

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 Sidi Ali (Mostaganem).

Présenté par : Mlle FERHAT Malika

Soutenu devant le jury :

Président	Mr. BENKHELIFA Mohamed	Pr	Université de Mostaganem
Encadreur	Mr. HADDAD Ahmed	MCA	Université de Mostaganem
Examineur	Mr. LARID Mohamed	Pr	Université de Mostaganem

Promotion: 2015-2016

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à mes très chers parents qui m'ont fourni au quotidien un soutien et une confiance sans faille et de ce fait, je ne saurais exprimer ma gratitude seulement par des mots.

Je dédie ce modeste travail à :

Mes chers frères : Miloud, Mostafa, Mounir.

Mes chères sœurs. Mansoria, Ismahan, Fadila, Noura.

Ma grande mère et mon grand-père.

A ma sœur Fatima et son époux Rachid

Mes cousines. Samira, Warda.

Mes très chers amis: Zahra , Aicha, Hassiba, Naima, Nafissaetc.

A toute la famille« Ferhat »

*A tous les étudiants de ma promotion, surtout ceux du master II
Option : Gestion Durable de l'environnement.*

*Enfin, que toute personne m'ayant aidé de près ou de loin,
trouve ici l'expression de ma reconnaissance.*

Remerciements

*Au nom de Dieu le Miséricordieux et le Compatissant
Louange à Allah, l'unique qui, de par sa grâce, m'a permis de suivre
mon cursus universitaire et de présenter, ce travail aujourd'hui.*

Je voudrais tout d'abord, remercier :

*Mr. HADDAD Ahmed Pour son soutien moral, ses orientations et
conseils, dans mon projet et surtout d'avoir bien voulu m'encadrer.*

Je dois remercier particulièrement :

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

Mme. 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 L,
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 produit chimique et Mr. BELKHELFA Mohamed responsable
de laboratoire de chimie.*

*Je remercie aussi Melle NAFISSA, l'Analyste chimique du
laboratoire station de traitement de sidi adjel*

*Mr. DJEBLI Amar, 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

Figure 01: Les matières organiques sont un ensemble complexe de différents constituants organiques, en perpétuel renouvellement par incorporation et biodégradation	3
Figure 02: Illustration des différences d'échelle entre porosité texturale et porosité structurale	6
Figure 03: Effets directs et indirects des actions mécaniques liées au travail du sol sur les états des sols cultivés	12
Figure 04: Carte de la situation géographique de la zone d'étude...	25
Figure 05: Image satellitaire de la zone d'étude (Source : Digital Globe, 2016)	26
Figure 06: Diagramme des températures moyennes maximales et minimales	28
Figure 07: Précipitations moyenne mensuelles (mm)	29
Figure 08: Humidité relative moyenne mensuelles (%)	29
Figure 09: Vitesse moyenne mensuelles de vents (m/s)	30
Figure 10: Diagramme ombrothermique de Begnoul's Gaussen	31
Figure 11: climagramme d'EMBERGER	32
Figure 12: Schéma de protocoles expérimentaux	34
Figure 13: Carte de localisation des Parcelles (Source Google Earth, 2016)	35
Figure 14 : Représentation graphique du résultat moyen du pH	47
Figure 15 : Représentation graphique du résultat moyenne de la CE	49
Figure 16 : Représentation graphique du résultat moyen du H%	50
Figure 17 : Représentation graphique du résultat moyen du carbone organique	51
Figure 18 : Représentation graphique du résultat moyenne de l'azote total	52
Figure 19 : Représentation graphique du résultat moyen du la matière organique	54
Figure 20 : Représentation graphique du résultat moyen du la calcaire totale et actif	55
Figure 21 : Représentation graphique du résultat moyen du la densité apparente et réelle	57
Figure 22 : Représentation graphique du résultat moyen du la porosité	59
Figure 23 : Représentation graphique du résultat moyen du la concentration des anions	60
Figure 24 : Représentation graphique du résultat moyen du La capacité d'échange cationique	62
Figure 25 : Représentation graphique du résultat moyen du les cations échangeables	63

LISTE DES TABLEAUX

Tableau N° 01: Classification des eaux et leur utilisation en fonction de la CE	23
Tableau N° 02: Identification de la zone expérimentale	35
Tableau N° 03: Résultats des analyses granulométrique du sol	46
Tableau N° 04: Analyse de variance de ph du sol	48
Tableau N° 05: Analyse de variance de CE du sol	49
Tableau N° 06: Analyse de variance de l'humidité du sol	51
Tableau N° 07: Analyse de variance de Carbone organique	52
Tableau N° 08: Analyse de variance d'azote totale	53
Tableau N° 09: Analyse de variance de Matière organique du sol	54
Tableau N° 10: Analyse de variance de Calcaire Totale du sol	56
Tableau N° 11: Analyse de variance de Calcaire Actif du sol	56
Tableau N° 12: Analyse de variance densité apparente du sol	58
Tableau N° 13: Analyse de variance densité réelle du sol	58
Tableau N° 14: Analyse de variance porosité du sol	59
Tableau N° 15: Analyse de variance HCO_3^- du sol	61
Tableau N° 16: Analyse de variance Cl^- du sol	61
Tableau N° 17: Analyse de variance SO_4^{2-} du sol	61
Tableau N° 18: Analyse de variance CEC du sol	63
Tableau N° 19: Analyse de variance Ca du sol	64
Tableau N° 20: Analyse de variance Mg du sol	65
Tableau N° 21: Analyse de variance Na du sol	65
Tableau N° 22: Analyse de variance K du sol	66
Tableau N° 23 : Résultats des analyses physico-chimiques de l'eau d'irrigation.	66

LISTE DES ABREVIATIONS

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 BIBLIOGRAPHIQUE

1 : SOL ET MATIERE ORGANIQUE

1.1. Le sol..... 2

1.1.1. Les trois fractions du sol..... 2

1.2. Les matières organiques du sol (MOS)..... 3

1.2.1. Les compartiments fonctionnels..... 4

1.2.2. Les complexes argilo-humiques..... 5

1.3. Rôle de la matière organique dans le sol 6

1.3.1. Relations structuration / porosité..... 6

a. Structure du sol / porosité..... 6

b. Conséquences d'un apport de matière organique sur la structuration du sol..... 7

1.3.2. Évolution de la structure du sol..... 8

a. Notion de stabilité structurale..... 8

b. Relations entre stabilité structurale et quantités de matière organique apportée. 8

2 : TRAVAIL DES SOLS

2.1. Caractérisation de l'agriculture conventionnelle..... 9

2.2. Principe d'agriculture conventionnelle..... 9

2.3. Les avantages de l'agriculture moderne..... 9

2.3.1. L'accroissement des rendements..... 9

2.3.2. Les avantages du labour..... 10

2.3.3. Les inconvénients du labour..... 10

2.4. La dégradation du sol..... 11

2.5. La dégradation biologique..... 11

2.6. Importance du travail du sol..... 11

2.7. Causes et conséquences de dégradation des sols agricoles..... 12

2.8. Effets du labour et des techniques de conservation sur les propriétés du sol..... 13

2.8.1. Effets du labour et des techniques de conservation sur les propriétés physiques du sol et la circulation de l'eau..... 13

a. Structure du sol..... 13

b. La densité apparente du sol..... 15

c. LA Porosité et circulation de l'eau..... 16

d. La conservation de l'eau.....	16
2.8.2. Effets du travail du sol conventionnel et des techniques de conservation sur propriétés chimiques.....	17
a. Teneurs et stocks en C et N totaux.....	17
b. Azote minéral.....	18
c. Autres éléments minéraux.....	19
2.8.3. Effets du travail du sol conventionnel et des techniques de conservation sur propriétés biologique.....	19
a. La matière organique du sol.....	19
b. Les vers de terre.....	20

3 : LES EAUX D'IRRIGATION

3.1. Irrigation et propriétés du sol.....	21
3.1.1. Irrigation et propriétés physiques.....	21
3.1.2. Irrigation et propriétés chimiques.....	21
3.2. Comportement des solutés dans l'eau du sol.....	21
3.3. La qualité d'eau d'irrigation.....	22
3.3.1. La salinité.....	23
3.3.2. La perméabilité d'un sol.....	24
3.3.3. La toxicité ionique spécifique.....	24

PARTIE EXPERIMENTALE

1: PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

1.1. Situation géographique.....	25
1.2. Lieu de l'expérimentation.....	25
1.3. Découpage du territoire de la wilaya.....	26
1.4. Pédologie.....	27
1.5. Aspect climatique.....	28
1.5.1. Les températures.....	28
1.5.2. Les précipitations.....	29
1.5.3. L'humidité relative.....	29
1.5.4. Les vents.....	30
1.6. Les indices climatiques.....	31
1.6.1. Diagramme ombrothermique de BEGNOULS GAUSSEN.....	31
1.6.2. Le quotient pluviométrique.....	31

2 : METHODOLOGIE DE TRAVAIL

2.1. Objectifs du travail.....	33
2.2. Echantillonnage.....	33
2.2.1. Techniques d'échantillonnage des eaux d'irrigation.....	33
2.2.2. Techniques d'échantillonnage du sol.....	33
2.3. Identification des parcelles.....	35
2.4. Analyses physico-chimiques du sol.....	38
2.4.1. Humidité résiduelle du sol.....	38
2.4.2. Le pH.....	38
2.4.3. La conductivité électrique.....	39
2.4.4. Analyse granulométrique.....	39
2.4.5. La densité apparente.....	39
2.4.6. La densité réelle.....	39
2.4.7. Calcaire total (CaCO_3).....	40
2.4.8. Le calcaire actif.....	40
2.4.9. Matières organique (Carbone total et azote total).....	40
2.4.10. Les chlorures (Cl^-).....	41
2.4.11. Les sulfates (SO_4^{2-}).....	41
2.4.12. Carbonates et bicarbonates (CO_3^{-2} , HCO_3^-).....	41
2.4.13. La capacité d'échange cationique (CEC).....	42
2.4.14. La notion des cations échangeable.....	42
2.5. Analyses physico-chimiques de l'eau d'irrigation.....	43
2.5.1. Le pH.....	43
2.5.2. La conductivité électrique (CE).....	43
2.5.3. La turbidité.....	43
2.5.4. Les chlorures (Cl^-).....	43
2.5.5. Les sulfate.....	43
2.5.6. Ammonium (NH_4^+).....	44
2.5.7. Les nitrates (NO_3^-).....	44
2.5.8 Détermination de l'alcalinité de l'eau (TA et TAC).....	44
2.5.9 Dureté totale (TH).....	44
2.5.10 Détermination de la dureté calcique (THCa).....	44
2.5.11. Détermination du calcium (Ca^{++}) et du magnésium (Mg^{++}).....	44
2.6. Analyses statistiques.....	45

RESULTATS & DISCUSSIONS

1. Résultats des analyses physico-chimiques de sol.....	46
1.1. Analyses granulométriques du sol.....	46
1.2. Le pH	47
1.3. La Conductivité électrique (CE).....	48
1.4. L'humidité H%.....	50
1.5. Le carbone organique (C%).....	51
1.6. Azote total	52
1.7. La matière organique.....	54
1.8. Le calcaire total et actif CaCO ₃	55
1.9. La densité apparente (Da) et la densité réelle (Dr).....	56
1.10. La porosité.....	58
1.11. La concentration des anions.....	60
1.12. La capacité d'échanges cationiques CEC.....	62
1.13. Les cations échangeables:.....	63
2. Résultats des analyses physico-chimiques des eaux d'irrigation.....	66
Conclusion générale	68
Références bibliographiques	69

Annexes

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. Le 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 : SOL ET MATIERE ORGANIQUE

1.1. Le sol

1.1.1. Les trois fractions du sol

Le sol fait partie de la biosphère, dynamique et vivant, il est le résultat d'une évolution lente au cours de laquelle le climat, le relief et les organismes ont participé à le façonner en altérant la roche mère et en la faisant interagir avec la matière vivante.

Il est un mélange complexe de fragments de roches de granulométries variées, d'organismes et d'humus (ensemble complexe de résidus de matière organique partiellement décomposée et transformée). Pour mieux l'appréhender, on peut le décomposer en plusieurs fractions (Soltner, 1992) :

a) La fraction solide est constituée de deux types d'éléments distincts :

✓ Les éléments minéraux, ou «constituants mécaniques», qui proviennent essentiellement de l'altération mécanique et chimique de la roche mère. Ils se présentent sous la forme de pierres, de graviers, de sables grossiers ou fins, de limons, d'argiles, de calcaire ou encore d'oxyde de fer. Cette fraction minérale est très dominante sur le plan quantitatif (de 80 à 99% en masse) et relativement stable en composition.

✓ Les éléments organiques, ou la matière organique du sol (MOS). Cette fraction de compositions très variables au cours du temps, peut-être plus ou moins abondante dans le sol (de 0% dans les déserts à sols minéraux à plus de 95% dans les tourbières). (Mustin 1987).

b) La fraction liquide, ou la « solution du sol », représente l'eau contenue dans le sol et dans laquelle sont dissoutes les substances solubles provenant à la fois de l'altération des roches, de la décomposition de la matière organique et des apports extérieurs tels que les fertilisants et pesticides. Cette fraction est le lieu des réactions chimiques permanentes indispensables à l'évolution de la matière organique et à la croissance des végétaux. Il y a trois types de solutions (Mustin, 1987) :

✓ liquide libre qui s'écoule à travers le sol et qui percole par gravité ;

✓ liquide utilisable par les végétaux qui est retenu plus ou moins fortement par les particules du sol, il occupe les petites lacunes et imbibe les particules par capillarité ;

✓ liquide inutilisable par les végétaux qui est très fortement lié aux particules solides du sol.

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

c) La fraction gazeuse, ou l'« atmosphère du sol », est composée des mêmes gaz que l'air auxquels s'ajoutent certains gaz provenant de la décomposition des MOS (méthane et ammoniac).

1.2. Les matières organiques du sol (MOS)

Un sol prend naissance dès que la moindre vie végétale et animale vient s'installer dans les premiers débris de décomposition d'une roche (Soltner, 1992).

Baldock and Skjemstad (1999), cité par Krull et al. 1999, définissent les matières organiques du sol comme l'ensemble de tous les matériaux organiques dans les sols quel que soit leur origine et quel que soit leur état.

Ces éléments organiques sont constitués d'un mélange variable d'éléments chimiques allant des débris végétaux relativement peu altérés aux fractions inertes hautement décomposées (Figure 1, Chenu, 2003). Comme pour la fraction minérale, les proportions relatives de chacun de ces éléments varient fortement d'un sol à l'autre. Mais, contrairement aux constituants minéraux qui sont de composition relativement stable, les MOS sont multiples et se transforment sans cesse : « Leur devenir normal est de redonner les substances qui ont servi à les construire, pour servir à nouveau à l'édification de nouvelles matières organiques. » (Soltner, 1992).

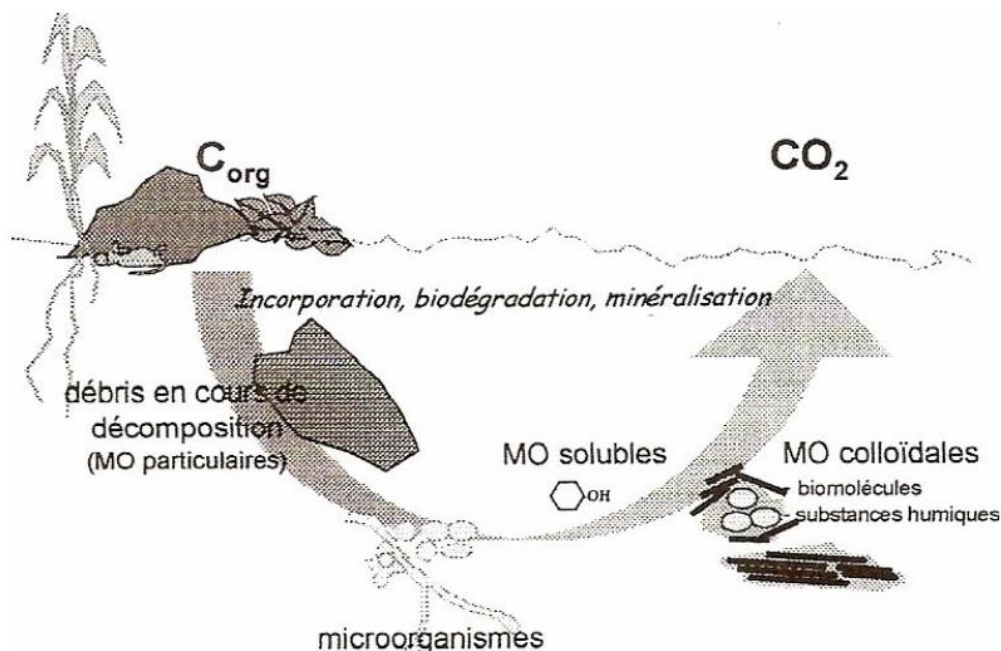


Figure 1: Les matières organiques sont un ensemble complexe de différents constituants organiques, en perpétuel renouvellement par incorporation et biodégradation

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

1.2.1. Les compartiments fonctionnels

Les MOS revêtent des formes extrêmement variées : chimiquement elles contiennent des éléments structurels (C, H, O) et un certain nombre d'éléments en proportion variable (N, P, S, K, Ca, Mg,...).

Leur particularité en comparaison avec les constituants minéraux du sol est que les MOS sont en constante transformation.

Une des manières de les appréhender consiste à les définir par leur degré de transformation. Classe la fraction organique du sol en trois compartiments distincts : la matière organique vivante, la matière organique fraîche et la matière organique non figurée ou amorphe. La description de Soltner (1992) propose quant à elle quatre compartiments « fonctionnels »:

Les végétaux et animaux vivants qui évoluent à la surface et dans les couches plus profondes du sol :

- les racines ;
- les vers de terres et autres rongeurs ;
- la microflore du sol (bactéries, champignons, actinomycètes, algues) ;
- la microfaune du sol (protozoaires, insectes, nématodes).

Cette partie est responsable de la majorité des transformations qui affectent le carbone organique du sol. Son taux de renouvellement, très rapide, est inférieur à 1 an.

Ce compartiment représente 0,5% à 4,5% du carbone organique et 4% à 10% de l'azote organique du sol (Nicolardot, 1993).

La matière organique fraîche qui est composée majoritairement des débris végétaux (feuilles, racines mortes, résidus de récoltes) et dans une moindre mesure, de débris animaux (déjections, cadavres). La composition de ces débris est sensiblement la même que les tissus vivants dont ils proviennent :

- substances hydrocarbonnées (sucre, amidon, cellulose, lignine, matière grasse, résine) ;
- substances azotées, surtout sous la forme de protéines ;
- sels minéraux libres (calcium, magnésium, potassium, sodium)

Sitôt arrivées au sol, ces substances sont attaquées par la microflore et la microfaune. La vitesse de leur décomposition dépendra essentiellement de leur complexité moléculaire. Les

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

sucres étant les premiers décomposés alors que la lignine, les résines et les tanins résistent plus longtemps à l'altération.

Les composés intermédiaires, aussi appelés « produits transitoires » ou « matière organique labile », représentent le maillon de cette chaîne de transformation où les grosses molécules de la MO fraîche se sont transformées en substances minérales simples ou en très petites molécules :

- dioxyde de carbone (CO₂) et vapeur d'eau (H₂O)
- matières minérales (nitrates, phosphates, carbonates, sulfates, etc.)

Ce processus de décomposition est appelé « minéralisation primaire » et les composés qui en résultent seront réutilisés comme substances nutritives par la partie vivante du sol ou serviront de précurseurs des substances humiques. Enfin, une certaine partie sera perdue par lessivage.

Leur durée de vie des composés intermédiaires peut atteindre quelques dizaines d'années.

Ce compartiment regroupe 10% à 40% de la MOS.

Ces trois premiers compartiments fonctionnels de la MOS représentent la composante active de la MO du sol. Celle-ci agit comme réserve principale d'éléments nutritifs libérés après minéralisation.

1.2.2. Les complexes argilo-humiques

Les macromolécules de l'humus interagissent en permanence avec :

L'ensemble forme un polymère ramifié, arrangé en pelote désordonnée, plus ou moins replié selon les conditions physico-chimiques.

- Les autres molécules organiques du sol (protéines, polysaccharides, acides gras) ainsi que les pesticides et polluants organiques ;
- Les minéraux comme les argiles, les ions minéraux et les hydroxydes

L'humus possède les mêmes propriétés colloïdales que les argiles : les substances qui le composent sont hydrophiles et retiennent plusieurs fois leur poids en eau. Elles ont également la capacité de fixer des ions. (Mustin, 1987). Malgré, leur surface principalement électro-négative, l'humus et les argiles s'associent dans un même complexe, grâce aux cations et hydroxydes de liaison, et se protègent mutuellement (Mustin, 1987) :

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

- L'humus tempère les actions néfastes des argiles sur la structure du sol en les protégeant de la dispersion.

- les argiles protègent l'humus en ralentissant la minéralisation, favorisant l'humification

Les complexes argilo-humiques jouent donc un rôle essentiel dans le fonctionnement des sols et leur présence influence les propriétés physiques et physico-chimiques de ces derniers.

1.3. Rôle de la matière organique dans le sol

Si le sol est un milieu vivant, il peut aussi être défini par ses propriétés physiques. Ce système comporte les trois phases de la matière : solide, liquide, gazeuse. C'est un milieu poreux, caractérisé par sa structure, arrangement de particules solides du sol qui génère une porosité permettant des transferts.

1.3.1. Relations structuration / porosité

a. Structure du sol / porosité

La structure du sol est l'ensemble des caractères liés à la disposition spatiale des constituants du sol ainsi qu'à la nature et à l'intensité des liaisons qui existent entre eux (Stengel, 1990). Dexter (1988) la définit comme une traduction de l'hétérogénéité spatiale et temporelle des constituants et des propriétés du sol. Cette seconde définition est intéressante dans la mesure où elle fait apparaître la notion d'hétérogénéité temporelle, autrement dit la structure d'un sol n'est pas figée, c'est un processus dynamique.

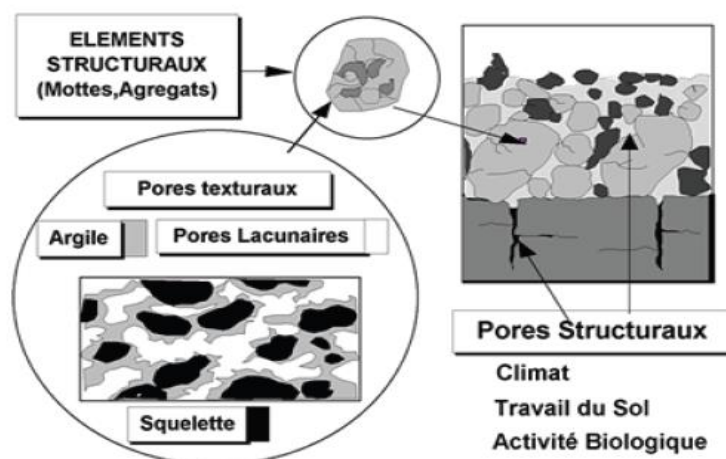


Figure 2. Illustration des différences d'échelle entre porosité texturale et porosité structurale.

