b>	0,086	0,173	0,168	0,075	0,063	0,210	0,092	0,044	0,012	0,087
<b>CV%</b>	<b>6,82</b>	<b>11,74</b>	<b>12,18</b>	<b>4,85</b>	<b>4,38</b>	<b>13,43</b>	<b>6,72</b>	<b>3,12</b>	<b>0,77</b>	<b>5,17</b>

ANNEXES

Annexe N° 02

Tableau N° 10: Valeurs moyennes de La densité réelle (Dr)

	Parcelle N° 1		Parcelle N° 2		Parcelle N° 3		Parcelle N° 4		Parcelle T	
	H A	H B	H A	H B	H A	H B	H A	H B	H A	H B
<b>prf 1</b>	2,40	2,56	2,57	2,58	2,45	2,54	2,54	2,56	2,53	2,57
<b>prf 2</b>	2,57	2,49	2,45	2,45	2,62	2,64	2,58	2,60	2,55	2,58
<b>Max</b>	2,57	2,56	2,57	2,58	2,62	2,64	2,58	2,60	2,55	2,58
<b>Min</b>	2,40	2,49	2,45	2,45	2,45	2,54	2,54	2,56	2,53	2,57
<b>Moy</b>	<b>2,48</b>	<b>2,53</b>	<b>2,51</b>	<b>2,52</b>	<b>2,54</b>	<b>2,59</b>	<b>2,56</b>	<b>2,58</b>	<b>2,54</b>	<b>2,57</b>
<b>Ecartype</b>	0,121	0,049	0,082	0,091	0,121	0,067	0,024	0,028	0,012	0,005
<b>CV%</b>	<b>4,85</b>	<b>1,95</b>	<b>3,29</b>	<b>3,62</b>	<b>4,78</b>	<b>2,59</b>	<b>0,94</b>	<b>1,07</b>	<b>0,46</b>	<b>0,21</b>

Tableau N° 11: Valeurs moyennes de La porosité

	Parcelle N° 1		Parcelle N° 2		Parcelle N° 3		Parcelle N° 4		Parcelle T	
	H A	H B	H A	H B	H A	H B	H A	H B	H A	H B
<b>prf 1</b>	49,86	47,22	50,89	37,81	39,53	32,59	43,77	43,77	37,38	37,06
<b>prf 2</b>	48,44	35,93	38,86	38,88	46,88	46,29	49,54	47,00	37,10	32,48
<b>Max</b>	49,86	47,22	50,89	38,88	46,88	46,29	49,54	47,00	37,38	37,06
<b>Min</b>	48,44	35,93	38,86	37,81	39,53	32,59	43,77	43,77	37,10	32,48
<b>Moy</b>	<b>49,15</b>	<b>41,58</b>	<b>44,88</b>	<b>38,35</b>	<b>43,21</b>	<b>39,44</b>	<b>46,65</b>	<b>45,39</b>	<b>37,24</b>	<b>34,77</b>
<b>Ecartype</b>	1,000	7,986	8,507	0,756	5,195	9,685	4,082	2,285	0,194	3,239
<b>CV%</b>	<b>2,04</b>	<b>19,21</b>	<b>18,96</b>	<b>1,97</b>	<b>12,03</b>	<b>24,56</b>	<b>8,75</b>	<b>5,04</b>	<b>0,52</b>	<b>9,31</b>

Tableau N° 12: Valeurs moyennes de HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>

	Parcelle N° 1		Parcelle N° 2		Parcelle N° 3		Parcelle N° 4		Parcelle T	
	H A	H B	H A	H B	H A	H B	H A	H B	H A	H B
<b>Pfl 1</b>	1,2	1,2	1,3	1,2	1,1	1,1	0,8	0,9	0,9	1
<b>Pfl 2</b>	0,9	0,9	1,2	1,2	1	1,2	1,1	1	1	1,2
<b>Pfl 3</b>	1	0,8	1,5	1,3	1,3	1	1,1	1	1	1,1
<b>Max</b>	1,2	1,2	1,5	1,3	1,3	1,2	1,1	1	1	1,2
<b>Min</b>	0,9	0,8	1,2	1,2	1	1	0,8	0,9	0,9	1
<b>Moy</b>	<b>1,03</b>	<b>0,97</b>	<b>1,33</b>	<b>1,23</b>	<b>1,13</b>	<b>1,10</b>	<b>1,00</b>	<b>0,97</b>	<b>0,97</b>	<b>1,10</b>
<b>Ecartype</b>	0,153	0,208	0,153	0,058	0,153	0,100	0,173	0,058	0,058	0,100
<b>CV%</b>	<b>14,78</b>	<b>21,53</b>	<b>11,46</b>	<b>4,68</b>	<b>13,48</b>	<b>9,09</b>	<b>17,32</b>	<b>5,97</b>	<b>5,97</b>	<b>9,09</b>

