

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Ibn Khaldoun –Tiaret-

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département de Nutrition et Technologie Agro-Alimentaire



Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de Master académique

Filière : "Sciences Agronomiques"

Spécialité: "Sciences du sol"

Thème

Influence des eaux d'irrigation sur la dissolution du calcaire dans le sol (Cas de la région de Ksar Chellala – Wilaya de Tiaret).

Membres du jury :

- Présidente : Mme. BOUCHENAFI Nadia
- Promoteur : Mr. BENAHMED Mohamed
- Examinatrice : Mme. REZZOUG Wafaa

Présenté par :

- BELACEL Atika
- SAIBI Ghania

Année universitaire : 2019 – 2020

Remerciements

Je tiens à remercier avant tout « Dieu » le tout puissant de m'avoir guidé durant toutes ces années en me donnant la force, la patience et la volonté pour réaliser ce mémoire comme il se doit.

Je remercie tout particulièrement MR, BENAHMED Mohamed d'accepter de diriger mon travail, pour sa disponibilité, ses conseils ainsi que pour sa judicieuse orientation qui m'ont été un grand secours.

Mme. BOUCHENAFI Nadia, qui nous a fait l'honneur de bien vouloir présider le jury.

Mme. REZZOUG Wafaa, qui nous a fait l'honneur de bien vouloir examiner ce travail.

J'aimerais remercier tout le personnel de l'INSID de Ksar Chellala pour son accueil et son aide en particulier Mr Behih Eddine.

Je ne peux finir sans remercier SAIBI GHANIA, qui m'a offert l'aide et le soutien pour réaliser mon mémoire

Je tiens à exprimer ma reconnaissance à toutes les personnes qui m'ont permis de mener à bien ce travail

Dédicaces

*Au terme de ce travail, je tiens tout d'abord à remercier
« ALLAH » très clément et sa sainte*

*Je dédie ce mémoire à ceux qui m'ont donné la vie, qui m'ont été
la source de l'amour, de la tendresse, et du courage, qui m'ont
soutenu durant 25 ans... la lumière de ma vie (mon père) et ma très
chère maman.*

*En priant Dieu jour et nuit qu'il les garde
et les protège pour moi*

A ceux qui n'ont jamais cessé de me chérir et me soutenir :

Mes 3 fleurs mes grandes sœurs : Fati, Racha, Soussou

Ainsi que les fruits de maison : Nour et Rahaf

*Mes adorables mes petits anges : Farés Mohamed
et Ashraf Khalil*

*A celui qui m'a offert le soutien moral, qui a été toujours
présent pour moi*

Ma binôme Ghania

*Mes compagnons du temps : Folla ; Amira ; Donia ; Hanane ;
Zahra ; Zahra ; Nadia ; Houria ; Sabrine.*

*A toutes mes amies et collègues sans exception
« Promo sciences du sol : 2019-2020 »*

A tous ceux que j'aime, et à ceux qui m'aiment... de près ou de loin.



BELACEL Atika

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail en signe de respect et de reconnaissance, et bien au-delà, je le dois à mon cher père et à ma douce mère 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. Que dieu vous protège et vous garde pour nous. A ma précieuse sœur Nassira.

A mes chères frères :

Khaled, Zin Al Abdîn, Djamel, Belkacem, Khalil.

Mes copines : Atika, Imen, Hamida, Wahiba, Samiha, fatima, Kheira, Messouda, Zohra, Karima.

La promo sciences du sol 2019/2020



SAIBI Ghania

Sommaire

SOMMAIRE

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Introduction Générale.....01

Première Partie : Synthèse Bibliographique

CHAPITRE I : Le sol et ses propriétés

I. Le sol.....	02
I.1. Définition.....	02
I.2. Les constituants du sol.....	02
I.2.1. L'eau et l'air.....	03
I.2.1.1. Phase liquide.....	04
I.2.1.2. La phase gazeuse.....	04
I.2.2. Carbonates.....	05
I.2.3. La fraction minérale.....	05
I.2.3.1. Minéraux sableux.....	06
I.2.3.2. Minéraux argileux.....	06
I.2.4. La matière organique.....	06
I.3. Sol calcaire.....	07
I.3.1. L'origine du calcaire dans le sol.....	08
I.3.2. Classification des sols calcaires.....	09
I.3.3. Les propriétés des sols calcaires.....	09
I.3.4. Les sols calcaire dans les zones semi-arides.....	09
I.3.5. Les sols calcaires en Algérie.....	10
I.3.6. Distribution des sols calcaires en Algérie.....	10
I.4. Propriétés physiques des sols.....	11
I.4.1. La texture du sol.....	11
I.4.1.1. Classifications des textures.....	11
I.4.2. La structure du sol.....	12
I.4.2.1. Structure fragmentaire.....	12
I.4.2.2. Structure particulaire.....	12
I.4.2.3. Structure compacte.....	12
I.4.3. La couleur du sol.....	12
I.4.4. La porosité.....	13
I.4.5. Acidité.....	13
I.4.6. Perméabilité.....	13
I.4.7. Le pH du sol.....	13