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

L'arrangement des particules du sol entre-elles permet de créer, conjointement, une porosité (Figure 2), qui peut être caractérisée par :

✚ des paramètres géométriques de forme (longueur, diamètre). Hallaire et Curmi (1994), et Kribaa et al. (2001) ont montré que la morphologie des pores joue un rôle prépondérant en permettant de faire le lien entre la porosité et les mouvements de l'eau dans le sol. Les mesures directes étant difficilement réalisables, ces paramètres sont le plus souvent obtenus grâce aux techniques d'analyse d'image. Monnier et al. (1973) ont défini la porosité texturale, résultant de la disposition des particules élémentaires. Les particules secondaires ainsi formées permettent de créer une porosité structurale, généralement de plus grande taille.

✚ des paramètres liés à l'organisation de l'espace poral : la connectivité entre les pores permet de déterminer le niveau de continuité de l'espace poral ; cette continuité peut être élevée dans le cas de pores créés par l'activité de bioturbation des vers de terre par exemple (Lamandé et al., 2003). Thomas et al. (2007) montrent que la croissance racinaire crée des pores bien connectés. On détermine aussi des paramètres de tortuosité. Ce paramètre est défini par le rapport moyen de la longueur du cheminement réel parcouru entre deux points, à la distance rectiligne qui les sépare (Musy et Soutter, 1991).

b. Conséquences d'un apport de matière organique sur la structuration du sol

➤ **Conséquences sur la masse volumique apparente**

Les matières organiques ont des masses volumiques réelles plus faibles que les matières minérales. Par simple effet de dilution, un apport de matière organique devrait donc diminuer la masse volumique apparente du sol (Khaleel et al., 1981 ; García-Orenes et al., 2005). De nombreux auteurs obtiennent des résultats allant dans ce sens, et montrent que la porosité augmente avec la dose de matière organique apportée (Celik et al., 2004).

En plus de cet effet de dilution, l'augmentation de porosité peut aussi être liée à l'augmentation de l'agrégation du sol, après un apport de matière organique. García-Orenes et al. (2005) montrent que l'augmentation de l'agrégation des particules de sol est le facteur expliquant le mieux la diminution de la masse volumique apparente. Il paraît évident que plus les particules de sol (primaires ou agrégées) sont grossières, plus les espaces lacunaires entre ces particules sont importants.

➤ **Réorganisation de l'espace poral**

Toutes les classes de pores définies au préalable ne sont pas affectées de la même façon par un apport de matière organique. Un produit organique de texture grossière peut provoquer

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

une augmentation significative de la macroporosité, mais jouer très peu sur la microporosité (Zeytin et Baran, 2003). L'incorporation et la dégradation de la matière organique apportée peuvent provoquer une réorganisation de l'espace poral (Vidal-Beaudet, 1998).

Un apport de matière organique favorise donc l'augmentation de la porosité, par la stimulation des mécanismes de structuration du sol.

1.3.2. Évolution de la structure du sol

a. Notion de stabilité structurale

La stabilité structurale définit comme la capacité d'un sol à conserver l'arrangement de sa phase solide et de sa porosité quand il est soumis à une contrainte. Ces contraintes peuvent être par exemple: le passage répété d'engins en milieu agricole, des vibrations importantes liées au trafic en milieu urbain, l'impact de gouttes de pluie ou une irrigation trop importante, etc. (Niewczas et Witkowska-Walczak, 2005). La stabilité structurale d'un sol est le plus souvent évaluée par la stabilité des agrégats (Le Bissonnais, 1989 et 1996).

Les agrégats sont définis comme un volume de sol dans lequel les forces de cohésion entre les particules primaires sont supérieures aux forces existant entre les agrégats (Oades, 1993).

b. Relations entre stabilité structurale et quantités de matière organique apportée

De nombreux auteurs ont travaillé sur le manque de matière organique dans les sols. Le Villio et al. (2001) ont travaillé sur les quantités de matière organique à apporter pour restaurer la fertilité physique des sols sensibles au phénomène de battance : pour les sols à texture limoneuse, la diminution du taux de matière organique à des teneurs inférieures à 2 ou 3% (massiques), souvent observée dans les sols cultivés au cours des dernières décennies, est un des paramètres déterminants de cette dégradation. Le Bissonnais et Arrouays (1997) montrent que des sols limoneux sont sensibles à la battance pour une teneur en carbone inférieure à 15g kg⁻¹. Cependant, la matière organique n'est pas le seul facteur de stabilisation de la structure (Le Bissonnais et Arrouays, 1997) : il faut tenir compte des teneurs en argile et en oxydes métalliques.

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

2 : TRAVAIL DES SOLS :

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 vers l'agriculture moderne. (Murua et Laajimi; 2011).

2.1. Caractérisation de l'agriculture conventionnelle

Depuis sa genèse, l'agriculture moderne est marquée par son 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-adjuvant à l'accroissement de la productivité. (Sauve, 2007).

2.2. 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 son variation de plus en plus (Aibar, 2006; Villeneuve, 2002).

2.3. 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.

2.3.1. 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

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

abondante capable de "nourrir le monde" à des prix accessible pour une majorité de la population des pays développés, en plus de la diminution de la part de l'alimentation dans le budget des familles (Sauve, 2007.)

2.3.2. 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.

2.3.3. Les inconvénients du 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 accentue 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.

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

2.4. La dégradation de sol

Le sol est une ressource non renouvelable et bien sûr indispensable à l'agriculture. Cependant, le développement de cette dernière a soumis les terres agricoles à un régime d'exploitation intense. Ceci a engendré une dégradation de la qualité des sols qui est souvent irréversible (Mrabet et *al.*, 2001).

Un sol soumis à une intense activité agricole voit parfois son pH baisser (acidification) ou au contraire augmenter (salinisation). Et ça engendre, la stérilisation des sols qui contribue à l'extinction des espèces, une pollution de surface et surtout des risques sanitaires pour l'homme, et les produits issus de cette terre peuvent être toxique (Dufour et *al.*, 2005).

Le travail trop intensif de sol cause le tassement des couches supérieures, et la réduction de l'imperméabilité du sol (perte en fertilité et en vie organique), et l'érosion (perte de matière, entraînement des particules par l'eau, le vent) et qu'est à l'origine d'une baisse de superficie des terres agricoles exploitables.

2.5. La dégradation biologique

Selon, Dufour et *al.*. 2005, Ce type de dégradation est la plus nuisible aux espèces vivant dans le sol. Elle se caractérise par la présence de résidus de pesticides et de perte de matière organique. Elle entraîne une réduction du nombre d'espèces, une diminution du nombre d'individus au sein des populations d'une même espèce. Cela accentue les dégradations chimiques (contamination par les pesticides) et physiques (effet des pertes en matière organique). De plus, cette dégradation est à l'origine d'émission de carbone (déstockage) et contribue donc à l'augmentation des flux de gaz à effet de serre.

2.6. Importance du travail du sol

Le travail du sol, considéré comme l'ensemble des opérations mécaniques fragmentant le sol, tient une place à part dans les systèmes de culture. Comparé aux autres techniques agricoles, son impact sur les caractéristiques des sols cultivés est en effet bien plus global (figure 3).

En premier lieu, cet impact passe par la modification de la structure du sol: les actions mécaniques exercées par les outils (fragmentation et déplacement) et les tracteurs (tassement) modifient rapidement, et parfois très fortement, la structure. Or, celle-ci affecte un grand nombre de processus qui se déroulent dans le sol (circulation de l'eau et de l'air, intensité et nature des réactions biogéochimiques, conditions dans lesquelles s'activent la faune et la flore

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

du sol, croissance et développement des adventices...). Ainsi les caractéristiques organiques, chimiques, biologiques, hydriques des couches superficielles sont affectées indirectement, via la structure, par le travail du sol et le roulage des engins.

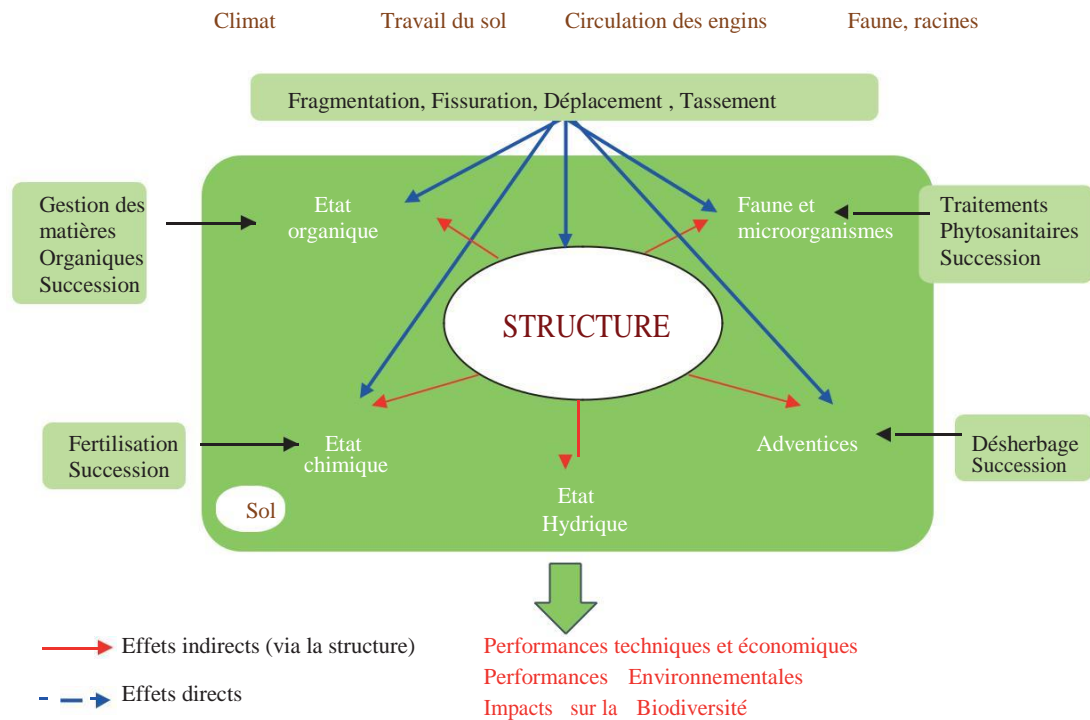


Figure 3 : Effets directs et indirects des actions mécaniques liées au travail du sol sur les états des sols cultivés (d'après Richard et Roger-Estrade, 1999)

2.7. 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

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

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 (Studdent *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).

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).

2.8. EFFETS DU LABOUR ET DES TECHNIQUES DE CONSERVATION SUR LES PROPRIÉTÉS DU SOL

2.8.1. 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

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

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 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

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

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 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 biopores 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

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

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.

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).

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

2.8.2. Effets du travail du sol conventionnel et des techniques de conservation sur 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 Stockfisch, 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).

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).

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

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; Stockfisch *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 (NO_3^-), qui est très mobiles 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 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 nitrate 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

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

différait 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).

2.8.3. Effets du travail du sol conventionnel et des techniques de conservation sur propriétés biologique

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.

➤ 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

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

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 (Franzluebbers et Arshad, 1997) que les sols labourés en raison notamment de la protection physique des MOS qui protège la MOS de l'activité microbienne dans les systèmes de conservation (Balesdent *et al.*, 2000). Dans les zones semi-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 ; Kladivko, 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⁻¹ pour le travail superficiel et 1500 kg ha⁻¹ pour le semis direct.

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

3 : LES EAUX D'IRRIGATION

3.1. Irrigation et propriétés du sol

Le sol est un système complexe comportant une phase liquide, une phase gazeuse assurant le processus essentiel de l'altération, une phase solide composée de fragments minéraux et une phase organique biologiquement importante.

3.1.1. Irrigation et propriétés physiques

Les proportions de sable, de limon, d'argile déterminent la texture du sol qui influence le degré d'infiltration et la capacité de rétention de l'eau qui sont des éléments nécessaires pour établir la fréquence de l'irrigation et la quantité d'eau à apporter.

La structure du sol est définie selon le mode d'agencement et de réunion de particules et d'agrégats. Elle joue un rôle dans la perméabilité, la capacité de rétention de l'eau et l'aération ainsi que la pénétration des racines. Pour l'irrigation, on préfère les sols à structure granuleuse ou grenue. Ce type de structure se détériore suite :

- ✓ au compactage du sol
- ✓ à une culture à l'état humide
- ✓ ou à une culture trop intensive.

Cette détérioration est due aussi à une accumulation des sels de sodium qui dispersent les agrégats argileux abaissant le taux d'infiltration et rendent le sol imperméable (Yaron et Vink (1973) in Armitage, 1986).

3.1.2. Irrigation et propriétés chimiques

Dans le but de l'irrigation, les particules chimiques du sol ont été étudiées par (Yaron et Shainberg, 1973 in Armitage, 1986). Ces études mettent en évidence les relations dynamiques existantes entre les ions échangeables présents dans les solutions colloïdales.

3.2. Comportement des solutés dans l'eau du sol

Les sels solubles dans l'eau se déplacent par diffusion des points de forte aux zones de moindre concentration. On dit que les ions dissous transportés par l'eau subissent un mouvement de convection dont la vitesse est déterminée par la répartition des pores de tailles et de formes différentes.

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

La variation de la teneur en eau est le résultat des phénomènes d'infiltration, de redistribution, d'évaporation et de transpiration qui sont responsables du mouvement simultané de l'eau et de solutés.

L'azote du sol est continuellement absorbé et rejeté par les organismes et les plantes. On retrouve surtout de l'azote ammoniacal sous forme d'ions échangeables sur la fraction argileuse et les matières organiques. Tout l'azote existant sous forme de nitrate qui circule facilement dans le sol est assimilable par les plantes.

Le potassium dans le sol se retrouve sous forme fixe dans les feldspaths, les micas, et les minéraux argileux, sous forme échangeable sur les minéraux argileux et les matières organiques et sous forme dissoute dans les solutions du sol. Le potassium est facilement assimilable sous ces deux formes.

Le phosphore sous forme de phosphate de calcium légèrement soluble ou adsorbé sur les particules argileuses.

3.3. La qualité d'eau d'irrigation

L'eau d'irrigation contient toujours des impuretés sous formes de matières dissoutes ou en suspension dont la qualité et la nature permettent de déterminer l'utilité de l'eau à cette fin.

La teneur de l'eau en sels dissous, la quantité de solides en suspension et le volume des polluants d'origine humaine constituent de bons indicateurs de la qualité de l'eau.

Les sels dissous risquent d'affecter la croissance des plantes et les propriétés du sol. Les résidus agrochimiques peuvent compromettre l'équilibre biologique du sol. La matière en suspension peut avec un effet néfaste sur les dispositifs d'alimentation en eau et de distribution.

Il est donc important de connaître les caractéristiques de l'eau ainsi que les effets particuliers et combinés des substances qui s'y trouvent (Yaron 1973 in Armitage, 1986).

En matière d'irrigation la plupart des spécialistes évaluent la qualité de l'eau en fonction des problèmes que peut provoquer une eau de piètre qualité. Quatre catégories de problèmes de ce type figurent (Ayers et Westcoot, 1976) in Armitage (1986) :

- La salinité qui influe sur la disponibilité d'eau destinée aux cultures
- La perméabilité qui a un effet sur le rythme d'infiltration de l'eau dans le sol
- La toxicité ionique spécifique qui se répercute sur les cultures sensibles
- Les divers facteurs qui exercent une influence sur ces cultures

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

L'évaluation se fait séparément pour chaque catégorie citée en fonction :

- Du volume de sels susceptible de provoquer des problèmes
- Des mécanismes d'interaction sol /eau/plante qui risquent d'être perturbés
- De la gravité probable du problème après usage à long terme de l'eau en question
- Et des procédés de recharge dont on dispose pour corriger ou minimiser le problème

En principe, la prévision des besoins en eau d'irrigation est un processus complexe qui tient d'un grand nombre de facteurs interactifs très variables. Raeder-Riotzsch (1965) (in Armitage, 1986) ont proposé une démarche empirique est la meilleure pour évaluer les besoins d'une culture, car les méthodes théoriques ne permettent pas de répondre aux questions qui ont trait à la disponibilité de l'eau sur le terrain :

- ✚ Combien d'eau les plantes ont besoin ?
- ✚ Quand et pour combien de temps cette eau est nécessaire ?
- ✚ Combien de temps une plante peut tolérer de ne pas être irriguée ?
- ✚ A quel moment de l'année....

Pour déterminer les besoins d'irrigation on utilise plusieurs indicateurs de la teneur en eau des plantes. (Doornbos et Pruit, 1977) in Armitage, 1986 proposent des formules détaillées pour calculer les besoins d'irrigation dans diverses conditions climatiques et culturelles.

3.3.1. La salinité

Le tableau 1, donne la classification des eaux et leur utilisation en fonction de la conductivité électrique.

Tableau 1 : Classification des eaux et leur utilisation en fonction de la CE.

Classe	Conductivité électrique (dS/m)	Concentration en sels (mg/l)	Type d'eau
Non saline	< 0,7	< 500	Eau potable et eau d'irrigation
Légèrement saline	0,7 - 2	500 – 1500	Eau d'irrigation
Modérément saline (eau saumâtre)	2 - 10	1500 - 7000	Eau de drainage et eau souterraine
Hautement saline	10 - 25	7000 - 15000	Eau de drainage et eau souterraine secondaire
Très hautement saline	25 - 45	15000 - 35000	Eau souterraine très salée
Eau salée	> 45	> 45000	Eau de mer

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

Un sol à salinité excessive, surtout dans les horizons supérieurs où la plupart des plantes puisent le gros de leur eau et de leurs éléments nutritifs dissous, entrave l'absorption de l'eau par les racines.

L'objectif est d'améliorer l'accessibilité de l'eau du sol aux plantes. Pour atteindre cet objectif il faut :

- * Irriguer fréquemment
- * Utiliser les espèces tolérantes
- * Recourir à de l'eau supplémentaire pour lessivage
- * Modifier les façons culturales
- * Adopter une méthode d'irrigation qui assure un meilleur contrôle de la salinité du sol

3.3.2. La perméabilité d'un sol

Elle peut diminuer par suite de nombreux facteurs en particulier ceux qui ont une relation directe avec la qualité de l'eau ;

- Une eau fortement sodique, modifie la structure pédologique amenant les particules du sol plus fines à se disperser dans les pores du sol.
- Une eau à faible taux de salinité est corrosive et provoque l'épuisement dans les horizons supérieurs du sol, des minéraux et des sels facilement solubles comme ceux du calcium avec des effets semblables à ceux des eaux à forte teneur en sodium).

D'autres procédés consistent :

- A Irriguer fréquemment
- A labourer et à scarifier en profondeur
- A prolongé la durée d'une opération d'irrigation
- A collecter et à recycler l'eau de ruissellement
- A épandre des résidus organiques sur le sol.

3.3.3. La toxicité ionique spécifique

Elle est provoquée par les ions de sodium et de chlorure auquel beaucoup de plantes sont sensibles. Pour corriger ces types de problèmes, il convient d'irriguer plus fréquemment, d'accroître la quantité d'eau d'utilisée pour le lessivage et dans le cas d'une toxicité sodique, d'employer un rectificateur comme le gypse ou l'acide sulfurique (Shah, 1978) in Armitage, 1986.

PARTIE EXPERIMENTALE

PARTIE EXPERIMENTALE

1: PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

1.1. Situation géographique

Mostaganem est une ville de 731000 habitants, située à 104 mètres d'altitude sur le rebord d'un plateau côtier. Elle est située au Nord-Ouest du pays et couvre une superficie de 2269 Km². Elle est limitée :

A l'Est par les Wilayas de Chief et Relizane

Au Sud par les Wilayas de Mascara et Relizane

A l'Ouest par les Wilayas d'Oran et Mascara

Au Nord par la Mer Méditerranée.

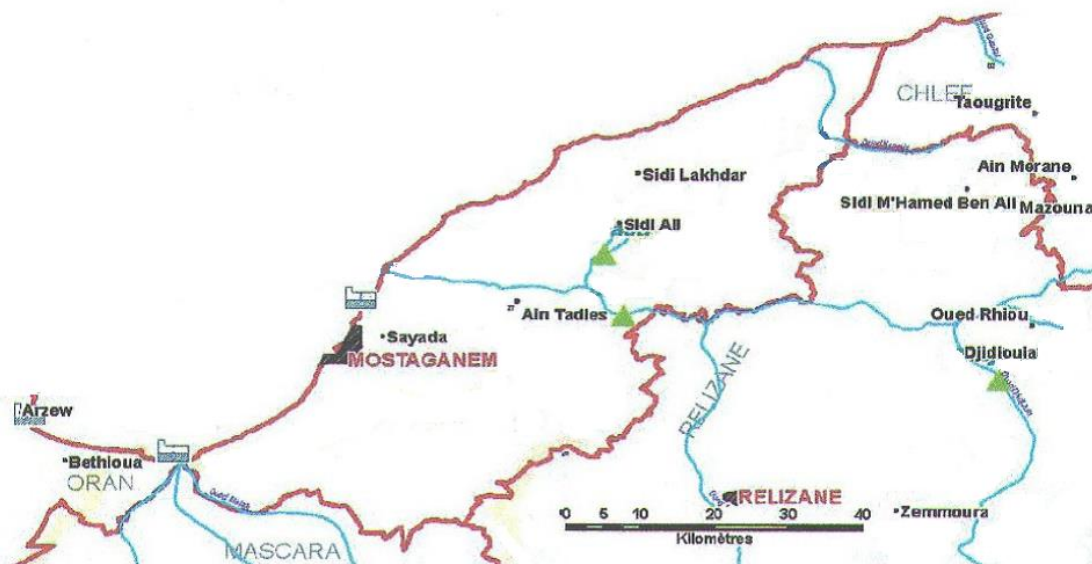


Figure 04: Carte de la situation géographique de la zone d'étude.

1.2. Lieu de l'expérimentation

L'expérimentation a été réalisée au niveau de l'exploitation privée de BELHEDJ CHIKHE Mohammed dont les coordonnées (36°05'05" Nord, 00°28'24" Est, superficie 40 ha), de Mostaganem dans la région de Sidi Ali à environ 5 Km Est du Sidi Ali (Au Nord: Sidi Lakhdar, A l'Est: Tazgait, Au Sud: Douar Niaimia, A l'Ouest: Hadjadj). Les parcelles d'études se situent à une altitude 450 m d'altitude faisant partie des aux montagnes du Dahra.