ANNEXES

Annexe N° 02

Tableau N° 13: Valeurs moyennes de Cl<sup>-</sup>

	Parcelle N° 1		Parcelle N° 2		Parcelle N° 3		Parcelle N° 4		Parcelle T	
	H A	H B	H A	H B	H A	H B	H A	H B	H A	H B
<b>Pfl 1</b>	0,8	0,8	1,1	1	0,6	0,6	1,1	0,8	0,7	0,7
<b>Pfl 2</b>	0,9	0,9	1,2	0,8	0,7	0,7	0,6	0,6	0,6	0,6
<b>Pfl 3</b>	0,8	0,6	0,8	1	0,7	0,6	0,6	0,7	0,6	0,7
<b>Max</b>	0,9	0,9	1,2	1	0,7	0,7	1,1	0,8	0,7	0,7
<b>Min</b>	0,8	0,6	0,8	0,8	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
<b>Moy</b>	<b>0,83</b>	<b>0,77</b>	<b>1,03</b>	<b>0,93</b>	<b>0,67</b>	<b>0,63</b>	<b>0,77</b>	<b>0,70</b>	<b>0,63</b>	<b>0,67</b>
<b>Ecartype</b>	0,058	0,153	0,208	0,115	0,058	0,058	0,289	0,100	0,058	0,058
<b>CV%</b>	<b>6,93</b>	<b>19,92</b>	<b>20,15</b>	<b>12,37</b>	<b>8,66</b>	<b>9,12</b>	<b>37,65</b>	<b>14,29</b>	<b>9,12</b>	<b>8,66</b>

Tableau N° 14: Valeurs moyennes de So<sub>4</sub><sup>2-</sup>

	Parcelle N° 1		Parcelle N° 2		Parcelle N° 3		Parcelle N° 4		Parcelle T	
	H A	H B	H A	H B	H A	H B	H A	H B	H A	H B
<b>Pfl 1</b>	0,171	0,086	0,771	0,086	0,642	0,742	0,511	0,370	0,755	0,171
<b>Pfl 2</b>	0,599	0,342	1,054	0,770	0,654	0,540	0,427	0,455	0,557	0,712
<b>Pfl 3</b>	0,342	0,428	0,798	0,770	0,598	0,514	0,884	0,883	0,442	0,599
<b>Max</b>	0,599	0,428	1,054	0,770	0,654	0,742	0,884	0,883	0,755	0,712
<b>Min</b>	0,171	0,086	0,771	0,086	0,598	0,514	0,427	0,370	0,442	0,171
<b>Moy</b>	<b>0,37</b>	<b>0,29</b>	<b>0,87</b>	<b>0,54</b>	<b>0,63</b>	<b>0,60</b>	<b>0,61</b>	<b>0,57</b>	<b>0,58</b>	<b>0,49</b>
<b>Ecartype</b>	0,215	0,178	0,156	0,395	0,029	0,125	0,243	0,275	0,158	0,285
<b>CV%</b>	<b>58,08</b>	<b>62,45</b>	<b>17,89</b>	<b>72,93</b>	<b>4,65</b>	<b>20,84</b>	<b>40,03</b>	<b>48,33</b>	<b>27,06</b>	<b>57,74</b>