I.5. La matière organique.....	13
I.5.1. Influence de la matière organique.....	14

CHAPITRE II : Les eaux d'irrigation

II.1. L'irrigation.....	15
II.2. Les eaux d'irrigation.....	16
II.2.1. Eaux souterraine.....	16
II.2.2. Eaux de surface.....	16
II.2.3. Eaux de mers et océans.....	16
II.3. L'irrigation dans le monde.....	17
II.4. L'irrigation en Algérie.....	17
II.4. Importance de l'irrigation.....	18
II.4.1. Les avantages.....	18
II.4.2. Les inconvénients.....	18
II.5. Qualité de l'eau d'irrigation.....	19
II.5.1. Caractéristiques physico-chimiques pour évaluer la qualité de l'eau d'irrigation.....	19
II.5.2. Les normes de qualité des eaux destinées à l'irrigation.....	19
II.6. Irrigation et propriétés du sol.....	21
II.6.1. Irrigation et propriétés physiques.....	21
II.6.1.1. La perméabilité d'un sol.....	22
II.7. Irrigation et propriétés chimiques.....	22
II.7.1. La Toxicité ionique spécifique.....	22

Deuxième Partie : Matériel & Méthodes

I. Objectifs du travail.....	23
II. Présentation de la zone d'étude.....	23
II.1. Situation géographique.....	24
II.2. Situation administrative.....	24
II.3. Synthèse climatique.....	24
II.3.1. Quotient pluviométrique d'Emberger.....	24
II.3.2. Diagramme ombrothermique de Bagnoles et Gaussens.....	25
III. Echantillonnage.....	26
IV. Analyses physico-chimiques du sol.....	26
IV.1. La granulométrie.....	26
IV.2. L'humidité.....	26
IV.3. Le pH.....	26
IV.4. La conductivité électrique (CE).....	27
IV.5. Le calcaire total.....	27
IV.6. Le calcaire actif.....	27
IV.7. Le carbone organique.....	27

Troisième Partie : Résultats & Discussion

I. Résultats des analyses physico-chimique des sols.....	28
I.1. Analyses granulométriques.....	28
I.2. L'humidité.....	29
I.3. Le pH.....	30
I.4. La conductivité électrique (CE).....	31
I.5. Le taux des sels dissous (TDS).....	31
I.6. La matière organique (%).....	32
I.6.1. Le carbone organique (%).....	33
I.7. Le calcaire (CaCO₃).....	34
I.7.1. Le calcaire total.....	34
I.7.2. Le calcaire actif.....	35
Conclusion générale.....	36
Références bibliographiques.....	37
Résumé	

LISTE DES FIGURES

Figure 01 : Proportion des principaux composants du sol en volume.....	03
Figure 02 : Distribution de la matière organique des sols.....	07
Figure 03 : Triangle de texture selon.....	11
Figure 04 : Localisation de la zone d'étude.....	23
Figure 05 : Le climagramme d'Emberger de la zone d'étude.....	25
Figure 06 : Diagramme ombrothermique de Bangnol et Gaussen.....	26
Figure 07 : Texture du sol étudié selon le triangle textural.....	28
Figure 08 : Variation de l'humidité des sols étudiés.....	29
Figure 09 : Variation du pH des sols étudiés.....	30
Figure 10 : Variation de la conductivité électrique des sols étudiés.....	31
Figure 11 : Taux des sels dissous (TDS) des sols étudiés.....	32
Figure 12 : Variation de la teneur en matière organique dans les sols étudiés.....	32
Figure 13 : Variation de la teneur en carbone organique dans les sols étudiés.....	33
Figure 14 : Variation de la teneur en calcaire total des sols étudiés.....	34
Figure 15 : Variation de la teneur en calcaire actif des sols étudiés.....	35

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 01: Composition comparée entre l'air du sol et l'air atmosphérique.....	05
Tableau 02 : Barème de qualité pour l'eau d'irrigation.....	20
Tableau 03 : Température moyenne mensuel et précipitation mensuel.....	25
Tableau 04 : Résultats des analyses granulométriques.....	28
Tableau 05 : Résultats des analyses physico-chimiques.....	29
Tableau 06 : Echelle d'interprétation du pHeau.....	31
Tableau 07 : Normes d'interprétation du taux du calcaire du sol.....	34

LISTE DES ABREVIATIONS

°C : Degrés Celsius

C : Carbone de la matière organique

CE : Conductivité électrique

dS/m : Décisiemens par mètre

hm³ : Hectomètre cube par seconde

Km : Kilomètre

m : Mètre

m/s : Mètre par seconde

m³/s : mètre cube par seconde

még/l : Milliéquivalent par litre

mg/l : Milligramme par litre

mm : Millimètre

MO : Matière organique

mol : Mole

mS/cm : Millisiemens par centimètre

μS/cm : Microsiemens par centimètre

N : normalité

O.N.M : Office national météorologique

P : Précipitation

pH : Potentiel d'hydrogène

T : Température

V : Volume

Introduction Générale

Introduction

Le sol est un environnement vivant et constitue un réservoir exceptionnel de microorganismes et de gènes différents qui déterminent des activités variées dont l'activité est en lien plus ou moins direct avec leur "fonctionnement" en général et certaines de leurs propriétés agronomiques en particulier.