PARTIE EXPERIMENTALE

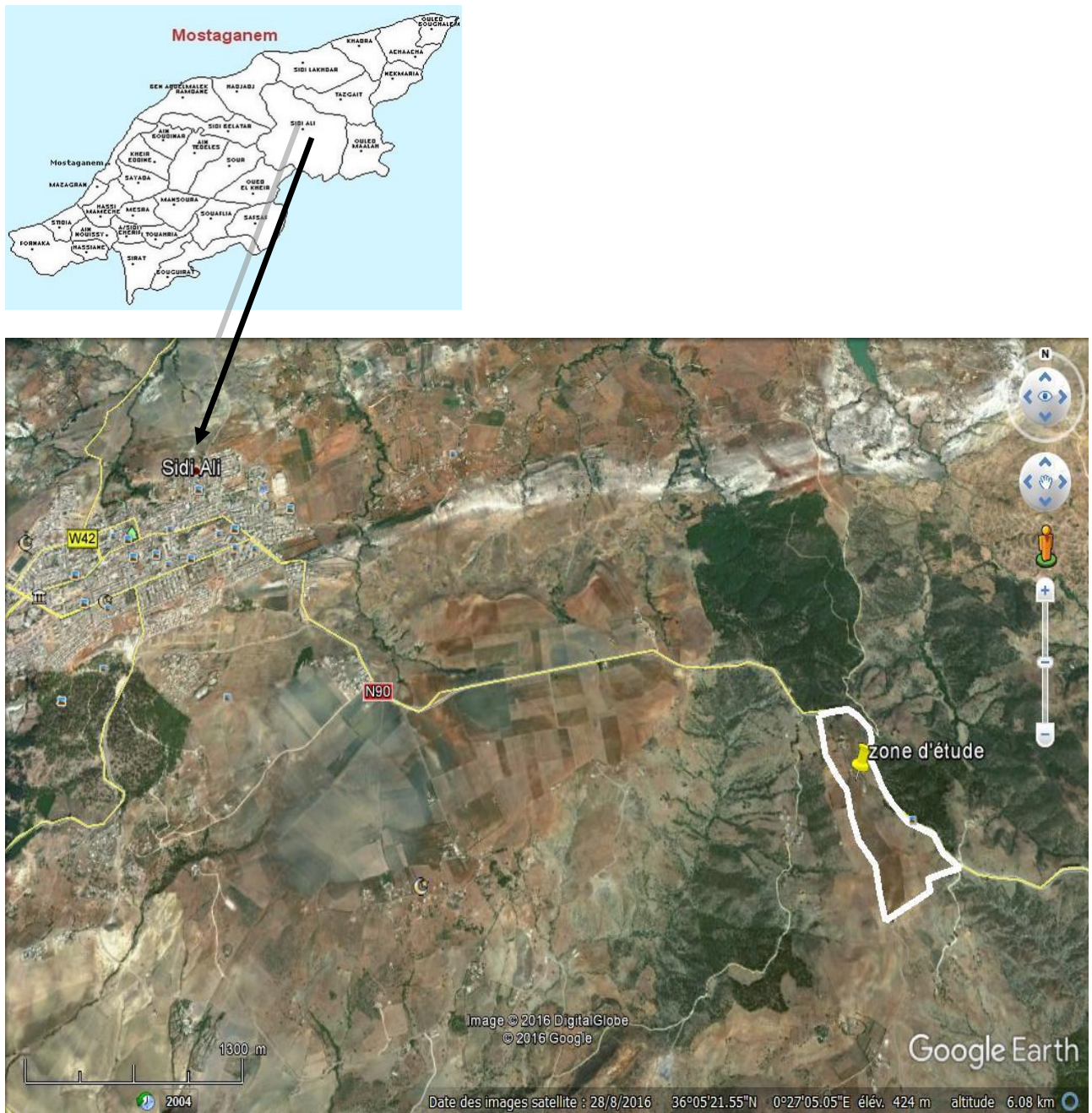


Figure 05 : Image satellitaire de la zone d'étude (Source : Digital Globe, 2016)

1.3. Découpage du territoire de la wilaya : Le découpage morphologique des territoires de la région permet de distinguer :

✚ Le plateau de Mostaganem

Cette région agricole avec 46% de la superficie du territoire de la wilaya regroupe 18 communes et représente plus de la moitié de l'agriculture de la wilaya ;

PARTIE EXPERIMENTALE

+ **La plaine de l'Habra**

Appelée également plaine des Bordjias. Cette région regroupe 3 communes et elle occupe 9% du territoire de la wilaya avec 10% des terres agricoles ;

+ **Les Monts du Dahra**

Zone montagneuse, cette région agricole avec 23% d'occupation du territoire de la wilaya regroupe 5 communes. La SAU totale est de 20% ;

+ **Les piémonts du Dahra**

Cette région regroupe 6 communes et occupe 22% du territoire de la wilaya avec 18% de la SAU. Avec 81,50% des terres irriguées, la PMH est concentrée dans le plateau de Mostaganem.

1.4. Pédologie

Le Dahra mostaganémois se distingue par plusieurs types de sols suivent leur nature lithologique: grés, calcaire, marne et argiles, caractérisé par des zone marneuses du miocène au Nord qui sont les plus exposés aux différents processus d'érosion (Mazour, 2004).

Au niveau de la zone d'étude, la répartition de sols dépend essentiellement de la nature des roches mères et de la topographie, et dans une moindre mesure, de l'exposition des versants.

La quasi-totalité des matériaux servant de roches-mères pour les sols est constituée par des marnes des calcaire marneux, ou par des alluvions dérivant de l'altération et de l'érosion de ces roches (EL Garouani et *al.*, 2003).

Du point de vue superficie, les sols à pédogenèse calcimagnésique sont les plus importants dans notre zone d'étude. Il en résulte de cette pédogenèse des sols bruns calcaires sur pente faible et des sols peu évolués d'érosion sur pente forte (EL Garouani et *al.*, 2003).

Les matériaux des terrasses quaternaires provenant de l'érosion des formations marneuses présentent une texture limoneuses sur les plus basses terrasses et donnent lieu à des sols peu évolués d'apport alluvial (EL Garouani et *al.*, 2003).

PARTIE EXPERIMENTALE

1.5. Aspect climatique

Le climat de la région étude Sidi Ali relevant wilaya de Mostaganem est celui d'une région méditerranéenne. Il est caractérisé par une saison estivale chaude et sèche et une saison hivernale froide et humide. Pour les paramètres climatiques de notre étude nous sommes intéressés à la pluviométrie, la température, l'humidité relative et les vents. Nous avons utilisés des données météorologiques de la région de Sidi Ali recueillies par L'office Nationale de Météorologie de Mostaganem (ONM-Mostaganem) sur une Période de 13 ans (2000-2013).

1.5.1. Les températures

Dans une région donnée la température représente l'élément le plus influant de l'hydro climatologie. C'est surtout les températures extrêmes (minimale et maximale) qui ont une influence importante sur les plantes. La distribution spatiale de la température de l'air dans une région est principalement conditionnée par des facteurs physiographique, notamment le relief (altitude et exposition) la nature du sol et de son revêtement.

Dans le fig 6 on indique les valeurs moyennes mensuelles et annuelles des températures, les moyennes des maximales les moyennes des minimales

M : Moyennes des températures maximales (°C)

m : Moyennes des températures minimales (°C)

$(M + m)/2$: Températures moyennes (T moy) (°C).

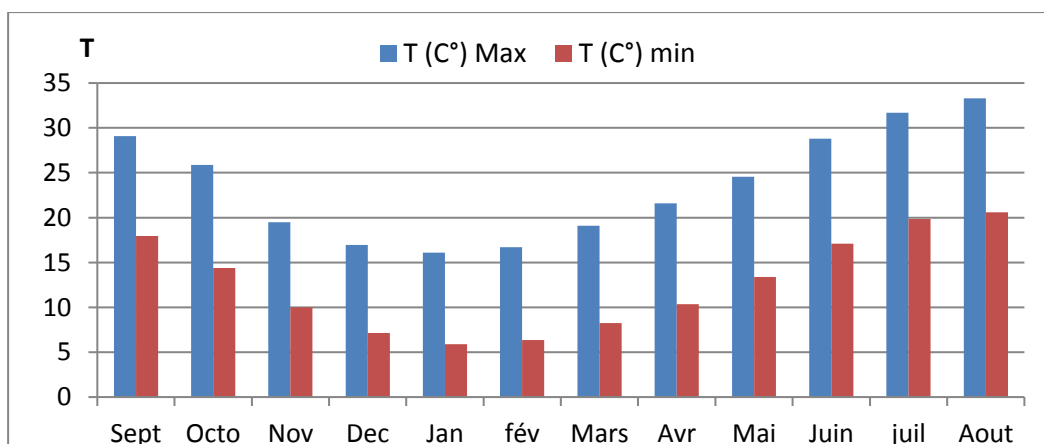


Figure 06 : diagramme des températures moyennes maximales et minimales

Les moyennes mensuelles des températures (annexe 01 tab 01) confirment que le mois le plus chaud est aout (avec max= 33.3 °C), alors que le mois le plus froid est janvier dans lequel on enregistre une température moyenne minimale m=5,88 °C.

PARTIE EXPERIMENTALE

1.5.2. Les précipitations

La zone d'étude enregistre en moyenne 420.11 mm par an (annexe 01 tab 02). Les premières pluies surviennent tôt en automne.

Il ressort que le mois de 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 0.9 mm (fig. 7). Généralement la chute des pluies est observée en automne, en hiver et au printemps.

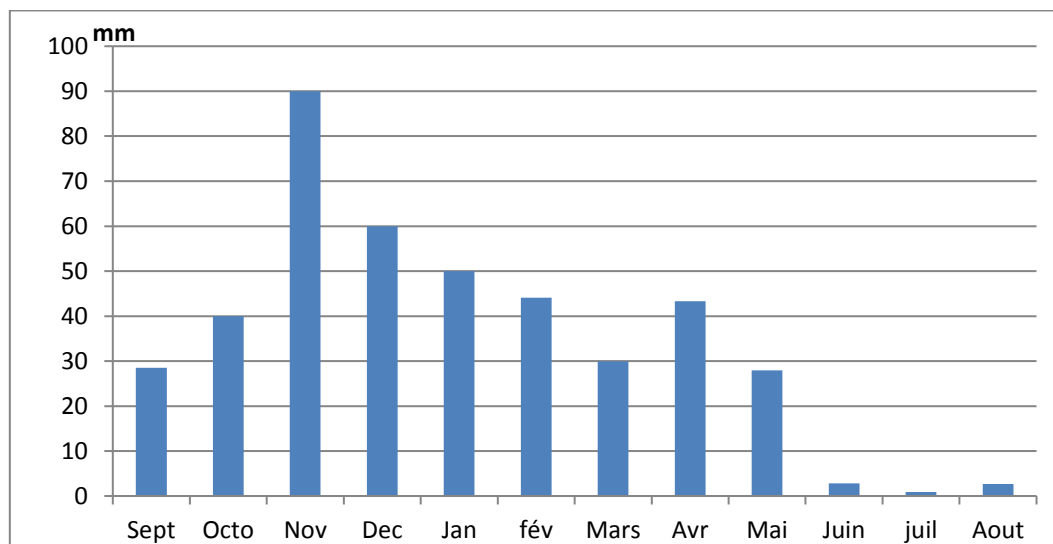


Figure 07 : Précipitations moyenne mensuelles (mm)

1.5.3. L'humidité relative

L'humidité relative est un paramètre climatologique très important qui présente le rapport entre la pression partielle de la vapeur d'eau à l'air humide et la pression de saturation à la même température.

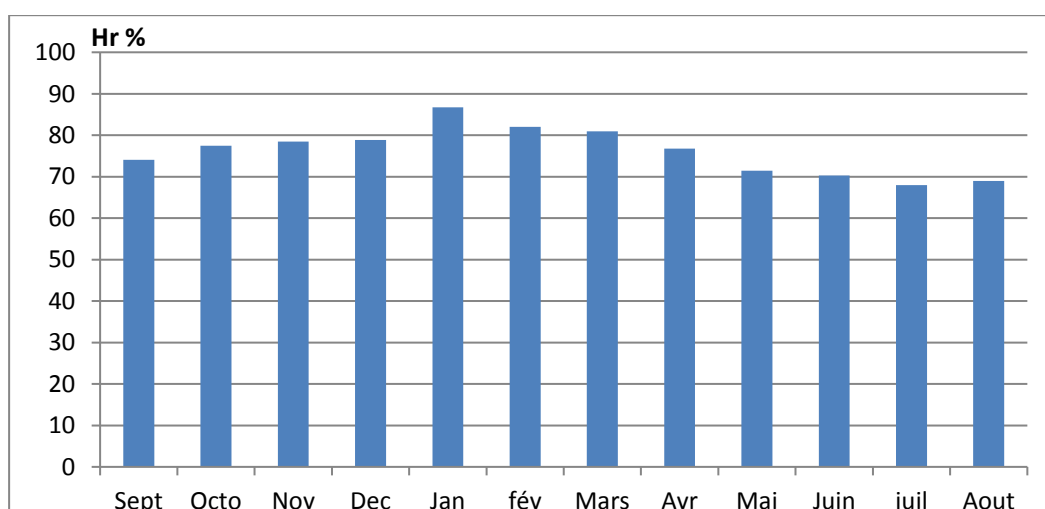


Figure 08: Humidité relative moyenne mensuelles (%)

PARTIE EXPERIMENTALE

L'humidité est plus élevée pendant la saison hivernale elle est faible en été du fait que les températures sont plus fortes. Le degré hygrométrique au niveau de la région est relativement maximum au mois de janvier (86.7% en moyenne) (fig 8).

1.5.4. Les vents

Au niveau de zone d'étude, la direction du vent : (Est et Sud), (Ouest et Nord-Est).

D'après la figure 9, on constate que la force moyenne maximale des vents est enregistrée durant le mois de juin (3.24 m/s) et le minimum en janvier (1,62 m/s).

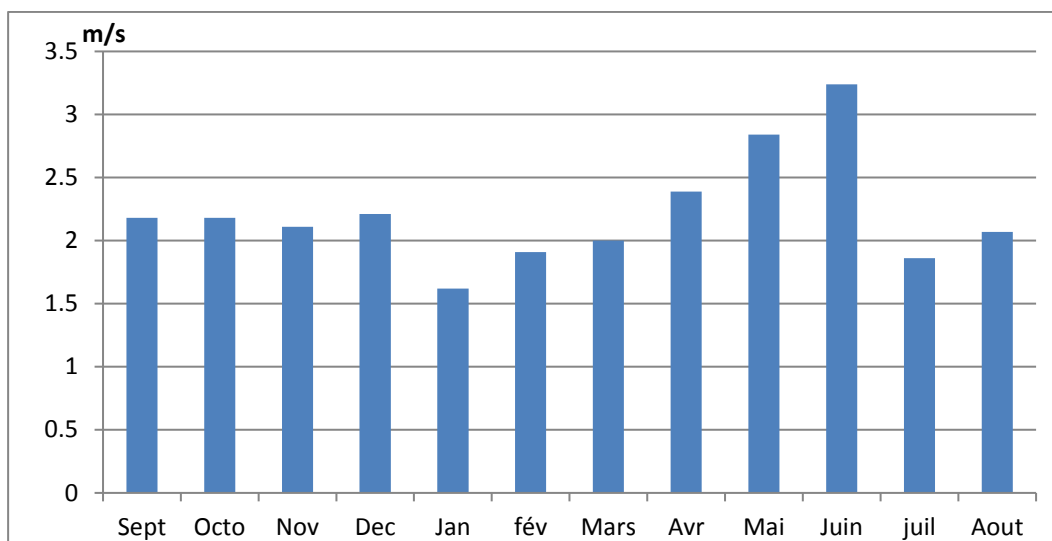


Figure 09: Vitesse moyenne mensuelles des vents (m/s)

PARTIE EXPERIMENTALE

1.6. Synthèse climatique

1.6.1. Diagramme ombrothermique de BEGNOULS et GAUSSEN

Le diagramme a été établi par BEGNOULS et GAUSSEN et déterminer le nombre de mois secs et humides. Il est établi sur la base des précipitations et des températures les mois secs sont ceux au cours desquels les précipitations sont inférieures ou égales à deux fois la température : $P = \leq 2T$. Quand la courbe des précipitations passe sous la courbe des températures nous retrouvons la définition de la saison sèche. Ainsi la surface de croisement des deux courbes permet de connaître l'importance de la sécheresse surtout en climat méditerranéen.

En comparant les trois périodes, il en ressort que la période 2000-2013 est caractérisée par la plus longue période sèche d'une durée de (7 mois): avril, mai, juin, juillet, août, septembre et octobre.

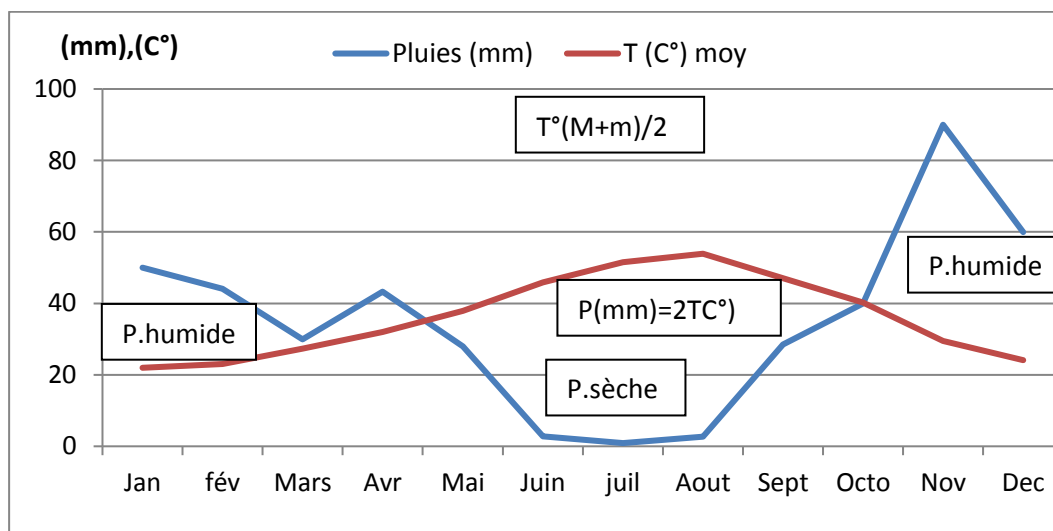


Figure 10: Diagramme Ombrothermique de Begnouls Gaussien

1.6.2. Le quotient pluviométrique

C'est un indice qui permet de déterminer l'étage bioclimatique de la région d'étude selon EMBERGER il est donné par la formule suivante

$$Q_2 = \frac{2000P}{(M^2 - m^2)}$$

- Q_2 : quotient pluviométrique d'EMBERGER
- P : pluviométrie moyenne annuelle
- M : t° maximale du mois le plus chaud ($^{\circ}k$)

PARTIE EXPERIMENTALE

m : t° minimale du mois le plus froid (°k)

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

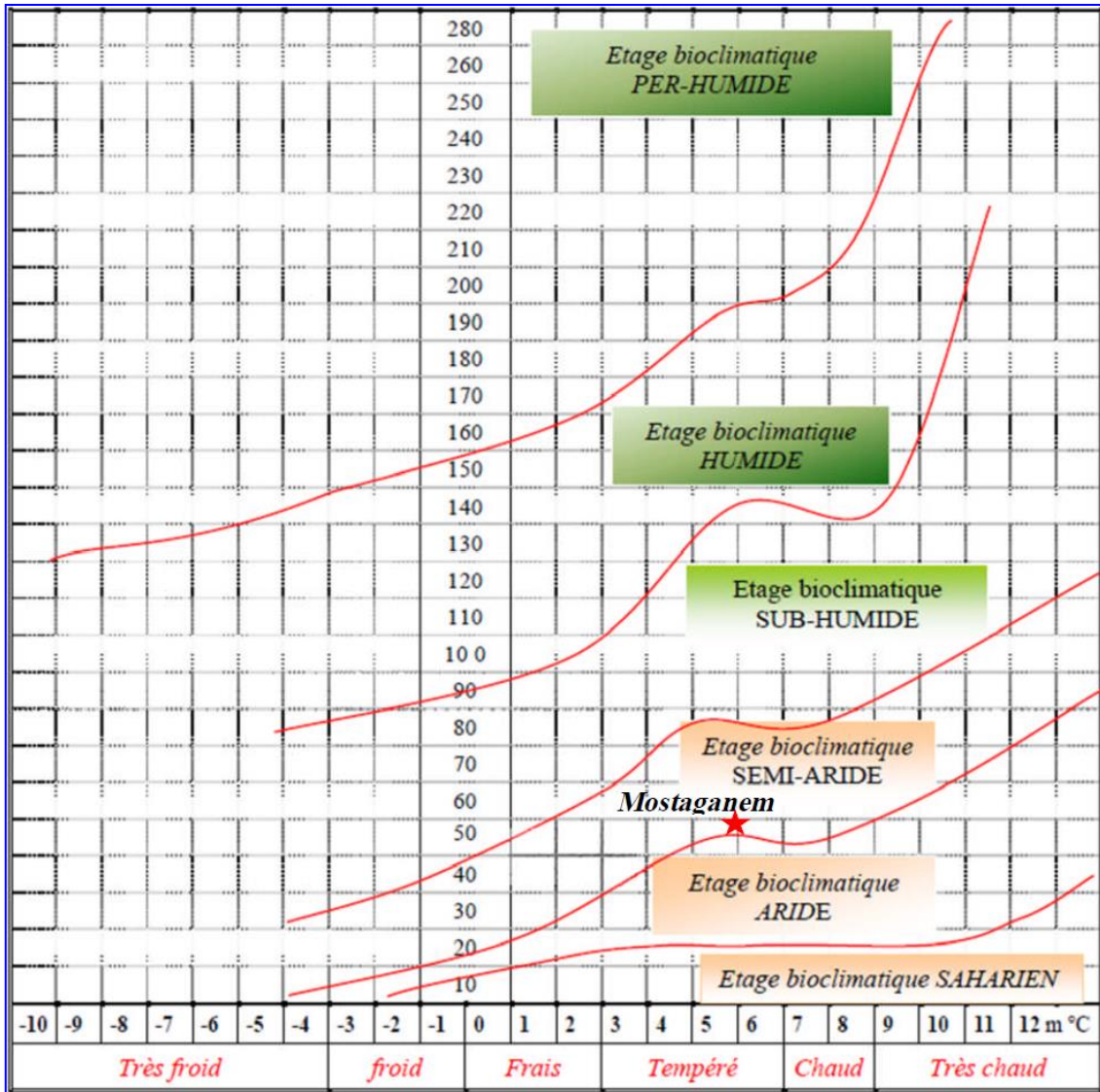


Figure 11: Climagramme d'EMBERGER

PARTIE EXPERIMENTALE

2 : METHODOLOGIE DE TRAVAIL

2.1. Objectifs du travail

L'objectif de notre travail est d'analyser l'effet d'usage de sols sur ses propriétés physico-chimiques et hydriques du sol en étudiant plusieurs parcelles cultivées. La parcelle non cultivée a été retenue à titre comparatif en tant que 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 homogènes de par la pente moyenne. La couleur rouge claire du sol en surface est identique avec moyenne d'accident particulier.