Tableau N° 15: Valeurs moyennes de La capacités d'échange cationique CEC

	Parcelle N° 1		Parcelle N° 2		Parcelle N° 3		Parcelle N° 4		Parcelle T	
	H A	H B	H A	H B	H A	H B	H A	H B	H A	H B
<b>Pfl 1</b>	6,25	6,75	12,25	9,25	11,25	11,25	7,25	5,25	8,75	6,75
<b>Pfl 2</b>	7,25	6,75	11,75	9,75	9,00	6,75	8,75	8,75	8,75	8,25
<b>Max</b>	7,25	6,75	12,25	9,75	11,25	11,25	8,75	8,75	8,75	8,25
<b>Min</b>	6,25	6,75	11,75	9,25	9,00	6,75	7,25	5,25	8,75	6,75
<b>Moy</b>	<b>6,75</b>	<b>6,75</b>	<b>12,00</b>	<b>9,50</b>	<b>10,13</b>	<b>9,00</b>	<b>8,00</b>	<b>7,00</b>	<b>8,75</b>	<b>7,50</b>
<b>Ecartype</b>	0,707	0,000	0,354	0,354	1,591	3,182	1,061	2,475	0,000	1,061
<b>CV%</b>	<b>10,48</b>	<b>0,00</b>	<b>2,95</b>	<b>3,72</b>	<b>15,71</b>	<b>35,36</b>	<b>13,26</b>	<b>35,36</b>	<b>0,00</b>	<b>14,14</b>

## ANNEXES

## Annexe N° 02

Tableau N° 16: Valeurs moyennes de Ca

	Parcelle N° 1		Parcelle N° 2		Parcelle N° 3		Parcelle N° 4		Parcelle T	
	H A	H B	H A	H B	H A	H B	H A	H B	H A	H B
<b>Pfl 1</b>	4,83	4,45	5,46	5,54	5,90	5,81	4,29	4,34	5,03	5,74
<b>Pfl 2</b>	4,81	4,92	5,61	5,96	5,63	5,77	6,09	5,96	5,68	5,93
<b>Max</b>	4,83	4,92	5,61	5,96	5,90	5,81	6,09	5,96	5,68	5,93
<b>Min</b>	4,81	4,45	5,46	5,54	5,63	5,77	4,29	4,34	5,03	5,74
<b>Moy</b>	<b>4,82</b>	<b>4,68</b>	<b>5,53</b>	<b>5,75</b>	<b>5,76</b>	<b>5,79</b>	<b>5,19</b>	<b>5,15</b>	<b>5,35</b>	<b>5,84</b>
<b>Ecartype</b>	0,014	0,331	0,103	0,295	0,193	0,022	1,270	1,140	0,464	0,130
<b>CV%</b>	<b>0,30</b>	<b>7,07</b>	<b>1,86</b>	<b>5,14</b>	<b>3,34</b>	<b>0,37</b>	<b>24,48</b>	<b>22,14</b>	<b>8,67</b>	<b>2,23</b>

Tableau N° 17: Valeurs moyennes de Mg

	Parcelle N° 1		Parcelle N° 2		Parcelle N° 3		Parcelle N° 4		Parcelle T	
	H A	H B	H A	H B	H A	H B	H A	H B	H A	H B
<b>Pfl 1</b>	1,64	1,46	2,24	4,09	2,42	1,22	0,97	2,66	1,68	1,51
<b>Pfl 2</b>	2,04	2,30	2,25	3,40	2,01	4,06	2,32	1,99	2,02	1,14
<b>Max</b>	2,04	2,30	2,25	4,09	2,42	4,06	2,32	2,66	2,02	1,51
<b>Min</b>	1,64	1,46	2,24	3,40	2,01	1,22	0,97	1,99	1,68	1,14
<b>Moy</b>	<b>1,84</b>	<b>1,88</b>	<b>2,25</b>	<b>3,74</b>	<b>2,21</b>	<b>2,64</b>	<b>1,65</b>	<b>2,32</b>	<b>1,85</b>	<b>1,33</b>
<b>Ecartype</b>	0,280	0,592	0,012	0,494	0,287	2,008	0,955	0,476	0,240	0,263
<b>CV%</b>	<b>15,24</b>	<b>31,44</b>	<b>0,53</b>	<b>13,20</b>	<b>12,95</b>	<b>76,03</b>	<b>58,03</b>	<b>20,47</b>	<b>12,96</b>	<b>19,79</b>