Le prélèvement est réalisé à l'aide d'une tarière pédologique à raison de 3 profils pour chaque parcelle. Il ya 6 parcelles cultivées et une 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 Broyage des échantillons et tamisés à 2 mm et conservés.

PARTIE EXPERIMENTALE

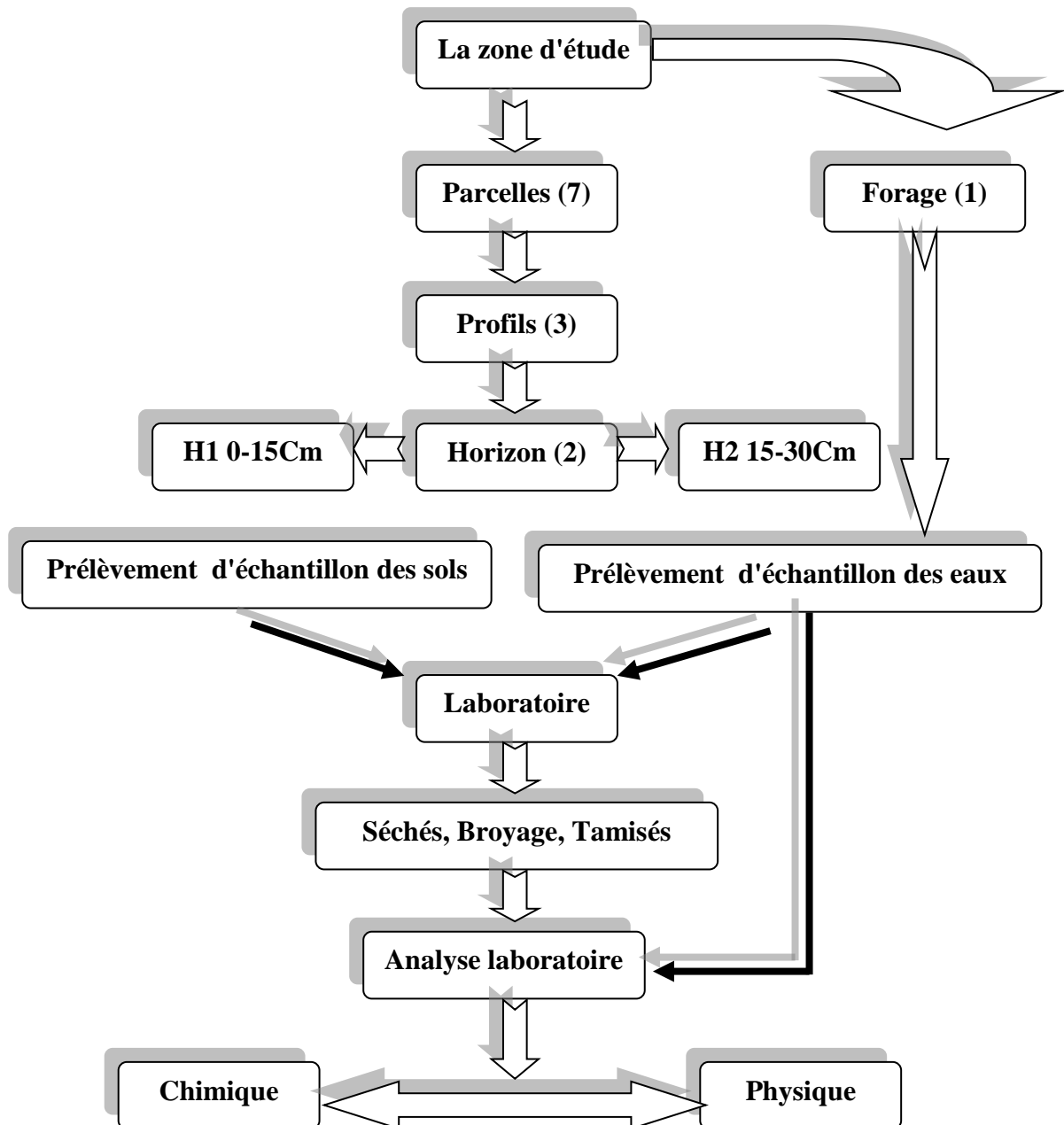


Figure 12. Schéma de protocoles expérimentaux

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 utilisées durant les campagnes précédentes (tableau 2).

Tableaux 02: Identification des parcelles expérimentales

PARTIE EXPERIMENTALE

➤ Parcelle N°7 (T)

	2013/2014	2014/2015	2015/2016
Surface	15 Ha		
	Jachère		

➤ Parcelle N°1

	2013/2014	2014/2015	2015/2016
Surface	1.6 Ha		
Cultures	Vigne (1m*2.5m)		
Travail du sol	Labour conventionnel	Labour conventionnel	Labour conventionnel
Irrigation	-	-	-
Engrais	-	-	-
Herbicides	-	-	-
Insecticides	Bouillie bordelaise	Bouillie bordelaise	Bouillie bordelaise
Rendement	-	-	-

➤ Parcelle N°2

	2013/2014	2014/2015	2015/2016
Surface	2 Ha		
Cultures	Fève	Blé dur	Fourrage (Avoine)
Travail du sol	Labour conventionnel	Labour conventionnel	Labour conventionnel
Irrigation	-	Aspersion	-
Engrais	Fosfacyl (semi mois octobre et novembre)	MAP (semi mois octobre et novembre) SULFAZOTE (tallage mois février,)	MAP (semi mois octobre et novembre) SULFAZOTE (tallage mois février)
Herbicides	-	COSSACK	-
Insecticides	DECIS	DECIS, FALCON	DECIS, FALCON
Rendement	0.2 T/Ha	1.5 T/Ha	200 boit/Ha

PARTIE EXPERIMENTALE

➤ Parcelle N°3

	2013/2014	2014/2015	2015/2016
Surface	1.5Ha		
Cultures	Blé dur	Fourrage (Avoine)	Blé dur
Travail de sol	Labour conventionnel	Labour conventionnel	Labour conventionnel
Irrigation	Aspersion	-	Aspersion
Engrais	MAP (semi mois octobre et novembre SULFAZOTE (tallage mois février)	MAP (semi mois octobre et novembre SULFAZOTE (tallage mois février)	MAP (semi mois octobre et novembre SULFAZOTE (tallage mois février)
Herbicides	COSSACK	-	COSSACK
Insecticides	DECIS, FALCON	DECIS, FALCON	DECIS, FALCON
Rendement	3 T/Ha	80 boit/Ha	3 T/Ha

➤ Parcelle N°4 et 5

	2013/2014	2014/2015	2015/2016
Surface	4+4 Ha		
Cultures	Blé dur	Fourrage (La Vesce)	Blé dur
Travaille de sol	Labour conventionnel	Labour conventionnel	Labour conventionnel
Irrigation	Aspersion	-	Aspersion
Engrais	MAP (semi mois octobre et novembre SULFAZOTE (tallage mois février)	MAP (semi mois octobre et novembre SULFAZOTE (tallage mois février)	MAP (semi mois octobre et novembre SULFAZOTE (tallage mois février)
Herbicides	COSSACK	-	COSSACK
Insecticides	DECIS, FALCON	DECIS, FALCON	DECIS, FALCON
Rendement	3 T/Ha	300 Boite /ha	3 T/Ha

➤ Parcelle N°6

	2013/2014	2014/2015	2015/2016
Surface	2.5 Ha		
Cultures	Jachère	Blé dur	Fève
Travail du sol	-	Laboure conventionnel	Labour conventionnel
Irrigation	-	Aspersion	-
Engrais	-	MAP (semi mois octobre et novembre SULFAZOTE (tallage	MAP (semi mois octobre et novembre SULFAZOTE

PARTIE EXPERIMENTALE

		mois février)	(tallage mois février)
Herbicides	-	COSSACK	COSSACK
Insecticides	-	DECIS FALCON	DECIS
Rendement	-	3 T/Ha	2T/Ha légume sec

NB: l'utilisation des produits phytosanitaires a été réalisée selon les quantités suivantes :

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

SULFAZOTE (0,05 T/Ha)

COSSACK (1 Litre /Ha)

DECIC (0,5 Litre /Ha)

FALCON (1 Litre /Ha)

2.4. Analyses physico-chimiques du sol

Avant de procéder à l'analyse, les échantillons doivent subir impérativement un traitement préalable. Ce prétraitement consiste à laisser sécher les échantillons à l'air libre pendant une nuit. Puis Broyage des échantillons Les échantillons sont ensuite tamisés par un tamis dont la maille est de 2 mm afin d'obtenir une terre fine d'une part et de se débarrasser de toute matière grossière d'autre part.

2.4.1. Humidité résiduelle du sol

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 :

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

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

L'activité chimique des ions hydrogènes (H^+) doit être déterminée, afin d'avoir une idée sur l'acidité ou l'alcalinité du sol. On la détermine souvent par la méthode potentiométrique à l'aide d'un pH-mètre. Il est déterminé dans une suspension sol/eau distillée suivant un rapport 1/2,5.

PARTIE EXPERIMENTALE

2.4.3. La conductivité électrique (CE)

La conductivité électrique (rapport de 1/5) a été mesurée à l'aide d'un conductimètre comme dans le cas des eaux mais avec un protocole différent. Cette conductivité (mS/cm) exprime la capacité d'un sol mis en solution à se faire traverser par un courant électrique

2.4.4. Analyse granulométrique

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/cm³ et elle représente pratiquement la densité du quartz.

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

P₁ : masse de pycnomètre plain de liquide + masse de terre (10g) ;

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

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

PARTIE EXPERIMENTALE

P₂ : masse de terre + masse de liquide complétant le pycnomètre jusqu'au trait de jauge.

Connaissant ces deux valeurs, on peut calculer la différence **P = (P₁ - P₂)**, 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_a** et **Dr** on obtient alors la porosité total égale à :

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

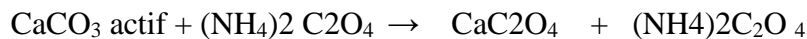
2.4.7. Calcaire total (CaCO₃)

L'objectif est de déterminer à l'aide d'un acide fort (HCl), le volume de CO₂ dégagé, ce dernier est proportionnel à la quantité de carbonate de calcium. (CaCO₃) contenu dans le sol.



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.



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. Matières 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 (K₂Cr₂O₇) 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 :

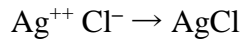
$$MO\% = C\% * 1,724$$

$$N\% = MO\% * 0,05$$

PARTIE EXPERIMENTALE

2.4.10. Les chlorures (Cl⁻)

Pour les chlorures : on utilise la méthode argentimétrique, c'est à dire par titrage potentiométrique avec AgNO₃ on fait précipiter tous les ions chlorures



Chlorure de sodium (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).

Chlorure de magnésium (MgCl₂) : 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) sont semblables à Na Cl, mais ils sont moins répandu dans les sols.

Chlorure de calcium (CaCl₂) C'est un sel relativement rare dans les sols, car il réagit avec le (Na₂SO₄) ou le (Na₂CO₃) qui est peu soluble, sa solubilité est de l'ordre de 739 g/l à 20 °C.

2.4.11. Les sulfates (SO₄²⁻)

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



$$\text{SO}_4^{2-} \text{ en Méq/l} = B * 8.56 * 1000 * D/V$$

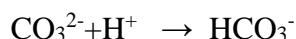
B:poids de BaSO₄ précipité

V:volume de la prise d'essai

D:inverse de facteur de dilution

2.4.12. Carbonates et bicarbonates (CO₃²⁻, HCO₃⁻)

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



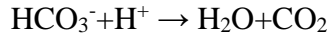
Dosage des bicarbonates

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

PARTIE EXPERIMENTALE

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.



$$\text{CO}_3^{2-} \text{ (meq/l)} = 2 * (\text{V1} * (0.1/\text{N}) * 1000 * (\text{D}/\text{V}))$$

$$\text{HCO}_3^- \text{ (meq /l)} = (\text{V2} - \text{V3}) * 0.1 * 1000 * (\text{D}/\text{V})$$

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 nécessaires 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 Ca^{++} , Mg^{++} , 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).

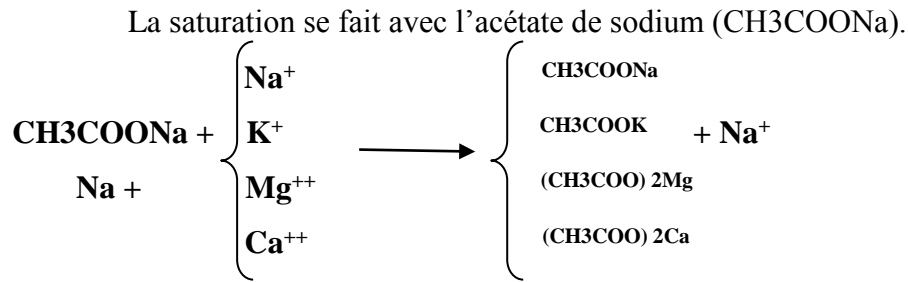
$$\text{CEC (méq/100g)} = (\text{V2} - \text{V1}) * 2 * \text{N} * (\text{V}/\text{A}) * 100/\text{G}$$

2.4.14. La notion des cations échangeable:

Les cations échangeables sont les cations qui fixent les colloïdes électro-négatifs du sol les principaux sont Ca, Mg, Na, K.

PARTIE EXPERIMENTALE

D'autres peuvent exister en plus faible quantité, ce sont Li, Ba, Mn ... pratiquement, tous les cations peuvent se fixer sur le complexe adsorbant.



Donc les ions 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 de l'eau d'irrigation

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

Il permet de mesurer l'activité chimique des ions hydrogènes (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°C, et exprimée en 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 (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 (AgNO₃) à N=1/10 en présence de chromate de potassium (K₂CrO₄) à 10%.

2.5.5. Les sulfates

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.

PARTIE EXPERIMENTALE

Les teneurs obtenues sont exprimées en ppm (mg/l).

2.5.6. Ammonium (NH₄⁺)

La détermination de l'azote ammoniacal (NH₄⁺) 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 (NO₃⁻)

(Méthode de réduction au cadmium par appareille 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 CO₃²⁻, bicarbonates HCO₃⁻ - et Hydroxydes OH⁻.

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 formed'hydroxydes, et en présence du rouge de Murexide, on dose uniquement le calcium.

2.5.11. Détermination du calcium (Ca⁺⁺) et du magnésium (Mg⁺⁺)

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

PARTIE EXPERIMENTALE

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

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 & DISCUSSIONS

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 ceux du témoin pour chaque profil et horizons sont résumés dans le tableau 3.

Tableau 3 : Résultats des analyses granulométrique du sol.

Parcelle	Profil	Horizon A (0-15cm)				Horizon B (15-30cm)			
		%A	%L	%S	Texture	%A	%L	%S	Texture
Parcelle N°1	1	17,12	4,94	77,94	L S	18,94	9,75	71,32	L S
	2	16,16	12,73	71,11	L S	14,75	11,92	73,33	L S
	3	16,01	12,94	71,05	L S	13,87	13,99	72,14	L S
Parcelle N°2	1	19,04	8,45	72,51	L S	18,16	11,23	70,61	L S
	2	19,14	8,35	72,51	L S	15,66	9,29	75,05	L S
	3	12,32	6,78	80,90	L S	10,56	9,17	80,27	L S
Parcelle N°3	1	15,15	18,99	65,86	L S	15,02	18,65	66,33	L S
	2	30,71	28,38	40,91	L A	38,12	25,31	36,56	L A
	3	16,01	18,14	65,85	L S	14,04	18,13	67,83	L S
Parcelle N°4	1	29,29	8,36	62,34	L A S	26,11	17,33	56,56	L A S
	2	39,85	24,94	35,21	L A	35,20	26,34	38,46	L A
	3	39,76	25,45	34,79	L A	38,25	26,44	35,31	L A
Parcelle N°5	1	35,86	25,83	38,31	L A	32,07	26,69	41,24	L A
	2	39,39	27,06	33,54	L A	36,52	23,49	39,99	L A
	3	38,12	26,85	35,03	L A	36,46	24,11	39,43	L A
Parcelle N°6	1	21,52	20,80	57,68	L A S	29,34	22,83	47,83	L A S
	2	25,45	20,77	53,77	L A S	19,60	21,32	59,08	L S
	3	25,08	20,67	54,28	L A S	17,87	11,86	70,27	L S
Parcelle T	1	20,69	27,12	52,19	L A S	21,74	23,93	54,33	L S
	2	20,81	27,84	51,35	L A S	16,98	13,86	69,16	L S
	3	19,39	25,49	55,11	L S	19,80	24,46	55,74	L S

Les résultats analytiques obtenus (tableau 3) révèlent que les sols des parcelles agricoles étudiées sont caractérisées par une texture légère de type limono-sableuse à limono-argileuse et limono-argileuse-sableuse.

Nous remarquons que plusieurs textures de sols des horizons dans les différentes parcelles ont été identifiées. Les fractions granulométriques prédominantes sont les fractions limono-sableuses des horizons A et B des parcelles N°1-2 et 3 et dans l'horizon B de la parcelle Témoin,

RESULTATS & DISCUSSION

La fraction limono-argileuse est moyennement représentée, c'est le cas des horizons A et B pour les parcelles N°4-5.

La fraction limono-argileuse-sableuse est peu représentée, elle est rencontrée surtout au niveau des horizons A de la parcelle N°6 et celui du Témoin, ainsi dans quelques horizons des autres parcelles.

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).

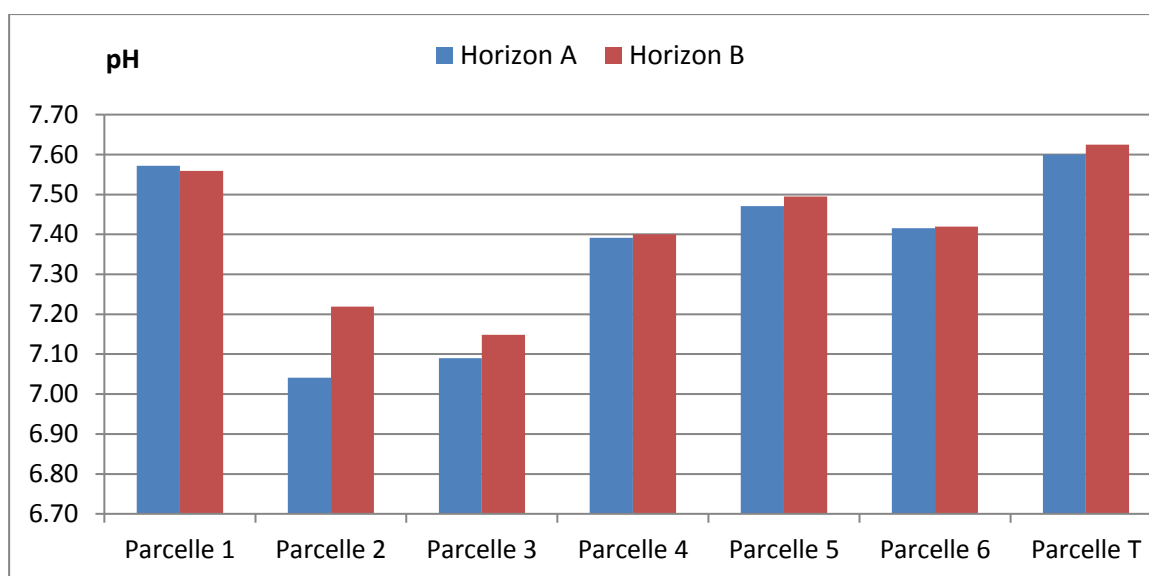


Figure 14: Représentation graphique du résultat moyen du pH

L'examen de l'histogramme (fig. 14) et la lecture du tableau n° 1 (cf. Annexe 2), montre que les valeurs du pH varient entre 7.04 et 7.39 pour l'horizon A, et varient entre 7.15 et 7.40 pour l'horizon B, au niveau des parcelles 2, 3 et 4 avec une moyenne respectivement 7.17 et 7.26. Ces valeurs du pH du sol correspondent en effet à une réaction du sol relativement neutre.

Par contre, elles oscillent entre 7.42 et 7.60 pour l'horizon A, et varient entre 7.42 et 7.63 pour l'horizon B, pour les parcelles 1, 5, 6 et T, avec une moyenne pour des deux horizons respectivement de 7.51 et 7.52. Ces valeurs correspondent à une réaction du sol légèrement alcalin.

Il y a lieu de noter que le pH de la couche de profondeur est inférieur à celui de la couche superficielle.

RESULTATS & DISCUSSION

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

Les résultats de l'analyse de variance de la valeur du pH sont présentés dans le tableau n° 4.

Tableau N° 4: Analyse de variance de pH du sol

Source de variation	ddl	F théo	F OBSV	PROBA
Var. totale	41			
Parcelle	6	2,45	5,248	0,0010
Horizon	1	4,20	0,401	0,5386
Interaction	6	2,45	0,141	0,9880
Var. résiduelle	28			

La mise en examen des moyennes enregistrées pour le pH obtenu affiche des résultats hautement significatifs pour le facteur Parcelle à un risque $\alpha=5\%$.

Le test de Newman-Keuls a permis de distinguer trois groupes homogènes distincts (cf. Annexe 3 Tableau n° 1) pour Facteur parcelles, classés dans l'ordre décroissant dont les moyennes les plus élevées sont classées dans le groupe A comprenant les parcelles T, 1 et 5, le groupe AB réunit les parcelles 6 et 4, alors que le groupe B regroupe les parcelles 2 et 3 avec des moyennes faibles.

En outre, le facteur horizon ainsi que celui de l'interaction montrent des effets non significatifs.

1.3. La conductivité électrique (CE)

La conductivité électrique exprime la quantité totale en sels solubles correspondant ainsi 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).

RESULTATS & DISCUSSION

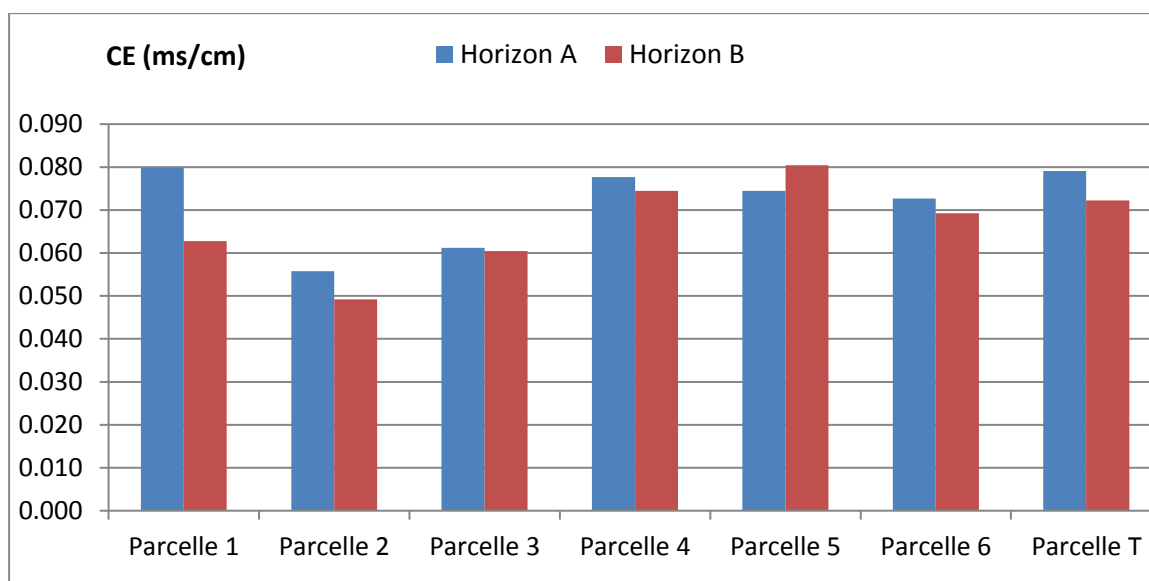


Figure 15: Représentation graphique du résultat moyenne de la CE

D'après la fig.15 et la lecture du tableau n° 2 (cf. Annexe 2), de la CE, on trouve qu'elle varie de 0.056 à 0.080 ms/cm pour l'horizon A, et de 0.049 à 0.080 ms/cm pour l'horizon B, avec une moyenne respectivement 0.072 à 0.067 ms/cm pour toutes les parcelles.

Les valeurs de la conductivité électrique des parcelles se situent au-dessous des normes, ce qui correspond à un sol non salé.

Cette différence entre les valeurs de deux horizons s'explique par la concentration élevée des sels solubles au niveau de la couche supérieure qui est moins humide et plus perméable que la couche inférieure. À l'exception dans le cas de la parcelle 5.

Dans le cas de la parcelle 5, la raison est attribuée à la texture du sol limono-argileuse de la couche superficielle qui est plus humide et moins perméable que la couche inférieure.

Le résultat statistique de l'analyse de variance des CE est présenté dans le tableau n° 5

Tableau N° 5: Analyse de variance de CE du sol

Source de variation	ddl	F théo	F obs	Prob
Var. totale	41			
Parcelle	6	2,45	2,44	0,0509
Horizon	1	4,20	1,08	0,3085
Interaction	6	2,45	0,367	0,8936
Var. résiduelle	28			

L'analyse de variance pour la variable CE a montré des résultats non significatifs pour la totalité des facteurs pris en considération (tableau n° 5). L'absence de signification indique que l'évolution de la matière organique est la même pour l'ensemble des parcelles.

RESULTATS & DISCUSSION

1.4. L'humidité H%

Le taux d'humidité représente la quantité d'eau que peut retenir un sol soumis aux conditions naturelles d'assèchement. 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).

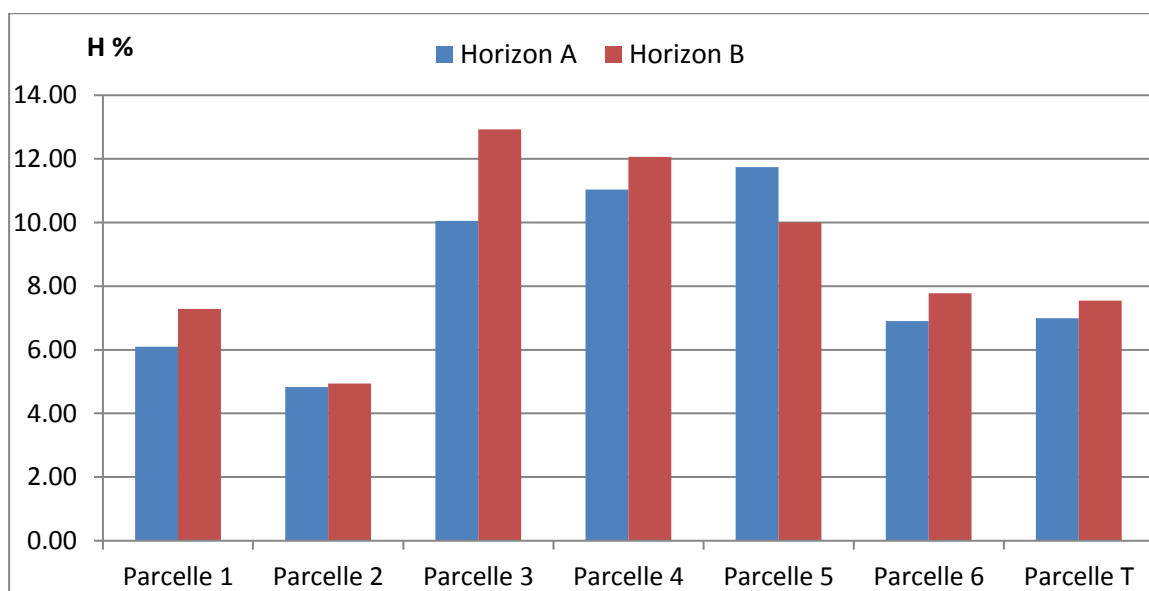


Figure 16: Représentation graphique du résultat moyen du H%

L'examen de l'histogramme (fig. 16) et la lecture du tableau n° 3 (cf. Annexe 2), montrent que les valeurs varient entre 4.82% et 6.99% pour l'horizon A, et entre 4.94% et 7.78% pour l'horizon B, ces valeurs sont notées au niveau des parcelles 1-2-6 et T, avec une moyenne respectivement 6.20% et 6.89%.

Par contre, L'humidité oscillent entre 10.05% et 11.74% pour l'horizon A, et entre 10.0 et 12.93% pour l'horizon B, pour les parcelles 3-4 et 5, avec une moyenne respectivement 10.94% et 11.66%

La différence entre les valeurs de l'humidité entre les parcelles 3-4 et 5 est liée à l'utilisation du système d'irrigation par aspersion.

Cette différence est aussi observée entre les valeurs des deux horizons pour les parcelles (1-2-3-4-6 et T). L'humidité est plus élevée au niveau de la couche inférieure à cause de sa texture du sol ; considérée comme étant plus perméable que la couche inférieure.

Le résultat statistique de l'analyse de variance de l'humidité présentée dans le tableau n°

RESULTATS & DISCUSSION

Tableau N° 6: Analyse de variance de l'humidité du sol

Source de variation	DDL	F THR	F OBSV	PROBA	C.V.
Var. totale	41				
Parcelle	6	2,45	3,317	0,0136	
Horizon	1	4,20	0,4	0,5393	
Interaction	6	2,45	0,221	0,9656	
Var. résiduelle	28				41,95%

L'analyse de variance des humidités montre 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° 2) pour le facteur parcelle, classés dans l'ordre décroissant dont les moyennes les plus élevées sont classées dans le groupe A regroupant les parcelles 4 et 3, le groupe AB réunit les parcelles 5, 6, T et 1, alors que le groupe B renferme la parcelle 2 avec la moyenne faible.

Entre autre, le facteur horizon et ainsi que l'effet interaction ont montré des résultats non significatifs.

1.5. Le carbone organique (C%)

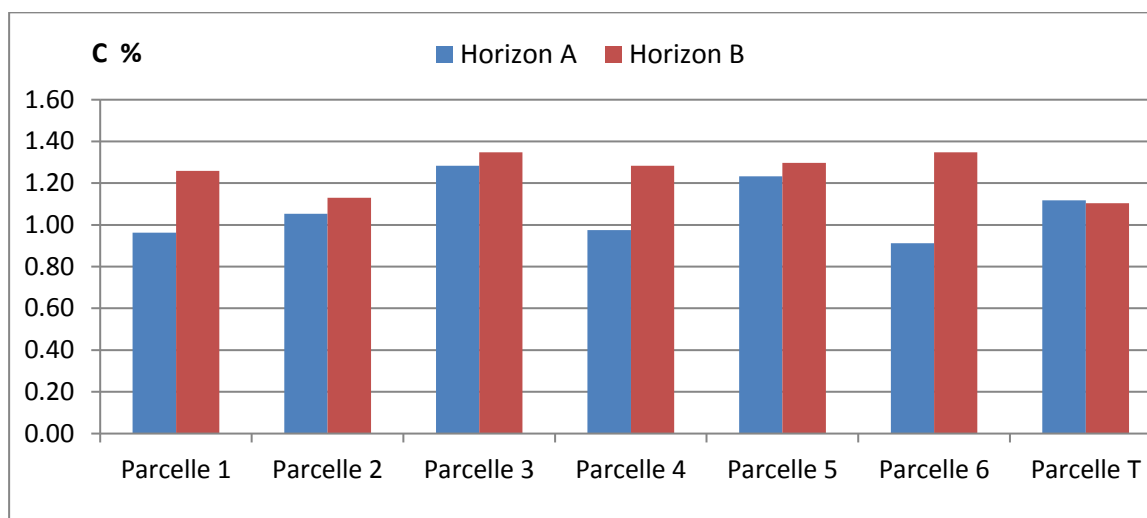


Figure 17: Représentation graphique du résultat moyen du carbone organique

L'examen de l'histogramme (fig 17) et La lecture du tableau n° 4 (cf. Annexe 2), montrent que les teneurs en carbone varient entre 0.91 et 1.28% avec une moyenne de 1.07% pour la couche A (0-15 cm), et entre 1.10 et 1.35% avec une moyenne de 1.25% pour la couche B (15-30cm).

La teneur en carbone organique dans la couche inférieure élevée par rapport à la couche supérieure pour toutes les parcelles.

RESULTATS & DISCUSSION

Dans le système conventionnel, les teneurs en carbone organique sont homogènes dans les premiers 30 cm et plus abondantes entre 15 et 40 cm en comparaison au 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 décroissent fortement dans les horizons des sols.

Le résultat statistique de l'analyse de variance vis-à-vis de la variation du carbone organique est présenté dans le tableau n° 7

Tableau N° 7: Analyse de variance de carbone organique

Source de variation	ddl	Fthéo	F obs	Proba
Var. totale	41			
Parcelle	6	2,45	0,402	0,8716
Horizon	1	4,20	2,814	0,1009
Interaction	6	2,45	0,367	0,8935
Var. résiduelle	28			

L'analyse de variance pour la variable carbone organique a montré des résultats non significatifs pour la totalité des facteurs pris en considération (tableau n° 7). L'absence de signification indique que l'évolution de la matière organique est la même pour l'ensemble des parcelles.

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.

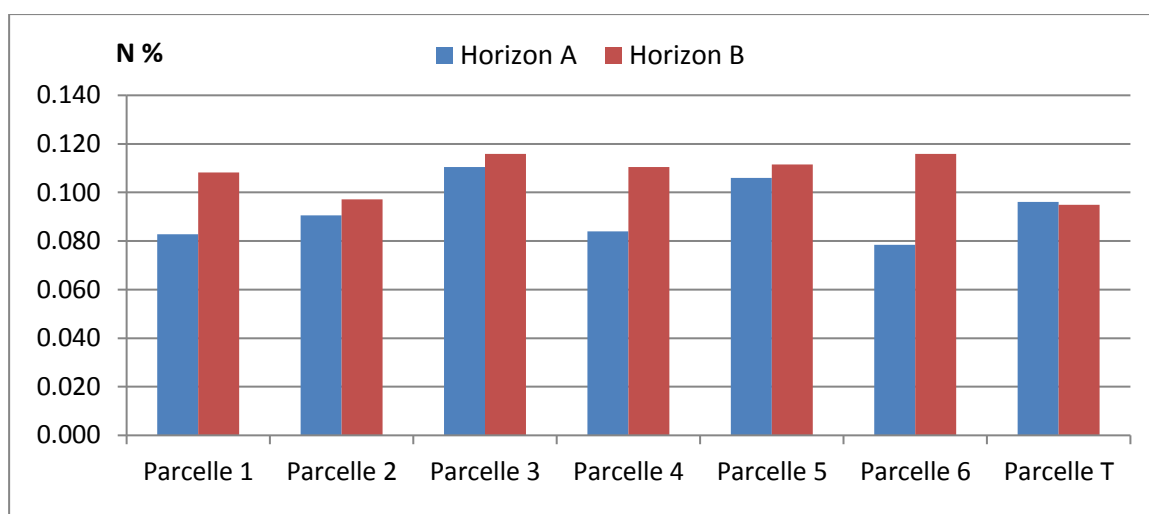


Figure 18: Représentation graphique du résultat moyenne de l'azote total

RESULTATS & DISCUSSION

Les données du tableau n° 5 (cf. Annexe 2) et l'examen l'histogramme (fig 18), montrent que les teneurs en azote varient entre 0.078 et 0.11% avec une moyenne de 0.093% pour la couche A (0-15 cm), et entre 0.095 et 0.116% avec une moyenne de 0.108% pour la couche B (15-30cm).

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

On constate que la majorité de nos sols ont une teneur en azote $NT < 0,5$, ce sont donc des sols très pauvre en azote.

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 diminution est due aux activités biologiques et la mobilité de l'azote dans 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 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 concernant l'azote total est présenté dans le tableau n° 8

Tableau N° 8: Analyse de variance de l'Azote total

Source de variation	ddl	F théo	F obs	Prob
Var. totale	41			
Parcelle	6	2,45	0,402	0,8717
Horizon	1	4,20	2,81	0,1011
Interaction	6	2,45	0,367	0,8935
Var. résiduelle	28			

L'analyse de variance de la variable azote total a fait observer des effets non significatifs pour la totalité des facteurs étudiés (tableau n° 8). L'absence de différences signifie que l'évolution de l'azote sous toutes ses formes est homogène pour l'ensemble des parcelles.

RESULTATS & DISCUSSION

1.7. La matière organique

La matière organique du sol est 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).

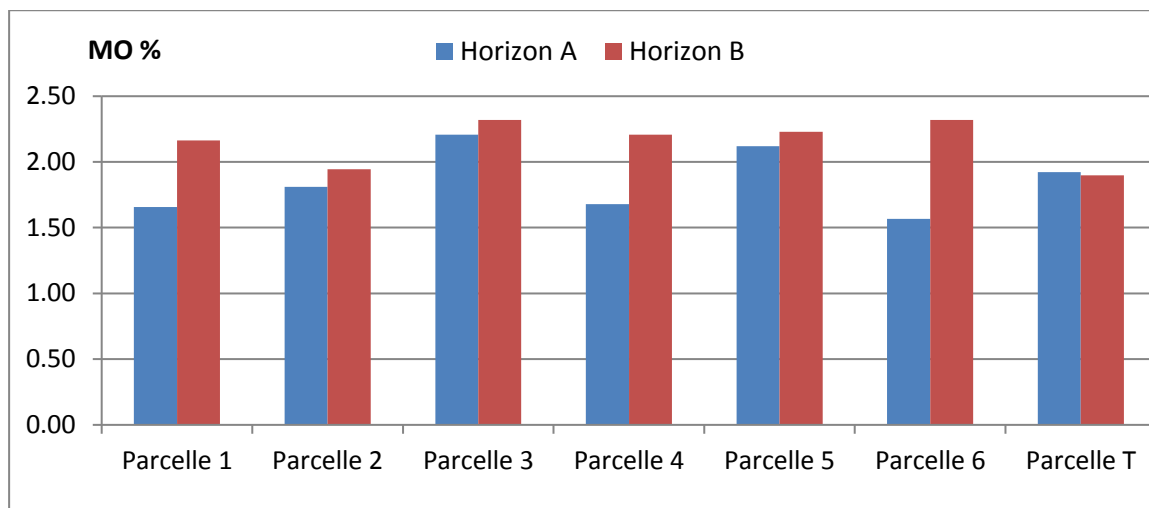


Figure 19: Représentation graphique du résultat moyen de la matière organique

Les résultats moyens de la teneur en matière organique dans les sols tableau n° 6 (cf. Annexe 2) étudiés varie entre 1.57 et 2.21% avec une moyenne de 1.85% pour la couche A, et entre 1.90 et 2.32% avec une moyenne de 2.15% pour la couche B (figure 19),

La teneur en matière organique au niveau des parcelles 3-4 et 5 ($2 < MO < 4$) permet d'affirmer qu'il s'agit de sols peu riches en matière organique, par contre les autres parcelles peuvent être classés comme sols pauvres.

La teneur en matière organique dans la couche inférieure est élevée par rapport à la couche supérieure pour toutes les parcelles.

Le résultat statistique analyse de variance du paramètre matière organique est présenté dans le tableau n° 9

Tableau N° 9: Analyse de variance de Matière organique du sol

Source de variation	Ddl	F théo	Fobs	Prob
Var. totale	41			
Parcelle	6	2,45	0,402	0,8716
Horizon	1	4,20	2,813	0,1009
Interaction	6	2,45	0,367	0,8935
Var. résiduelle	28			

RESULTATS & DISCUSSION

L'analyse de variance de la matière organique montre des résultats non significatifs pour la totalité des facteurs dans le tableau n° 9. Le taux de matière organique apparaît le même pour les sols analysés pour les parcelles de l'étude.

1.8. Le calcaire total et actif CaCO₃

La teneur en calcaire est liée soit à la nature du substrat ou la roche mère, ainsi qu'aux différents apports artificiels ou naturels.

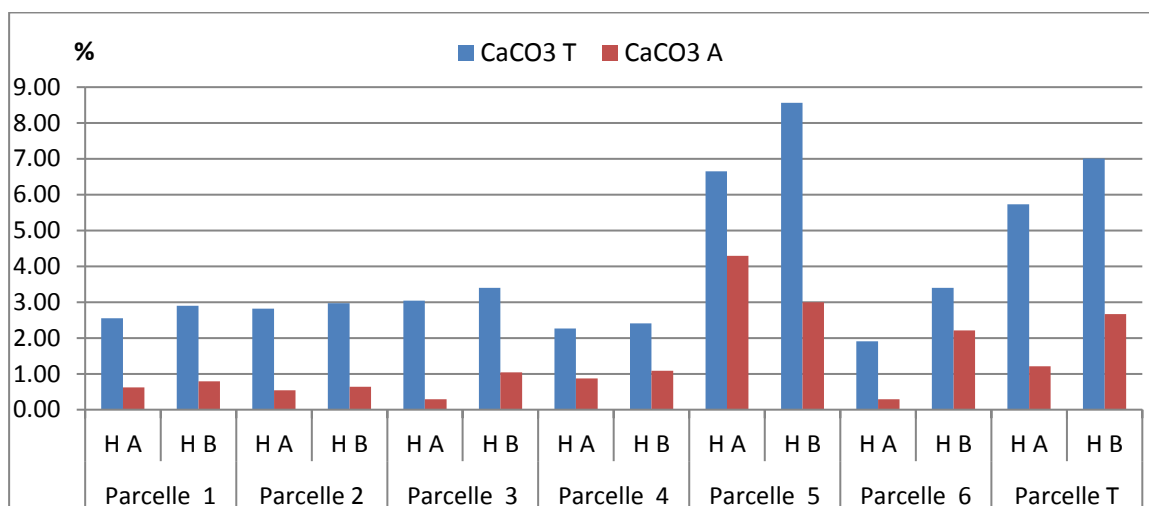


Figure 20: Représentation graphique du résultat moyen du la calcaire totale et actif

– Les résultats d'analyse tableau n° 7 (cf. Annexe 2) et l'examen l'histogramme (fig 20), montrent que les teneurs en calcaire total dans la couche A (0-15 cm) varient entre 1.91 et 6.65% avec une moyenne de 3.57%. et varient entre 2.41 et 8.56% avec une moyenne de 4.38% pour la couche B (15-30 cm).

– Les résultats d'analyse tableau n° 8 (cf. Annexe 2) et l'examen l'histogramme (fig 20), montrent que les teneurs en calcaire actif dans la couche A (0-15 cm) varient entre 0.29 et 4.29% avec une moyenne de 1.16%, et varient entre 0.64 et 3.00% avec une moyenne de 1.63% pour la couche B (15-30 cm).

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

A partir de ces résultats on peut affirmer que le sol des parcelles étudiées est non calcaire.

Le résultat statistique analyse de variance du paramètre calcaire total est donné dans les tableaux n° 10.

RESULTATS & DISCUSSION

Tableau N° 10: Analyse de variance de Calcaire Total du sol

Source de variation	DDL	F THR	F OBSV	PROBA
Var. totale	41			
Parcelle	6	2,45	12,576	0
Horizon	1	4,20	3,251	0,0788
Interaction	6	2,45	0,375	0,8887
Var. résiduelle	28			

La mise en examen des moyennes enregistrées pour le CaCO_3 T obtenues affiche des résultats très hautement significatifs pour le facteur parcelle à un risque $\alpha = 5\%$.

D'après le test de Newman-Keuls, on obtient deux groupes homogènes (cf. Annexe 3 Tableau n° 3) distincts pour le facteur parcelle, classés dans l'ordre décroissant dont les moyennes les plus élevées sont classées dans le groupe A et regroupe les parcelles 5 et T, le groupe B rassemble les parcelles 3, 2, 1, 6 et 4 avec des moyennes faibles.

Entre autre, le facteur horizon et l'interaction révèlent des résultats non significatifs.

Tableau N° 11: Analyse de variance de calcaire actif du sol

Source de variation	ddl	Fthé	F obs	Prob
Var. totale	41			
Parcelle	6	2,45	23,781	0
Horizon	1	4,20	7,746	0,0093
Interaction	6	2,45	5,406	0,0009
Var. résiduelle	28			

La mise en examen des moyennes enregistrées pour le calcaire actif révèle des différences très hautement significatifs pour le facteur Parcelle, hautement significatif pour l'effet interaction (parc*horz) et très significatifs pour le facteur Horizon.

D'autres part, le test de Newman-Keuls (cf. Annexe 3 Tableau n° 4A) affiche pour le facteur parcelle trois groupes homogènes distincts dont le groupe A renferme la parcelle de moyenne la plus élevée (5), le groupe B renferme la parcelle (T), et le groupe C assemble des parcelles (6, 4, 1, 3 et 2) avec faibles les moyennes.

Alors que, le même test dévoile pour facteur horizon deux groupes homogènes A et B (cf. Annexe 3 Tableau n° 4B), dont le groupe A regroupe tous les horizons inférieurs (moyennes élevées), à l'inverse le groupe B renferme les horizons superficiels (moyennes faibles).