Tableau N° 18: Valeurs moyennes de Na

	Parcelle N° 1		Parcelle N° 2		Parcelle N° 3		Parcelle N° 4		Parcelle T	
	H A	H B	H A	H B	H A	H B	H A	H B	H A	H B
<b>Pfl 1</b>	0,93	1,32	1,34	1,20	0,90	1,04	0,94	1,15	1,13	1,11
<b>Pfl 2</b>	0,93	1,00	1,22	1,35	1,13	1,16	0,98	0,87	0,87	0,88
<b>Max</b>	0,93	1,32	1,34	1,35	1,13	1,16	0,98	1,15	1,13	1,11
<b>Min</b>	0,93	1,00	1,22	1,20	0,90	1,04	0,94	0,87	0,87	0,88
<b>Moy</b>	<b>0,93</b>	<b>1,16</b>	<b>1,28</b>	<b>1,28</b>	<b>1,02</b>	<b>1,10</b>	<b>0,96</b>	<b>1,01</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>
<b>Ecartype</b>	0,000	0,231	0,083	0,106	0,157	0,083	0,028	0,198	0,184	0,166
<b>CV%</b>	<b>0,00</b>	<b>19,90</b>	<b>6,47</b>	<b>8,29</b>	<b>15,44</b>	<b>7,54</b>	<b>2,89</b>	<b>19,72</b>	<b>18,52</b>	<b>16,71</b>

Tableau N° 19: Valeurs moyennes de K

	Parcelle N° 1		Parcelle N° 2		Parcelle N° 3		Parcelle N° 4		Parcelle T	
	H A	H B	H A	H B	H A	H B	H A	H B	H A	H B
<b>Pfl 1</b>	0,59	0,77	1,08	0,98	0,84	0,99	0,51	0,55	0,59	0,67
<b>Pfl 2</b>	0,60	0,86	1,06	1,19	1,09	1,02	1,13	0,60	0,53	0,48
<b>Max</b>	0,60	0,86	1,08	1,19	1,09	1,02	1,13	0,60	0,59	0,67
<b>Min</b>	0,59	0,77	1,06	0,98	0,84	0,99	0,51	0,55	0,53	0,48
<b>Moy</b>	<b>0,59</b>	<b>0,82</b>	<b>1,07</b>	<b>1,08</b>	<b>0,96</b>	<b>1,00</b>	<b>0,82</b>	<b>0,57</b>	<b>0,56</b>	<b>0,57</b>
<b>Ecartype</b>	0,006	0,063	0,018	0,148	0,173	0,022	0,437	0,035	0,044	0,131
<b>CV%</b>	<b>1,00</b>	<b>7,74</b>	<b>1,68</b>	<b>13,67</b>	<b>17,95</b>	<b>2,17</b>	<b>53,55</b>	<b>6,08</b>	<b>7,79</b>	<b>22,79</b>

ANNEXES

Annexe N° 03

**Tableau N° 1: Groupes homogènes de ph du sol**

PRCL	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
T	7,588	A	
3	7,505	A	B
1	7,438	A	B
2	7,42	A	B
4	7,313		B

**Tableau N° 2: Groupes homogènes de la CE du sol**

PRCL	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
2	0,107	A	
3	0,075		B
T	0,074		B
1	0,073		B
4	0,062		B

**Tableau N° 3: Groupes homogènes de l'humidité du sol**

PRCL	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES			
2	16,648	A			
1	12,482		B		
T	8,514			C	
4	6,553				D
3	6,502				D

**Tableau N° 4: Groupes homogènes de Carbone organique du sol**

PRCL	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES		
1	0,769	A		
3	0,648	A	B	
4	0,539	A	B	C
2	0,366		B	C
T	0,27			C

**Tableau N° 5: Groupes homogènes de l'Azote Totale du sol**

PRCL	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES		
1	0,066	A		
3	0,056	A	B	
4	0,046	A	B	C
2	0,031		B	C
T	0,023			C

ANNEXES

Annexe N° 03

Tableau N° 6: Groupes homogènes de la matière organique du sol

PRCL	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES		
1	1,322	A		
3	1,115	A	B	
4	0,928	A	B	C
2	0,629		B	C
T	0,453			C