1.9. La densité apparente (D_a) et la densité réelle (D_r)

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

RESULTATS & DISCUSSION

en humus (Duthil, 1970). Sachant que la densité apparente des sols varie entre 1.00 g/cm^3 et 1.80 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

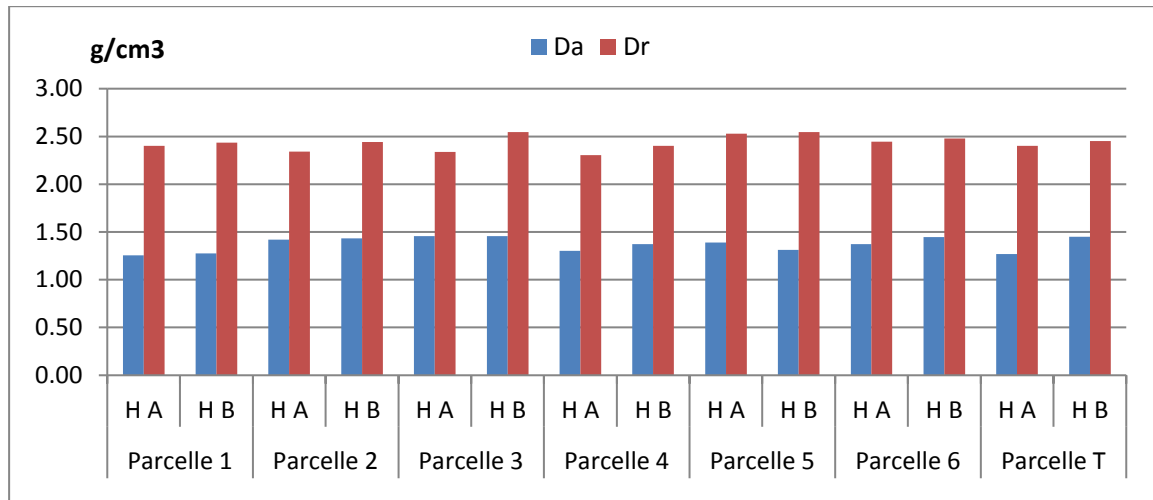


Figure 21: Représentation graphique du résultat moyen de la densité apparente et réelle

– Les résultats d'analyse tableau n° 9 (cf. Annexe 2) et l'examen l'histogramme (fig 21), montrent que la densité apparente varie entre 1.25 et 1.46 avec une moyenne de 1.35 pour la couche A (0-15 cm). et varie entre 1.28 et 1.46 avec une moyenne de 1.39 pour la couche B (15-30 cm).

– Les résultats d'analyse tableau n° 10 (cf. Annexe 2) et l'examen l'histogramme (fig 21), montrent que la densité réelle varie entre 2.30 à 2.53 avec une moyenne de 2.39 pour la couche A (0-15 cm). et varie entre 2.40 et 2.55 avec une moyenne de 2.47 pour la couche B (15-30 cm).

La densité apparente et la densité réelle dans la couche inférieure sont élevées 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 de 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).

Le résultat statistique de l'analyse de variance densité apparente et réelle est présenté dans les tableaux n° 12, 13

RESULTATS & DISCUSSION

Tableau N° 12: Analyse de variance densité apparente du sol

Source de variation	ddl	Fthéo	Fobs	Proba
Var. totale	27			
Parcelle	6	2,85	3,475	0,0258
Horizon	1	4,60	2,504	0,1327
Interaction	6	2,85	1,343	0,3026
Var. résiduelle	14			

L'analyse de variance des densités apparente montre 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° 5) pour le facteur parcelle, classés dans l'ordre décroissant dont les moyennes les plus élevées correspondent au groupe A, regroupant les parcelles 3 et 2, le groupe AB réunit les parcelles 6, T, 5 et 4, alors que le groupe B renferme la parcelle 1 avec de moyenne faible.

Entre autre, le facteur Horizon et l'effet d'interaction des deux facteurs n'ont révélé aucune différence significative.

Tableau N° 13: Analyse de variance densité réelle du sol

Source de variation	Ddl	F théo	F obs	Proba
Var. totale	27			
Parcelle	6	2,85	1,905	0,1499
Horizon	1	4,60	5,971	0,0272
Interaction	6	2,85	0,625	0,7091
Var. résiduelle	14			

Pour la densité réelle, la mise en examen des moyennes obtenues montre un résultat significatif pour le facteur Horizon à un risque $\alpha= 5\%$, par contre elle est non significative pour le facteur parcelle et pour l'interaction.

Le test de Newman-Keuls, nous a permis de distinguer deux groupes homogènes (cf. Annexe 3 Tableau n° 6) pour le facteur horizon, dont le groupe A regroupe les horizons avec des moyennes élevées correspondant avec les horizons inférieurs, en revanche, le groupe B renferme les horizons superficiels avec des moyennes faibles.

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 général (Duchaufour, 1970).

RESULTATS & DISCUSSION

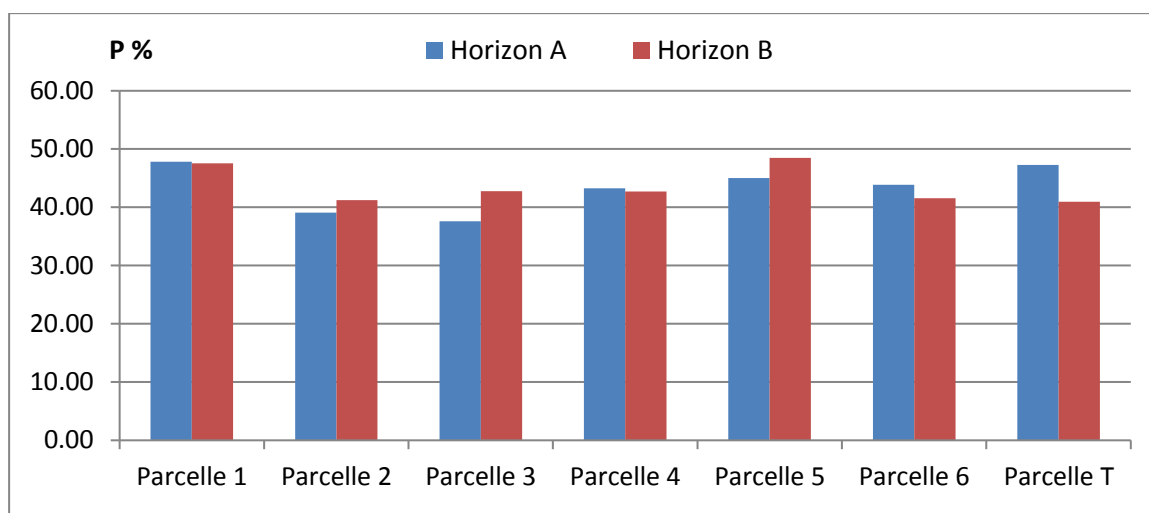


Figure 22: Représentation graphique du résultat moyen de la porosité

D'après les résultats tableau n° 11 (cf. Annexe 2) et (fig 22) la porosité totale des sols varie entre 37.60 et 47.81% avec une moyenne de 43.42% pour la couche supérieure (15-30 cm), par contre, elle varie entre 40.94 et 48.46% avec une moyenne de 43.60% pour la couche inférieure (15-30 cm).

Les sols des horizons des différentes parcelles peuvent être caractérisés d'une porosité forte. Cette dernière est en relation directe avec la texture (facteur essentiel de la rétention en eau), ainsi que la structure qui est les principales propriétés physiques des sols en intervenant sur les phénomènes de ruissellement, d'infiltration et d'évaporation.

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 de porosité présentée dans le tableau n° 14

Tableau N° 14: Analyse de variance porosité du sol

Source de variation	ddl	Fthéo	Fobs	Proba
Var. totale	27			
Parcelle	6	2,85	2,232	0,1011
Horizon	1	4,60	0,016	0,8964
Interaction	6	2,85	0,953	0,4904
Var. résiduelle	14			

RESULTATS & DISCUSSION

L'analyse de variance de la porosité (tableau n° 14) montre des résultats non significatifs pour la totalité des facteurs pris en considération et que les différentes parcelles ont la même porosité.

1.11. La concentration des anions

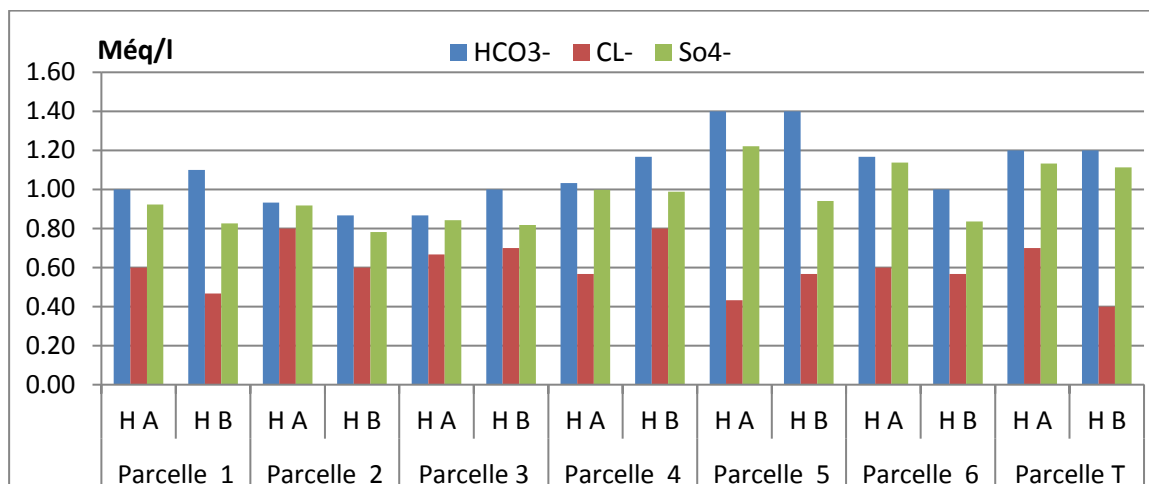


Figure 23: Représentation graphique du résultat moyen de la concentration des anions

- HCO₃⁻: D'après les résultats tableau n° 12 (cf. Annexe 2) et (fig 23) la concentration des ions HCO₃⁻ varie entre 0.87 et 1.40 még/l avec une moyenne de 1.09 még/l pour la couche supérieure (15-30 cm), par contre, elle varie entre 0.87 et 1.40 még/l avec une moyenne de 1.10 még/l pour la couche inférieure (15-30 cm) et ce pour toutes les parcelles.
- Cl⁻: D'après les résultats tableau n° 13 (cf. Annexe 2) et (fig 10), la concentration des ions Cl⁻ varie entre 0.43 et 0.80 még/l avec une moyenne de 0.62 még/l pour la couche supérieure (15-30 cm), par contre, elle varie entre 0.40 et 0.80 még/l avec une moyenne de 0.59 még/l pour la couche inférieure (15-30 cm), pour toutes les parcelles.
- SO₄²⁻: D'après les résultats tableau n° 14 (cf. Annexe 2) et (fig 10) la concentration des ions SO₄²⁻ varie entre 0.84 et 1.22 még/l avec une moyenne de 1.02 még/l pour la couche supérieure (15-30 cm), par contre, elle varie entre 0.78 et 1.11 még/l avec une moyenne de 0.9 még/l pour la couche inférieure (15-30 cm) pour toutes les parcelles.

De ce fait le classement des anions est de type: **HCO₃⁻ > SO₄²⁻ > CL⁻**.

Le résultat statistique de l'analyse de variance d'anions solubles sont données dans le tableau n° 15, 16, 17.

RESULTATS & DISCUSSION

Tableau N° 15: Analyse de variance de la HCO₃⁻ du sol

Source de variation	ddl	F théo	F obs	Proba
Var. totale	41			
Parcelle	6	2,45	5,964	0,0004
Horizon	1	4,20	0,133	0,7181
Interaction	6	2,45	0,658	0,6850
Var. résiduelle	28			

L'analyse de variance des HCO₃⁻ montre des résultats hautement significatifs pour le facteur parcelle à un risque $\alpha = 5\%$.

Le test de Newman-keuls nous a permis de distinguer quatre groupes homogènes (cf. Annexe 3 Tableau n° 7) pour le facteur parcelle, classés dans l'ordre décroissant dont les moyennes les plus élevées sont classées dans le groupe A renfermant la parcelle 5, le groupe B comprend la parcelle T, le groupe BC réunit les parcelles 4, 6, 1 et 3, alors que le groupe C se distingue par la parcelle 2 avec la faible moyenne.

Entre autre, le facteur Horizon et celui de l'interaction Facteur, l'analyse de variance a montré des résultats non significatifs.

Tableau N° 16: Analyse de variance Cl⁻ du sol

Source de variation	ddl	F théo	F obs	Proba
Var. totale	41			
Parcelle	6	2,45	1,977	0,1025
Horizon	1	4,20	0,736	0,4027
Interaction	6	2,45	2,559	0,0418
Var. résiduelle	28			

L'analyse de variance des moyenne de Cl⁻ a montré des résultats significatif pour l'effet interaction des deux facteurs (parcelle et horizon) un risque $\alpha = 5\%$.

Par contre, le facteur parcelle et celui d'horizon n'ont montré aucun effet significatif.

Tableau N° 17: Analyse de variance SO₄²⁻ du sol

Source de variation	ddl	F théo	F obs	Proba
Var. totale	41			
Parcelle	6	2,45	0,62	0,7139
Horizon	1	4,20	1,255	0,2717
Interaction	6	2,45	0,176	0,9797
Var. résiduelle	28			

L'analyse de variance de la SO₄²⁻ a révélé des résultats non significatifs pour la totalité des facteurs (tableau n°17)

RESULTATS & DISCUSSION

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.

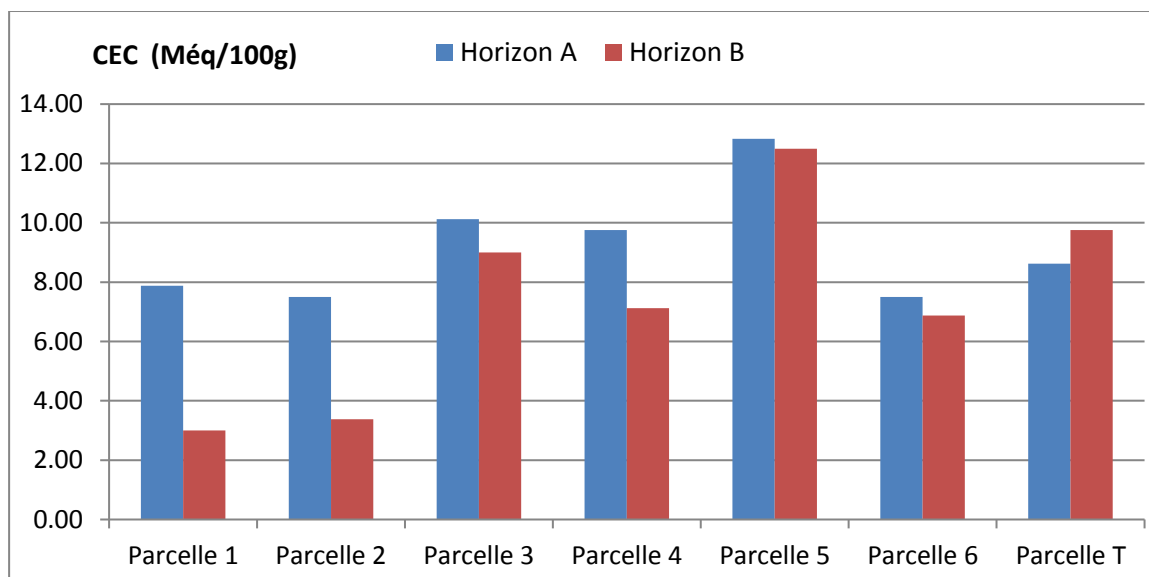


Figure 24: Représentation graphique du résultat moyen de la capacité d'échange cationique

D'après les résultats tableau n° 15 (cf. Annexe 2) et (fig 24) la CEC des sols varie entre 7.50 et 12.83még/100g avec une moyenne de 9.17még/100g pour la couche supérieure (15-30 cm), par contre, elle varie entre 3 et 12.50még/100g avec une moyenne de 7.38még/100g pour la couche inférieure (15-30 cm).

Les sols de l'horizon supérieur de parcelles 1-2-6 et T ($CEC < 9$) ont une CEC faible, par contre les parcelles 3 et 4 ($9 \leq CEC \leq 12$) ont une CEC moyenne, et parcelle 5 ($12 < CEC \leq 15$) ont une CEC assez élevée.

Les valeurs élevées de la capacité d'échange cationique au niveau de parcelle 5 sont dues à la texture du sol de type limono-argileuse.

Le résultat statistique de l'analyse de variance de la variable de CEC est présenté dans le tableau n° 18

RESULTATS & DISCUSSION

Tableau N° 18: Analyse de variance de la CEC du sol

Source de variation	ddl	F théo	F obs	Proba
Var. totale	27			
Parcelle	6	2,85	14,385	0,00004
Horizon	1	4,60	14,277	0,00208
Interaction	6	2,85	2,616	0,06467
Var. résiduelle	14			

La mise en examen des moyennes enregistrées pour la CEC dévoile des résultats très hautement significatifs pour facteur parcelle et très significatifs pour le facteur horizon, à un risque $\alpha=5\%$.

Le test de Newman-Keuls affiche pour le facteur parcelle quatre groupes homogènes (cf. Annexe 3 Tableau n° 8A) distincts dont le groupe A renferme la parcelle (5) de moyenne la plus élevée, le groupe B assemble des parcelles 3, T et 4, le groupe BC renferme la parcelle (6), et le groupe C assemble des parcelles (1 et 2) qui ont les faibles moyennes.

Alors que le même test distingue pour le facteur horizon deux groupes homogènes A et B (cf. Annexe 3 Tableau n° 8B), dont le groupe A accueille tous les horizons superficiels (moyennes élevées), a contrario le groupe B renferme les horizons inférieurs (moyennes faibles).

L'interaction des deux facteurs (parcelle-horizon) montre des résultats non significatifs.

1.13. Les cations échangeables:

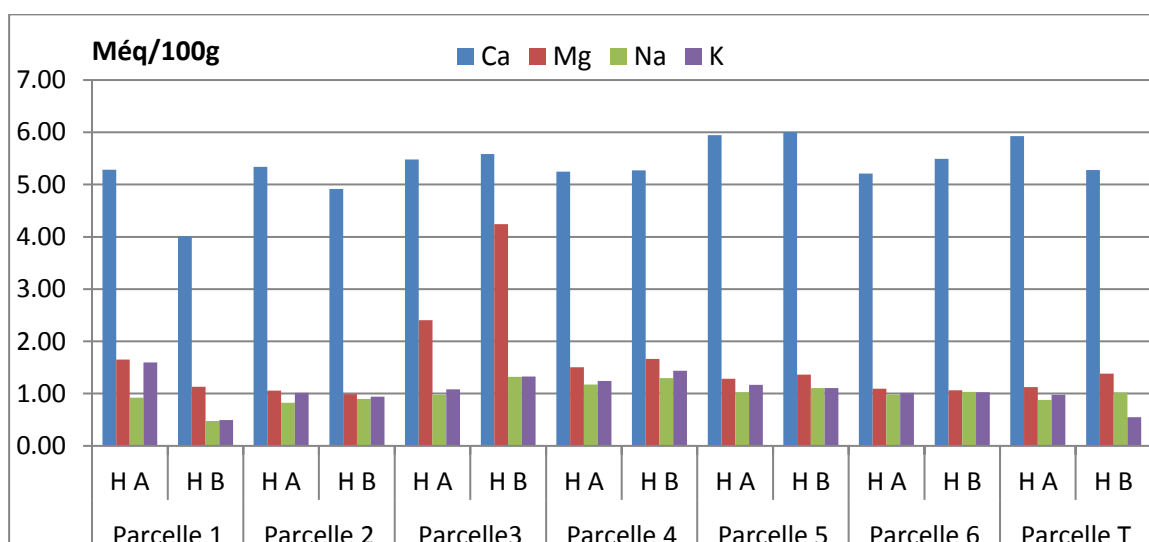


Figure 25: Représentation graphique du résultat moyen des cations échangeables

– Ca: D'après les résultats tableau n° 16 (cf. Annexe 2) et (fig 25) la concentration des cations Ca varie entre 5.21 et 5.95méq/100g avec une moyenne de 5.49méq/100g pour la couche supérieure (15-30 cm), par contre, elle varie entre 4.01 et 6.00méq/100g avec une moyenne de 5.22méq/100g pour la couche inférieure (15-30 cm) pour toutes les parcelles.

RESULTATS & DISCUSSION

- Mg: D'après les résultats tableau n° 17 (cf. Annexe 2) et (fig 12), la concentration des cations Mg varie entre 1.06 et 2.41méq/100g avec une moyenne de 1.45méq/100g pour la couche supérieure (15-30 cm), par contre, elle varie entre 0.99 et 4.25méq/100g avec une moyenne de 1.69méq/100g pour la couche inférieure (15-30 cm) pour toutes les parcelles.
- Na: D'après les résultats tableau n° 18 (cf. Annexe 2) et (fig 12) la concentration des cations Na varie entre 0.83 et 1.18méq/100g avec une moyenne de 0.97méq/100g pour la couche supérieure (15-30 cm), par contre, elle varie entre 0.48 et 1.32méq/100g avec une moyenne de 1.02méq/100g pour la couche inférieure (15-30 cm) pour toutes les parcelles.
- K: D'après les résultats tableau n° 19 (cf. Annexe 2) et (fig 12) la concentration des cations K varie entre 0.97 et 1.60méq/100g avec une moyenne de 1.16méq/100g pour la couche supérieure (15-30 cm), par contre, elle varie entre 0.49 et 1.44méq/100g avec une moyenne de 0.98méq/100g pour la couche inférieure (15-30 cm) pour toutes les parcelles.

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

Le résultat statistique analyse de cations échangeables présentée dans les tableaux n° 19, 20, 21, 22

Tableau N° 19: Analyse de variance Ca du sol

Source de variation	ddl	F théo	F obs	Proba
Var. totale	27			
Parcelle	6	2,85	6,812	0,0016
Horizon	1	4,60	5,058	0,0394
Interaction	6	2,85	2,978	0,0434
Var. résiduelle	14			

La mise en examen des moyennes enregistrées pour le Ca dévoile des résultats significatifs pour le facteur horizon et celui de l'interaction des deux facteurs et très significatifs pour facteur parcelle, à un risque $\alpha=5\%$.

Le test de Newman-Keuls affiche pour le facteur parcelle cinq groupes homogènes (cf. Annexe 3 Tableau n° 9A) distincts dont le groupe A renferme la parcelle (5) de moyenne qui est la plus élevée, le groupe AB assemble des parcelles (T, 3 et 6), et le groupe B renferme la parcelle (4), et le groupe BC renferme la parcelle (2), et le groupe C renferme la parcelle (1) avec la moyenne la plus faible.

Alors que le même test dévoile pour le facteur horizon deux groupes homogènes A et B (cf. Annexe 3 Tableau n° 9B), dont le groupe A rassemble tous les horizons superficiels (moyennes élevée), a contrario le groupe B renferme les horizons inférieurs (moyennes faibles).

RESULTATS & DISCUSSION

Tableau N° 20: Analyse de variance du Mg du sol

Source de variation	ddl	F théo	F obs	Proba
Var. totale	27			
Parcelle	6	2,85	34,19	0
Horizon	1	4,60	5,625	0,0312
Interaction	6	2,85	7,495	0,0010
Var. résiduelle	14			

La comparaison multiple des moyennes enregistrées pour le Mg révèle des résultats très hautement significatifs pour le facteur parcelle et hautement significatifs pour l'interaction et significatif pour le facteur horizon, à un risque $\alpha = 5\%$.