Tableau N° 7: Groupes homogènes de Calcaire Totale du sol

A

PRCL	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES		
T	8,066	A		
3	7,252	A		
4	5,96	A	B	
2	4,387		B	C
1	3,361			C

B

HRZ	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES		
2	6,508	A		
1	5,102		B	

Tableau N° 8: Groupes homogènes de Calcaire Actif du sol

PRCL	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES		
4	1,437	A		
T	1,229	A		
3	1,104	A		
2	0,625		B	
1	0,333		B	

Tableau N° 9: Groupes homogènes de la densité apparente du sol

HRZ	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES		
2	1,536	A		
1	1,409		B	

Tableau N° 10: Groupes homogènes de HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> du sol

PRCL	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES		
2	1,283	A		
3	1,117		B	
T	1,033		B	
1	1		B	
4	0,983		B	

ANNEXES

Annexe N° 03

**Tableau N° 11: Groupes homogènes de CL<sup>-</sup> du sol**

PRCL	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
2	0,983	A	
1	0,8		B
4	0,733		B
3	0,65		B
T	0,65		B

**Tableau N° 12: Groupes homogènes de la CEC du sol**

PRCL	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
2	10,75	A	
3	9,562	A	B
T	8,125	A	B
4	7,5		B
1	6,75		B

**Tableau N° 13: Groupes homogènes de K du sol**

PRCL	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES		
2	1,077	A		
3	0,982	A	B	
1	0,704		B	C
4	0,694		B	C
T	0,566			C

## Résumé :

L'objectif de ce travail est l'effet d'usage du sol sur la propriété physico-chimique des sols. L'étude a été conduite en plein champ dans une exploitation agricole privée dans la région de Relizane (Mazouna), qui utilise un système conventionnel pour travailler des sols. L'étude a porté sur 4 parcelles cultivées et une autre non cultivée (témoin). Trois profils pour ont été étudiés pour chaque parcelle et pour chaque profil, on a prélevé deux échantillons de sol avec une profondeur variante de 0-15 cm et de 15-30 cm.

L'interprétation des résultats des analyses du sol obtenus a permis de mettre en évidence l'effet usage des sols sur les paramètres physico-chimiques du sol. Les parcelles cultivées sous travaux conventionnels ont présenté des différences surtout entre l'horizon superficiel et l'horizon inférieur

L'analyse physico-chimique des échantillons d'eau d'irrigation a permis de comparer leur teneurs en éléments chimiques et ces propriétés physiques aux normes internationales ; les résultats révèlent que l'eau utilisée est de bonne qualité et ne présente aucun risque sur les propriétés du sol.

**Mots clés :** Sol, usage, labour, système, physico-chimie, eau.

## ملخص:

الهدف من هذه الدراسة هو تقييم تأثير استعمال التربة على الخصائص الكيميائية الفيزيائية للتربة، التجربة جرت في حقل مستثمرة فلاحية خاصة متواجدة على مستوى ولاية غليزان (مازونة). المستعمل فيها نظام الحرث التقليدي بحيث اخذنا العينات من اربع قطع ارضية محروثة و مزروعة و الخامسة ارض بور كشاهد في كل قطعة عينا ثلاث مواضع في كل موضع حملنا عينتين من التربة حسب العمق (0-15سم)(15-30سم).

التحليل الفيزيائية الكيميائية لعينات التربة سمحت بمقارنة محتواها من العناصر الكيميائية و خصائصها الفيزيائية. تفسير نتائج تحاليل التربة المتحصل عليها تسمح لنا بتبيين تأثير نظام الحرث التقليدي و الدورة الزراعية على الخواص الفيزيائية الكيميائية للتربة على مستوى العمق، كما بينت لنا ارتفاع بعض التحاليل في الطبقة العلوية على حلاف الطبقة السفلية و العكس في البعض.

مع المقاييس العالمية لمياه السقي، النتائج المحصل عليها تبين أن المياه الجوفية المستعملة في السقي ذات نوعية جيدة و لا تشكل أي تأثير على خصائص التربة.

**الكلمات المفتاحية:** تربة، استعمال، حرث، فيزيائية-كيميائية، ماء