Le test de Newman-Keuls affiche pour le facteur parcelle deux groupes homogènes (cf. Annexe 3 Tableau n° 10A) distincts dont le groupe A renferme la parcelle de moyenne la plus élevée (3), le groupe B rassemble des parcelles qui sont les moyennes faibles (4, 1, 5, T, 6 et 2).

Alors que le même test dévoile pour le facteur horizon deux groupes homogènes A et B (cf. Annexe 3 Tableau n° 10B), dont le groupe A accueille tous les horizons inférieurs (moyennes élevée), à l'inverse le groupe B renferme les horizons superficiels (moyennes faibles).

Tableau N° 21: Analyse de variance du Na du sol

Source de variation	ddl	théo	Fobs	Proba
Var. totale	27			
Parcelle	6	2,85	27,003	0
Horizon	1	4,60	3,787	0,06933
Interaction	6	2,85	12,191	0,00009
Var. résiduelle	14			

La comparaison des moyennes enregistrées pour le Na révèle des résultats très hautement significatifs pour le facteur parcelle et l'effet 'interaction à un risque $\alpha = 5\%$.

Le test de Newman-Keuls affiche pour le facteur parcelle sept groupes homogènes (cf. Annexe 3 Tableau n° 11) distincts dont un ordre décroissant de la plus haute à la plus basse moyenne. Les groupes distingués sont A, AB, BC, C, CD, D et E correspondant respectivement aux parcelles 4, 3, 5, 6, T, 2 et 1.

Tandis que, le facteur horizon a montré un résultat non significatif.

RESULTATS & DISCUSSION

Tableau N° 22: Analyse de variance du K du sol

Source de variation	ddl	F théo	Fobs	Proba
Var. totale	27			
Parcelle	6	2,85	4,955	0,0066
Horizon	1	4,60	7,672	0,0145
Interaction	6	2,85	8,054	0,0007
Var. résiduelle	14			

L'analyse de variance révèle pour le K des résultats très significatifs pour le facteur parcelle, et significatif pour le facteur Horizon, et hautement significatif pour l'interaction des facteurs, à un risque $\alpha=5\%$.

Le test de Newman-Keuls affiche pour le facteur parcelle trois groupes homogènes (cf. Annexe 3 Tableau n°12A) distincts dont le groupe A rassemble des parcelles des moyennes qui plus élevées (4, 3, et 5), le groupe AB rassemble des parcelles (1, 6 et 2), et le groupe B renferme la parcelle (T) ayant la faible moyenne.

Alors que le même test a permis de distinguer pour le facteur horizon deux groupes homogènes A et B (cf. Annexe 3 Tableau n° 12B), dont le groupe A accueille tous les horizons superficiels (moyennes élevée), à l'inverse le groupe B renferme les horizons inférieurs (moyennes faibles).

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° 23.

Tableau N° 23 : Résultats des analyses physico-chimiques de l'eau d'irrigation.

Echantillon Paramètre	Ech 1	Ech 2
pH	7.32	7.31
CE (mS/cm)	1.40	1.41
Turbidite (NTU)	0.42	0.45
TH (°F)	46.1	45.5
TAC (°F)	26.7	26.4
TA (°F)	0.00	0.00
NH₄⁺ (mg/l)	0.1	0.1
NO₃⁻ (mg/l)	0.005	0.005
Cl⁻ (mg/l)	243.4	241.4
HCO₃⁻ (mg/l)	187.80	190.40
SO₄⁻ (mg/l)	95	95
Ca⁺⁺ (mg/l)	79.12	78.45
Mg⁺⁺ (mg/l)	70.10	62.70

RESULTATS & DISCUSSION

La qualité de l'eau utilisée pour l'irrigation est un paramètre essentiel pour le rendement des cultures, le maintien de la productivité du sol et la protection de l'environnement. L'eau d'irrigation influe sur les propriétés physiques et chimiques du sol, telles que sa structure (stabilité des agrégats), sa perméabilité et la dynamique de la matière organique.

La qualité de l'eau d'irrigation peut être mieux déterminée par une analyse physico-chimique en laboratoire. Selon les normes de qualité des eaux d'irrigation (tableau 1), les eaux souterraines de la zone d'étude utilisées pour l'irrigation ne présentent aucun risque de salinisation ni de sodification. La conductivité électrique varie entre 1,40 et 1,41 mS/cm (tableau 23). Selon les normes proposées par Rhoades (1982), ces valeurs indiquent qu'une irrigation avec ces eaux ne devrait pas causer des risques sur les propriétés physico-chimiques du sol. Les résultats des analyses obtenus montrent que l'eau utilisée pour l'irrigation est de bonne qualité physico-chimique.

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-sableuse à limono-argileuse et limono-argileuse-sableuse avec une 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.

Le pH, l'humidité, carbone organique, azote totale, matière organique, calcaire total, calcaire actif, densité apparente, densité réelle et les cations échangeables, ont donné les valeurs élevées au niveau de la couche inférieure (15-30cm).

La capacité d'échange cationique, la conductivité électrique, la concentration des anions, et la porosité ont donné les valeurs élevées au niveau de la couche superficielle (0-15cm).

L'analyse physico-chimique des échantillons d'eau d'irrigation a permis de comparer leur teneur 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.

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

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

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 ème rencontre méditerranéen du semis direct. Sétif, Algérie, du 3 à 5 mai 2010 p, 68-82

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 3èmes 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 4ème 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. et Chenu C. 1997. Dynamics of soil aggregation and C sequestration. *In* : Lal, R., Kimble, J., Follet, R.F., Stewart, B.A (Eds), *Soil process and the carbon cycle*. CRC Press, Boca Raton, FL, pp. 199-206.

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

Armitage F.B., 1986. Foresterie irriguée en pays aride et semi-aride (synthèse) CRDI, OTTAWA. 192 p.

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 fertilizer under zero and conventional tillage. *Plant and Soil*, 254, 361-370.

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.

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE

- 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., Kusic 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.
- 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 following 10 years of wheat straw management in no-till. *Soil and Tillage Research* 95:240-254.
- 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 calcaires. Cah. ORSTOM, série pédologie. 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 rotations and fertilizer. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 57 : 1034-1040.
- Carter M.R. et Renne D.A. 1987.** Effects of tillage on deposition and utilization of 15 N residual fertilizer. *Soil and tillage research*(9), 33-43.
- Catt J.A., 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.
- Celik I., Ortas I. & Kilic S., 2004.** Effects of compost, mycorrhiza, manure and fertilizer on some physical properties of a Chromoxerert soil. *Soil & Tillage Research*, 78 : 59-67.
- 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.
- Chenu C., 2003.** "Comment caractériser les matières organiques du sol ?" In *Les fertilités du sol et les systèmes de culture*. Edité par G The venet (COMIFER) et L. Faedy(GEMAS), 2003, pp 107-116.
- 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.
- Dexter A.R., 1988.** Advances in characterization of soil structure. *Soil & Tillage Research*, 11 : 199-238.

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE

- 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
- 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.
- Dufour, N., Feron, F., Marcel, C., Coste, P., Chareyer, F., Dehery, R. (2005).** Enjeux et principes de l'agriculture biologique. p13.
- 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 Garouani A., Merzouk A., Jabrane R., et Boussema M., 2003:** Cartographie de l'érosion des sols dans le bassin versant de L'oued Jemaa (Pre-Rif, Maroc).Lab.Géo.RNE.Fac.Sci.Tech.Fés-saïss(fst).Rev.Géo.Nr.1: 39-46p.
- El Titi A. 2003a.** *Soil tillage in agroecosystems*. CRC Press, New-York (USA).
- 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.
- 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., Kladviko 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., OuvryJ-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.

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE

- Garcia-Orenes F., Guerrero C., Mataix-Solera J., Navarro-Pedreño J., Gomez I. & Mataix-Beneyto J., 2005.** Factors controlling the aggregate stability and bulk density in two different degraded soils amended with biosolids. *Soil & Tillage Research*, 82: 65-76.
- 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.
- 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, P aris, 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.
- Hallaire V. & Curmi P., 1994.** Image analysis of pore space morphology in soil sections, in relation to water movement. In Ringrose-Voase A.J. & Humphreys G.S. (eds), *Soil micromorphology : studies in management and genesis. Proceedings of the IXth International Working Meeting on soil micromorphology. Townsville, Australia . Developments in Soil Science*, 22 : 559 - 567.
- 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.
- 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., Kladvko 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.

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE

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.

Khaleel R., Reddy K.R. &Overcash M.R., 1981. Changes in soil physical properties due to organic waste applications: a review. *Journal of Environmental Quality*, 10 : 133-141.

Kladivko E. J. 2001. Tillage systems and soil ecology. *Soil Tillage Res.* 61, 61-76.

Koch H.J. et Stockfisch N. 2006. Loss of soil organic matter upon ploughing under a loess soil after several years of conservation tillage. *Soil and Tillage Research* 86:73-83.

Kribaa M., Hallaire V., Curmi P. & Lahmar R., 2001. Effect of various cultivation methods on the structure and hydraulic properties of a soil in a semi-arid climate. *Soil & Tillage Research*, 60 : 43-53.

Krull E., Skjemstad J. & Baldock J., 1999. "Functions of SOM and the Effect on Soil Properties". In GRDC Project No CSO 00029: Residue Management, Soil Organic Carbon and Crop Performance, 129p.

Lamandé M., Hallaire V., Curmi P., Pérès G. & Cluzeau D., 2003. Changes of pore morphology, infiltration and earthworm community in a loamy soil under different agricultural managements. *Catena*, 54: 637-649.

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.

Lavoisier, Paris, 292 p.

Le Bissonnais Y. & Arrouays D., 1997. Aggregate stability and assessment of soil crustability and erodibility. II. Application to humic loamy soils with various organic carbon contents. *European Journal of Soil Science*, 48 : 39-48.

Le Bissonnais Y., 1989. Analyse des processus de microfissuration des agrégats à l'humectation. *Science du sol*, 27: 187-199.

Le Bissonnais Y., 1996. Aggregate stability and assessment of soil crustability and erodibility. I. Theory and methodology. *European Journal of Soil Science*, 47 : 425-437.

Le Villio M., Arrouays D., Deslais W., Daroussin J., Le Bissonnais Y. & Clergeot D., 2001. Estimation des quantités de matière organique exogène nécessaire pour restaurer et entretenir les sols limoneux français à un niveau organique donné. *Etude et Gestion des Sols*, 8 : 47-63.

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

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE

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

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, N₂O, CH₄ and CO₂ 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.

Lozet J. et Mathieu C., 1990. Dictionnaire des sciences du sol. Lavoisier Paris.

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

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

Mazour M., 2004: Etude des facteurs de risque de ruissellement et de l'érosion en nappe et conservation de l'eau et du sol dans le bassin versant de l'Isser (Tlemcen).Thèse Doct.Détat,Univ.Tlemcen,184p.

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.

Monnier G., Stengel P. & Fies J.C., 1973. Une méthode de mesure de la densité apparente de petits agglomérats terreux. Application à l'analyse des systèmes de porosité du sol. *Annales Agronomiques*, 24 : 533-545.

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. 2000. 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

Mrabet, R., Saber, N., El-Brahli, A., Lahlou, S., Bessam, F. (2001). Total, Particulate Organic Matter and Structural Stability of a Calcixeroll soil under different wheat rotations and tillage systems in a semiarid area of Morocco. *Soil & Tillage Res.* 57: 225-235.

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.

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE

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*.

Mustin M., 1987. Le compost, gestion de la matière organique. Editions François Dubusc, Paris.

Musy A. & Soutter M., 1991. Physique du sol. Presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne : 355p.

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.

Nicolardot B., 1993. "Les matières organiques et leur évolution dans le sol." In Mémento du producteur la matière organique, Editions S.E.R.A.I.L. et l'Information Agricole du Rhône.

Niewczas J. & Witkowska-Walczak B., 2005. The soil aggregates stability index (ASI) and its extreme values. *Soil & Tillage Research*, 80 : 69-78.

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 semis conventionnel. Actes des deuxièmes 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., 1993. The role of biology in the formation, stabilization and degradation of soil structure. *Geoderma*, 56: 377-400.

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 nutrient management. 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.

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.

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE

- 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.
- Richard, G., Roger-Estrade J. and Guérif J., 1999.** Chantier « Travail du sol » du Département Environnement et Agronomie (État des lieux et perspectives de recherches). *Inra, Paris*, 8 pp.
- 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 crop 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.
- 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.
- Soltner D. (1992)** Les bases de la production végétale. Tome 1 : le sol. Collection Sciences et Techniques Agricoles, 19^e édition, Sainte Gemmes sur Loire.

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE

- Spiess E., Walter Richner., Agroscope FAL Reckenholzstr. 2005,** CH-8046 Zurich les cahier de la FAL (57)
- Stengel P., 1990.** Caractérisation de l'état structural du sol. Objectif et méthodes. La structure du sol et son évolution, Laon, Paris, INRA. 15-36.
- 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.
- 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.
- Suwardji 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.
- Thomas Z., Ghazavi G. & Michel D., 2007.** Utilisation de mesures in situ et au laboratoire pour caractériser les chemins d'écoulements préférentiels dans le sol. 32ème Journées du GFHN, 21-22 novembre 2007, Nantes, France.
- Vidal-Beaudet L., 1998.** Organisation et fonctionnement hydrodynamique de mélanges limon argileux - tourbe blonde. Essais mécaniques sous chargements répétés. Thèse de doctorat de l'ENSAR, Rennes. 296p.
- Villeneuve, C. (2002).** Les conditions d'une agriculture durable à l'heure de la mondialisation. p.15.
- Wyss E. et Glasstetter M. 1992.** Tillage treatments and earthworm distribution in a Swiss experimental corn field. *Soil Biol. Biochem.* **24**, 1635-1639
- 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.
- Zeytin S. & Baran A., 2003.** Influences of composted hazelnut husk on some physical properties of soils. *Bioresource Technology*, **88** : 241-244.
- 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 Sidi Ali

Mois	Sept	Octo	Nov	Dec	Jan	fév	Mars	Avr	Mai	Juin	juil	Aout
T (C°) Max	29,1	25,88	19,5	16,95	16,1	16,7	19,1	21,6	24,55	28,8	31,7	33,3
T (C°) min	17,95	14,38	10	7,15	5,88	6,35	8,25	10,35	13,4	17,1	19,85	20,6
T (C°) moy	23,53	20,13	14,75	12,05	10,99	11,53	13,68	15,98	18,98	22,95	25,78	26,95

Source : ONM Mostaganem (2013)

Tableau N° 02: Précipitations moyenne mensuelles de Sidi Ali

Mois	Sept	Octo	Nov	Dec	Jan	fév	Mars	Avr	Mai	Juin	juil	Aout
Pluies mm	28,5	40	90	59,95	50	44,1	29,9	43,3	27,95	2,81	0,9	2,7

Source : ONM Mostaganem (2013)

Tableau N° 03: Humidité relative moyenne mensuelles (%) de Sidi Ali

Mois	Sept	Octo	Nov	Dec	Jan	fév	Mars	Avr	Mai	Juin	juil	Aout
Hr (%)	74,1	77,45	78,5	78,85	86,7	82	80,95	76,8	71,45	70,25	67,95	68,95

Source : ONM Mostaganem (2013)

Tableau N° 04: Vitesse moyenne mensuelles des vents (m/s) de Sidi Ali

Mois	Sept	Octo	Nov	Dec	Jan	fév	Mars	Avr	Mai	Juin	juil	Aout
V (m/s)	2,18	2,18	2,11	2,21	1,62	1,91	2	2,39	2,84	3,24	1,86	2,07

Source : ONM Mostaganem (2013)

ANNEXES

Annexe N° 02

Tableau N° 1: Valeurs moyennes de pH

	Parcelle N°1		Parcelle N°2		Parcelle N°3		Parcelle N°4		Parcelle N°5		Parcelle N°6		Parcelle T	
	H A	H B	H A	H B	H A	H B	H A	H B	H A	H B	H A	H B	H A	H B
prf 1	7,59	7,56	6,97	7,00	7,15	7,27	7,29	7,26	7,43	7,49	7,40	7,40	7,57	7,65
prf 2	7,61	7,57	7,42	7,55	7,42	7,54	7,42	7,42	7,45	7,47	7,32	7,36	7,63	7,63
prf 3	7,52	7,54	6,73	7,10	6,70	6,63	7,47	7,53	7,53	7,53	7,53	7,50	7,60	7,59
Max	7,61	7,57	7,42	7,55	7,42	7,54	7,47	7,53	7,53	7,53	7,53	7,50	7,63	7,65
Min	7,52	7,54	6,73	7,00	6,70	6,63	7,29	7,26	7,43	7,47	7,32	7,36	7,57	7,59
Moy	7,57	7,56	7,04	7,22	7,09	7,15	7,39	7,40	7,47	7,50	7,42	7,42	7,60	7,63
Ecartype	0,049	0,014	0,354	0,294	0,367	0,467	0,094	0,134	0,049	0,028	0,102	0,075	0,028	0,033
CV%	0,64	0,19	5,03	4,07	5,17	6,53	1,27	1,81	0,65	0,37	1,38	1,01	0,36	0,43

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

	Parcelle N°1		Parcelle N°2		Parcelle N°3		Parcelle N°4		Parcelle N°5		Parcelle N°6		Parcelle T	
	H A	H B	H A	H B	H A	H B	H A	H B	H A	H B	H A	H B	H A	H B
prf 1	0,062	0,071	0,040	0,035	0,062	0,061	0,071	0,047	0,077	0,082	0,072	0,089	0,069	0,073
prf 2	0,099	0,061	0,078	0,074	0,074	0,074	0,080	0,092	0,074	0,080	0,069	0,056	0,069	0,069
prf 3	0,079	0,057	0,050	0,039	0,048	0,047	0,082	0,085	0,073	0,079	0,077	0,063	0,099	0,075
Max	0,099	0,071	0,078	0,074	0,074	0,074	0,082	0,092	0,077	0,082	0,077	0,089	0,099	0,075
Min	0,062	0,057	0,040	0,035	0,048	0,047	0,071	0,047	0,073	0,079	0,069	0,056	0,069	0,069
Moy	0,080	0,063	0,056	0,049	0,061	0,060	0,078	0,074	0,074	0,080	0,073	0,069	0,079	0,072
Ecartype	0,018	0,007	0,020	0,021	0,013	0,014	0,006	0,024	0,002	0,002	0,004	0,017	0,017	0,003
CV%	22,77	11,28	35,02	43,48	21,31	22,35	7,47	31,93	2,63	1,89	5,50	25,02	21,57	4,73

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

	Parcelle N°1		Parcelle N°2		Parcelle N°3		Parcelle N°4		Parcelle N°5		Parcelle N°6		Parcelle T	
	H A	H B	H A	H B	H A	H B	H A	H B	H A	H B	H A	H B	H A	H B
prf 1	4,38	5,76	5,88	6,00	17,55	18,23	6,75	7,25	8,48	7,04	5,84	7,67	6,84	8,54
prf 2	6,99	8,10	5,69	5,72	8,92	16,32	16,06	16,92	11,83	10,33	7,49	8,21	7,53	7,26
prf 3	6,91	7,99	2,91	3,12	3,67	4,24	10,30	12,01	14,90	12,64	7,37	7,46	6,60	6,84
Max	6,99	8,10	5,88	6,00	17,55	18,23	16,06	16,92	14,90	12,64	7,49	8,21	7,53	8,54
Min	4,38	5,76	2,91	3,12	3,67	4,24	6,75	7,25	8,48	7,04	5,84	7,46	6,60	6,84
Moy	6,09	7,28	4,82	4,94	10,05	12,93	11,04	12,06	11,74	10,00	6,90	7,78	6,99	7,55
Ecartype	1,480	1,317	1,659	1,589	7,008	7,585	4,702	4,834	3,211	2,811	0,918	0,390	0,482	0,887
CV%	24,29	18,08	34,38	32,13	69,76	58,66	42,60	40,09	27,35	28,11	13,31	5,02	6,90	11,76

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 N°5		Parcelle N°6		Parcelle T	
	H A	H B	H A	H B	H A	H B	H A	H B	H A	H B	H A	H B	H A	H B
prf 1	0,77	1,35	1,58	0,96	1,23	1,58	0,58	1,12	1,46	0,85	1,35	1,12	1,23	1,16
prf 2	1,50	1,23	0,81	1,58	1,00	0,85	1,04	1,31	1,16	1,35	0,92	1,23	0,92	0,89
prf 3	0,62	1,19	0,77	0,85	1,62	1,62	1,31	1,43	1,08	1,69	0,46	1,69	1,19	1,27
Max	1,50	1,35	1,58	1,58	1,62	1,62	1,31	1,43	1,46	1,69	1,35	1,69	1,23	1,27
Min	0,62	1,19	0,77	0,85	1,00	0,85	0,58	1,12	1,08	0,85	0,46	1,12	0,92	0,89
Moy	0,96	1,26	1,05	1,13	1,28	1,35	0,98	1,28	1,23	1,30	0,91	1,35	1,12	1,10
Ecartype	0,473	0,080	0,456	0,393	0,311	0,434	0,370	0,156	0,204	0,426	0,443	0,306	0,168	0,198
CV%	49,15	6,37	43,34	34,82	24,25	32,20	37,93	12,12	16,54	32,85	48,61	22,68	15,03	17,90

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

	Parcelle N°1		Parcelle N°2		Parcelle N°3		Parcelle N°4		Parcelle N°5		Parcelle N°6		Parcelle T	
	H A	H B	H A	H B	H A	H B	H A	H B	H A	H B	H A	H B	H A	H B
prf 1	0,066	0,116	0,136	0,083	0,106	0,136	0,050	0,096	0,126	0,073	0,116	0,096	0,106	0,099
prf 2	0,129	0,106	0,070	0,136	0,086	0,073	0,089	0,113	0,099	0,116	0,080	0,106	0,080	0,076
prf 3	0,053	0,103	0,066	0,073	0,139	0,139	0,113	0,123	0,093	0,146	0,040	0,146	0,103	0,109
Max	0,129	0,116	0,136	0,136	0,139	0,139	0,113	0,123	0,126	0,146	0,116	0,146	0,106	0,109
Min	0,053	0,103	0,066	0,073	0,086	0,073	0,050	0,096	0,093	0,073	0,040	0,096	0,080	0,076
Moy	0,083	0,108	0,091	0,097	0,110	0,116	0,084	0,110	0,106	0,112	0,078	0,116	0,096	0,095
Ecartype	0,041	0,007	0,039	0,034	0,027	0,037	0,032	0,013	0,018	0,037	0,038	0,026	0,014	0,017
CV%	49,15	6,37	43,34	34,82	24,25	32,20	37,93	12,12	16,54	32,85	48,61	22,68	15,03	17,90

Tableau N° 6: Valeurs moyennes de La matière organique

	Parcelle N°1		Parcelle N°2		Parcelle N°3		Parcelle N°4		Parcelle N°5		Parcelle N°6		Parcelle T	
	H A	H B	H A	H B	H A	H B	H A	H B	H A	H B	H A	H B	H A	H B
prf 1	1,33	2,32	2,72	1,66	2,12	2,72	0,99	1,92	2,52	1,46	2,32	1,92	2,12	1,99
prf 2	2,58	2,12	1,39	2,72	1,72	1,46	1,79	2,25	1,99	2,32	1,59	2,12	1,59	1,52
prf 3	1,06	2,05	1,33	1,46	2,78	2,78	2,25	2,45	1,86	2,92	0,80	2,92	2,05	2,19
Max	2,58	2,32	2,72	2,72	2,78	2,78	2,25	2,45	2,52	2,92	2,32	2,92	2,12	2,19
Min	1,06	2,05	1,33	1,46	1,72	1,46	0,99	1,92	1,86	1,46	0,80	1,92	1,59	1,52
Moy	1,66	2,16	1,81	1,94	2,21	2,32	1,68	2,21	2,12	2,23	1,57	2,32	1,92	1,90
Ecartype	0,814	0,138	0,785	0,677	0,536	0,747	0,637	0,268	0,351	0,733	0,762	0,526	0,289	0,340
CV%	49,15	6,37	43,34	34,82	24,25	32,20	37,93	12,12	16,54	32,85	48,61	22,68	15,03	17,90

ANNEXES

Annexe N° 02

Tableau N° 7: Valeurs moyennes de La calcaire total CaCO₃ T

	Parcelle N°1		Parcelle N°2		Parcelle N°3		Parcelle N°4		Parcelle N°5		Parcelle N°6		Parcelle T	
	H A	H B	H A	H B	H A	H B	H A	H B	H A	H B	H A	H B	H A	H B
prf 1	2,97	3,18	2,73	2,97	3,40	4,03	1,70	2,12	2,12	9,98	3,18	5,09	5,52	6,16
prf 2	2,33	2,12	2,97	2,97	3,61	3,40	2,12	2,12	9,98	9,76	1,49	3,18	6,58	8,28
prf 3	2,33	3,40	2,76	2,97	2,12	2,76	2,97	2,97	7,85	5,94	1,06	1,91	5,09	6,58
Max	2,97	3,40	2,97	2,97	3,61	4,03	2,97	2,97	9,98	9,98	3,18	5,09	6,58	8,28
Min	2,33	2,12	2,73	2,97	2,12	2,76	1,70	2,12	2,12	5,94	1,06	1,91	5,09	6,16
Moy	2,55	2,90	2,82	2,97	3,04	3,40	2,26	2,41	6,65	8,56	1,91	3,40	5,73	7,00
Ecartype	0,37	0,68	0,13	0,00	0,80	0,64	0,65	0,49	4,06	2,27	1,12	1,60	0,77	1,12
CV%	14,43	23,52	4,66	0,00	26,41	18,75	28,64	20,38	61,08	26,51	58,79	47,19	13,35	16,03

Tableau N° 8: Valeurs moyennes de La calcaire actif CaCO₃ A

	Parcelle N°1		Parcelle N°2		Parcelle N°3		Parcelle N°4		Parcelle N°5		Parcelle N°6		Parcelle T	
	H A	H B	H A	H B	H A	H B	H A	H B	H A	H B	H A	H B	H A	H B
prf 1	0,75	0,88	0,38	0,63	0,50	0,63	0,50	1,88	4,63	2,75	0,50	2,00	0,25	1,88
prf 2	0,63	1,13	0,63	0,65	0,13	1,75	0,63	0,50	5,00	3,75	0,25	2,13	2,13	2,75
prf 3	0,50	0,38	0,63	0,65	0,25	0,75	1,50	0,87	3,25	2,50	0,13	2,50	1,25	3,38
Max	0,75	1,13	0,63	0,65	0,50	1,75	1,50	1,88	5,00	3,75	0,50	2,50	2,13	3,38
Min	0,50	0,38	0,38	0,63	0,13	0,63	0,50	0,50	3,25	2,50	0,13	2,00	0,25	1,88
Moy	0,63	0,79	0,54	0,64	0,29	1,04	0,88	1,08	4,29	3,00	0,29	2,21	1,21	2,67
Ecartype	0,13	0,38	0,14	0,01	0,19	0,62	0,54	0,71	0,92	0,66	0,19	0,26	0,94	0,75
CV%	20,00	48,24	26,65	2,25	65,47	59,19	62,27	65,61	21,47	22,05	65,47	11,78	77,64	28,25

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

	Parcelle N°1		Parcelle N°2		Parcelle N°3		Parcelle N°4		Parcelle N°5		Parcelle N°6		Parcelle T	
	H A	H B	H A	H B	H A	H B	H A	H B	H A	H B	H A	H B	H A	H B
prf 1	1,20	1,20	1,48	1,49	1,47	1,48	1,20	1,35	1,43	1,31	1,35	1,47	1,21	1,45
prf 2	1,31	1,35	1,36	1,38	1,44	1,44	1,40	1,40	1,35	1,31	1,39	1,42	1,33	1,45
Max	1,31	1,35	1,48	1,49	1,47	1,48	1,40	1,40	1,43	1,31	1,39	1,47	1,33	1,45
Min	1,20	1,20	1,36	1,38	1,44	1,44	1,20	1,35	1,35	1,31	1,35	1,42	1,21	1,45
Moy	1,25	1,28	1,42	1,43	1,46	1,46	1,30	1,37	1,39	1,31	1,37	1,45	1,27	1,45
Ecartype	0,075	0,109	0,082	0,077	0,025	0,026	0,143	0,036	0,062	0,002	0,030	0,033	0,088	0,002
CV%	5,94	8,56	5,80	5,36	1,72	1,80	10,95	2,61	4,49	0,12	2,22	2,25	6,94	0,13

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 N°5		Parcelle N°6		Parcelle T	
	H A	H B	H A	H B	H A	H B	H A	H B	H A	H B	H A	H B	H A	H B
prf 1	2,39	2,39	2,23	2,42	2,42	2,63	2,39	2,46	2,60	2,55	2,46	2,42	2,39	2,45
prf 2	2,42	2,48	2,46	2,46	2,25	2,47	2,22	2,35	2,46	2,55	2,43	2,54	2,42	2,45
Max	2,42	2,48	2,46	2,46	2,42	2,63	2,39	2,46	2,60	2,55	2,46	2,54	2,42	2,45
Min	2,39	2,39	2,23	2,42	2,25	2,47	2,22	2,35	2,46	2,55	2,43	2,42	2,39	2,45
Moy	2,40	2,43	2,34	2,44	2,34	2,55	2,30	2,40	2,53	2,55	2,45	2,48	2,40	2,45
Ecartype	0,022	0,068	0,164	0,025	0,122	0,114	0,116	0,080	0,099	0,000	0,016	0,087	0,023	0,000
CV%	0,93	2,77	7,00	1,02	5,23	4,47	5,06	3,33	3,90	0,00	0,67	3,50	0,95	0,00

Tableau N° 11: Valeurs moyennes de La porosité

	Parcelle N°1		Parcelle N°2		Parcelle N°3		Parcelle N°4		Parcelle N°5		Parcelle N°6		Parcelle T	
	H A	H B	H A	H B	H A	H B	H A	H B	H A	H B	H A	H B	H A	H B
prf 1	49,66	49,72	33,60	38,57	39,15	43,83	49,67	45,14	44,78	48,41	45,01	39,18	49,48	41,00
prf 2	45,96	45,42	44,60	43,86	36,05	41,66	36,87	40,33	45,24	48,50	42,72	43,94	45,01	40,89
Max	49,66	49,72	44,60	43,86	39,15	43,83	49,67	45,14	45,24	48,50	45,01	43,94	49,48	41,00
Min	45,96	45,42	33,60	38,57	36,05	41,66	36,87	40,33	44,78	48,41	42,72	39,18	45,01	40,89
Moy	47,81	47,57	39,10	41,21	37,60	42,75	43,27	42,73	45,01	48,46	43,86	41,56	47,25	40,94
Ecartype	2,620	3,038	7,778	3,745	2,196	1,533	9,053	3,400	0,326	0,064	1,619	3,359	3,161	0,075
CV%	5,48	6,39	19,89	9,09	5,84	3,59	20,92	7,96	0,72	0,13	3,69	8,08	6,69	0,18

Tableau N° 12: Valeurs moyennes de La concentration des anions HCO₃⁻

	Parcelle N°1		Parcelle N°2		Parcelle N°3		Parcelle N°4		Parcelle N°5		Parcelle N°6		Parcelle T	
	H A	H B	H A	H B	H A	H B	H A	H B	H A	H B	H A	H B	H A	H B
prf 1	0,9	1,3	0,8	0,8	0,8	1	1	1,1	1,5	1,3	1,1	1,1	1,3	1,2
prf 2	1,1	0,8	1,3	1,1	0,9	1,3	1	1,2	1,4	1,4	1,2	0,9	1	1,1
prf 3	1	1,2	0,7	0,7	0,9	0,7	1,1	1,2	1,3	1,5	1,2	1	1,3	1,3
Max	1,10	1,30	1,30	1,10	0,90	1,30	1,10	1,20	1,50	1,50	1,20	1,10	1,30	1,30
Min	0,90	0,80	0,70	0,70	0,80	0,70	1,00	1,10	1,30	1,30	1,10	0,90	1,00	1,10
Moy	1,00	1,10	0,93	0,87	0,87	1,00	1,03	1,17	1,40	1,40	1,17	1,00	1,20	1,20
Ecartype	0,10	0,26	0,32	0,21	0,06	0,30	0,06	0,06	0,10	0,10	0,06	0,10	0,17	0,10
CV%	10,00	24,05	34,44	24,02	6,66	30,00	5,59	4,95	7,14	7,14	4,95	10,00	14,43	8,33

ANNEXES

Annexe N° 02

Tableau N° 13: Valeurs moyennes de La concentration des anions Cl⁻

	Parcelle N°1		Parcelle N°2		Parcelle N°3		Parcelle N°4		Parcelle N°5		Parcelle N°6		Parcelle T	
	H A	H B	H A	H B	H A	H B	H A	H B	H A	H B	H A	H B	H A	H B
prf 1	0,7	0,3	0,9	0,9	0,9	0,6	0,5	0,9	0,4	0,6	0,6	0,6	0,6	0,4
prf 2	0,5	0,6	0,6	0,4	0,4	0,6	0,6	0,6	0,4	0,5	0,5	0,5	0,7	0,4
prf 3	0,6	0,5	0,9	0,5	0,7	0,9	0,6	0,9	0,5	0,6	0,7	0,6	0,8	0,4
Max	0,70	0,60	0,90	0,90	0,90	0,90	0,60	0,90	0,50	0,60	0,70	0,60	0,80	0,40
Min	0,50	0,30	0,60	0,40	0,40	0,60	0,50	0,60	0,40	0,50	0,50	0,50	0,60	0,40
Moy	0,60	0,47	0,80	0,60	0,67	0,70	0,57	0,80	0,43	0,57	0,60	0,57	0,70	0,40
Ecartype	0,10	0,15	0,17	0,26	0,25	0,17	0,06	0,17	0,06	0,06	0,10	0,06	0,10	0,00
CV%	16,67	32,73	21,65	44,10	37,75	24,74	10,19	21,65	13,32	10,19	16,67	10,19	14,29	0,00

Tableau N° 14: Valeurs moyennes de La concentration des anions So₄²⁻

	Parcelle N°1		Parcelle N°2		Parcelle N°3		Parcelle N°4		Parcelle N°5		Parcelle N°6		Parcelle T	
	H A	H B	H A	H B	H A	H B	H A	H B	H A	H B	H A	H B	H A	H B
prf 1	0,17	0,85	0,65	1,08	0,77	0,60	0,68	0,94	1,34	0,86	1,31	0,94	1,15	1,03
prf 2	1,37	0,94	1,11	0,57	0,92	0,97	1,37	0,85	1,42	0,26	1,13	0,54	0,99	0,60
prf 3	1,23	0,68	0,99	0,70	0,84	0,88	0,94	1,17	0,91	1,71	0,98	1,03	1,26	1,71
Max	1,37	0,94	1,11	1,08	0,92	0,97	1,37	1,17	1,42	1,71	1,31	1,03	1,26	1,71
Min	0,17	0,68	0,65	0,57	0,77	0,60	0,68	0,85	0,91	0,26	0,98	0,54	0,99	0,60
Moy	0,92	0,83	0,92	0,78	0,84	0,82	1,00	0,99	1,22	0,94	1,14	0,84	1,13	1,11
Ecartype	0,65	0,13	0,24	0,27	0,07	0,19	0,35	0,16	0,28	0,73	0,16	0,26	0,14	0,56
CV%	70,96	15,78	25,82	34,14	8,86	23,69	34,64	16,66	22,57	77,67	14,27	31,04	11,95	50,44

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

	Parcelle N°1		Parcelle N°2		Parcelle N°3		Parcelle N°4		Parcelle N°5		Parcelle N°6		Parcelle T	
	H A	H B	H A	H B	H A	H B	H A	H B	H A	H B	H A	H B	H A	H B
prf 1	7,5	3	8,25	3,75	9,75	9	7,5	7,5	12,75	12,75	6,75	9	8,25	9,75
prf 2	8,25	3	6,75	3	10,5	9	12	6,75	12,9	12,25	8,25	4,75	9	9,75
Max	8,25	3	8,25	3,75	10,5	9	12	7,5	12,9	12,75	8,25	9	9	9,75
Min	7,5	3	6,75	3	9,75	9	7,5	6,75	12,75	12,25	6,75	4,75	8,25	9,75
Moy	7,88	3,00	7,50	3,38	10,13	9,00	9,75	7,13	12,83	12,50	7,50	6,88	8,63	9,75
Ecartype	0,530	0,000	1,061	0,530	0,530	0,000	3,182	0,530	0,106	0,354	1,061	3,005	0,530	0,000
CV%	6,73	0,00	14,14	15,71	5,24	0,00	32,64	7,44	0,83	2,83	14,14	43,71	6,15	0,00

ANNEXES

Annexe N° 02

Tableau N° 16: Valeurs moyennes de Les cations échangeables Ca

	Parcelle N°1		Parcelle N°2		Parcelle N°3		Parcelle N°4		Parcelle N°5		Parcelle N°6		Parcelle T	
	H A	H B	H A	H B	H A	H B	H A	H B	H A	H B	H A	H B	H A	H B
prf 1	5,27	4,21	5,33	4,51	5,47	5,85	5,07	4,85	5,76	5,95	5,05	5,79	5,95	5,01
prf 2	5,30	3,81	5,35	5,33	5,49	5,33	5,43	5,69	6,13	6,05	5,38	5,20	5,91	5,54
Max	5,30	4,21	5,35	5,33	5,49	5,85	5,43	5,69	6,13	6,05	5,38	5,79	5,95	5,54
Min	5,27	3,81	5,33	4,51	5,47	5,33	5,07	4,85	5,76	5,95	5,05	5,20	5,91	5,01
Moy	5,28	4,01	5,34	4,92	5,48	5,59	5,25	5,27	5,95	6,00	5,21	5,49	5,93	5,28
Ecartype	0,017	0,278	0,011	0,580	0,017	0,365	0,252	0,599	0,263	0,074	0,230	0,418	0,029	0,381
CV%	0,32	6,94	0,20	11,81	0,32	6,53	4,80	11,36	4,43	1,23	4,41	7,62	0,49	7,22

Tableau N° 17: Valeurs moyennes de Les cations échangeables Mg

	Parcelle N°1		Parcelle N°2		Parcelle N°3		Parcelle N°4		Parcelle N°5		Parcelle N°6		Parcelle T	
	H A	H B	H A	H B	H A	H B	H A	H B	H A	H B	H A	H B	H A	H B
prf 1	1,70	1,32	1,13	0,96	2,39	4,47	1,41	1,48	0,94	1,14	0,84	1,00	1,32	1,71
prf 2	1,61	0,95	0,99	1,01	2,43	4,02	1,60	1,85	1,63	1,59	1,35	1,13	0,93	1,06
Max	1,70	1,32	1,13	1,01	2,43	4,47	1,60	1,85	1,63	1,59	1,35	1,13	1,32	1,71
Min	1,61	0,95	0,99	0,96	2,39	4,02	1,41	1,48	0,94	1,14	0,84	1,00	0,93	1,06
Moy	1,65	1,13	1,06	0,99	2,41	4,25	1,51	1,66	1,29	1,37	1,10	1,06	1,12	1,39
Ecartype	0,065	0,262	0,098	0,037	0,030	0,320	0,139	0,259	0,488	0,316	0,360	0,094	0,272	0,466
CV%	3,96	23,16	9,23	3,71	1,23	7,53	9,22	15,59	37,92	23,12	32,84	8,89	24,24	33,65

Tableau N° 18: Valeurs moyennes de Les cations échangeables Na

	Parcelle N°1		Parcelle N°2		Parcelle N°3		Parcelle N°4		Parcelle N°5		Parcelle N°6		Parcelle T	
	H A	H B	H A	H B	H A	H B	H A	H B	H A	H B	H A	H B	H A	H B
prf 1	0,93	0,47	0,81	0,97	0,99	1,43	1,19	1,22	1,00	1,08	1,04	1,02	0,81	1,03
prf 2	0,92	0,48	0,85	0,83	0,96	1,21	1,16	1,37	1,06	1,13	0,94	1,04	0,95	1,02
Max	0,93	0,48	0,85	0,97	0,99	1,43	1,19	1,37	1,06	1,13	1,04	1,04	0,95	1,03
Min	0,92	0,47	0,81	0,83	0,96	1,21	1,16	1,22	1,00	1,08	0,94	1,02	0,81	1,02
Moy	0,92	0,48	0,83	0,90	0,98	1,32	1,18	1,30	1,03	1,11	0,99	1,03	0,88	1,02
Ecartype	0,01	0,00	0,03	0,09	0,02	0,16	0,02	0,11	0,05	0,04	0,07	0,01	0,10	0,01
CV%	1,00	0,97	3,18	10,56	1,89	12,13	1,96	8,54	4,48	3,33	7,01	1,34	10,98	0,99

Tableau N° 19: Valeurs moyennes de Les cations échangeables K

	Parcelle N°1		Parcelle N°2		Parcelle N°3		Parcelle N°4		Parcelle N°5		Parcelle N°6		Parcelle T	
	H A	H B	H A	H B	H A	H B	H A	H B	H A	H B	H A	H B	H A	H B
prf 1	1,594	0,486	1,061	0,926	1,102	1,262	1,303	1,135	0,982	0,997	1,077	1,209	0,944	0,607
prf 2	1,603	0,499	0,969	0,954	1,061	1,398	1,176	1,736	1,348	1,221	0,949	0,846	1,006	0,493
Max	1,60	0,50	1,06	0,95	1,10	1,40	1,30	1,74	1,35	1,22	1,08	1,21	1,01	0,61
Min	1,59	0,49	0,97	0,93	1,06	1,26	1,18	1,13	0,98	1,00	0,95	0,85	0,94	0,49
Moy	1,60	0,49	1,01	0,94	1,08	1,33	1,24	1,44	1,17	1,11	1,01	1,03	0,97	0,55
Ecartype	0,006	0,009	0,065	0,020	0,029	0,096	0,090	0,425	0,259	0,159	0,091	0,257	0,043	0,081
CV%	0,37	1,81	6,43	2,09	2,68	7,22	7,26	29,61	22,21	14,31	8,95	25,00	4,45	14,65

ANNEXES

Annexe N°3

Tableau N° 1: Groupes homogènes de ph du sol

PRCL	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
T	7,613	A	
1	7,565	A	
5	7,483	A	
6	7,417	A	B
4	7,395	A	B
2	7,13		B
3	7,119		B

Tableau N° 2: Groupes homogènes de l'humidité du sol

PRCL	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
4	11,548	A	
3	11,489	A	
5	10,871	A	B
6	7,34	A	B
T	7,267	A	B
1	6,688	A	B
2	4,885		B

Tableau N° 3: Groupes homogènes de Calcaire Totale du sol

PRCL	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
5	7,606	A	
T	6,368	A	
3	3,219		B
2	2,896		B
1	2,724		B
6	2,653		B
4	2,335		B

ANNEXES

Annexe N°3

Tableau N° 4: Groupes homogènes de Calcaire Actif du sol

A

PRCL	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES		
5	3,646	A		
T	1,937		B	
6	1,25			C
4	0,979			C
1	0,708			C
3	0,667			C
2	0,592			C

B

HRZ	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
2	1,633	A	
1	1,161		B

Tableau N° 5: Groupes homogènes de densité apparente du sol

PRCL	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
3	1,457	A	
2	1,427	A	
6	1,41	A	B
T	1,358	A	B
5	1,351	A	B
4	1,338	A	B
1	1,266		B

Tableau N° 6: Groupes homogènes de densité réelle du sol

HRZ	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
2	2,472	A	
1	2,395		B

Tableau N° 7: Groupes homogènes de HCO₃⁻ du sol

PRCL	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES		
5	1,4	A		
T	1,2		B	
4	1,1		B	C
6	1,083		B	C
1	1,05		B	C
3	0,933		B	C
2	0,9			C

ANNEXES

Annexe N°3

Tableau N° 8: Groupes homogènes de CEC du sol

A

PRCL	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES		
5	12,413	A		
3	9,563		B	
T	9,188		B	
4	8,438		B	
6	7,188		B	C
1	5,438			C
2	5,437			C

B

HRZ	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
1	9,171	A	
2	7,304		B

Tableau N° 9: Groupes homogènes de Ca du sol

A

PRCL	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES		
5	5,973	A		
T	5,602	A	B	
3	5,534	A	B	
6	5,353	A	B	
4	5,259		B	
2	5,129		B	C
1	4,648			C

B

HRZ	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
1	5,492	A	
2	5,222		B

ANNEXES

Annexe N°3

Tableau N° 10: Groupes homogènes de Mg du sol

A

PRCL	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
3	3,326	A	
4	1,585		B
1	1,392		B
5	1,327		B
T	1,254		B
6	1,078		B
2	1,024		B

B

HRZ	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
2	1,692	A	
1	1,447		B

Tableau N° 11: Groupes homogènes de Na du sol

PRCL	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES				
4	1,236	A				
3	1,148	A	B			
5	1,068		B	C		
6	1,009			C		
T	0,952			C	D	
2	0,864				D	
1	0,701					E

Tableau N° 12: Groupes homogènes de K du sol

A

PRCL	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
4	1,337	A	
3	1,206	A	
5	1,137	A	
1	1,046	A	B
6	1,02	A	B
2	0,977	A	B
T	0,762		B

B

HRZ	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
1	1,155	A	
2	0,983		B

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 Mostaganem (Sidi Ali), qui utilise un système conventionnel pour le travail des sols. L'étude a porté sur 6 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 utilisé est de bonne qualité est 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 مستغانم (سيدي علي). المستعمل فيها نظام الحرث التقليدي بحيث اخذنا العينات من ستة قطع ارضية محروثة و مزروعة و السابعة ارض بور كشاهد في كل قطعة عينا ثلاث مواضع في كل موضع حملنا عينتين من التربة حسب العمق (0-15سم)(15-30سم).

التحاليل 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.