Le sol en tant que partie de l'écosystème occupe une position clé dans les cycles globaux des matières (Gobat et *al.*, 2003). Le sol est la ressource primordiale en éléments nutritifs des êtres vivants terrestres, il joue un rôle majeur dans les cycles fondamentaux du fonctionnement de la planète comme par exemple le cycle du carbone, de l'azote, des cations et encore de l'eau.

Le sol est la couche superficielle meuble de la lithosphère terrestre, présentant une épaisseur variable de quelques centimètres à plusieurs mètres. Il est constitué par un mélange de matériaux minéraux et organiques, qui sert de support et milieu naturel pour la croissance des plantes (Legros, 2007). Le sol est un milieu poreux où se déroule nombres de processus physiques, chimiques et biologiques.

L'irrigation se pratique là où les apports naturels d'eau ne suffisent pas à assurer la croissance végétale. C'est à dire qu'elle joue un grand rôle dans les régions arides ou semi-arides caractérisées par des précipitations faibles et irrégulières, un abondant rayonnement incident, des températures et des taux d'évaporation élevé durant l'été où tout le long de l'année, une faible humidité atmosphérique et des vents le plus souvent forts (Armitage 1986., Ferhat M., 2013).

Dans ce travail, notre objectif est d'étudier l'effet des eaux d'irrigation sur la dissolution du calcaire dans le sol ainsi que sur ses propriétés physico-chimiques, il consiste à suivre l'évolution de ces paramètres dans le sol irrigué et sans irrigation.

Le présent document est articulé en trois parties, la première partie est consacrée à une synthèse bibliographique sur le sol et ses propriétés, les sols calcaires, l'irrigation et les eaux d'irrigation. La deuxième partie est consacrée à la présentation de la zone d'étude et les méthodes d'analyses adoptées pour le sol étudié. Enfin, une troisième et dernière partie, est consacrée à la présentation des résultats obtenus suivis d'une discussion et interprétation.

Première Partie
Synthèse Bibliographique

Chapitre I

Le sol et ses propriétés

I. Le sol

I.1. Définition

Le sol est une entité naturelle, c'est-à-dire dont l'existence initiale ne dépend pas de l'homme (Baize and Girard, 1995), superficielle et souvent meuble résultant de la transformation, au contact de l'atmosphère et des êtres vivants (biosphère), d'un matériau minéral (géosphère) issu le plus souvent d'une roche sous-jacente, sous l'influence des processus physiques, chimiques et biologiques » (Girard et al, 2004).

Les sols constituent l'élément essentiel des biotopes continentaux. Leur ensemble, dénommé pédosphère, résulte de l'interaction de deux compartiments biosphériques, l'atmosphère et les deux couches superficielles de la lithosphère. C'est l'altération des roches mères, due à des forces chimiques et biologiques, qui donne naissance au régolite (manteau superficiel de débris), lui-même transformé en ce que l'on appelle sol. Les cinq principaux facteurs impliqués dans la formation du sol sont la roche mère, le climat, la topographie, l'activité biologique et le temps (Atlas R. M. & Bartha R , 1992).

Le sol ou la couverture pédologique, forme la couche superficielle meuble qui recouvre la roche mère, son épaisseur varie de quelques centimètres à quelques mètres. Il est pour la plante un support et un milieu nutritif, avance que « les sols influent sur la végétation de façon encore plus déterminante que dans les zones non arides, en particulier, par le biais de leurs caractères hydrodynamiques qui peuvent exagérer ou au contraire atténuer l'aridité climatique. Ces caractères sont essentiellement la texture, la profondeur, la position topographique, et le bilan hydrique qui en découle » (Pouget, 1980).

I.2. Les constituants du sol

Au niveau de sa composition, le sol est une matrice complexe qui est formée (Figure 1):

- d'une phase liquide correspondant à une solution chimique complexe nécessaire à la réalisation des réactions importantes qui ont lieu dans les sols ;

- d'une phase gazeuse qui est contenue dans les pores ouverts des sols. Ces pores comprennent des gaz atmosphériques et des gaz libérés lors des réactions chimiques et biologiques ;

- d'une phase solide constituée en majeure partie de particules minérales de taille et de nature minéralogiques différentes. Secondairement, elle est formée de constituants organiques allant de fragments végétaux ou d'animaux à des macromolécules organiques complexes. En

plus de cette complexité multiphasique, les variabilités de texture (composition granulométrique) et de structure (mode d'assemblage des constituants minéraux et organiques) confèrent au sol une importante complexité et une forte hétérogénéité spatiale à petite et grande échelles.

Le sol est constitué de cinq composants majeurs : fraction minérale, matière organique, eau, air et organismes vivants (Alexander, 1977) (Figure 01). Les matières organiques et minérales s'organisent de manière à créer des vides alors occupés par l'air et l'eau (les pores).

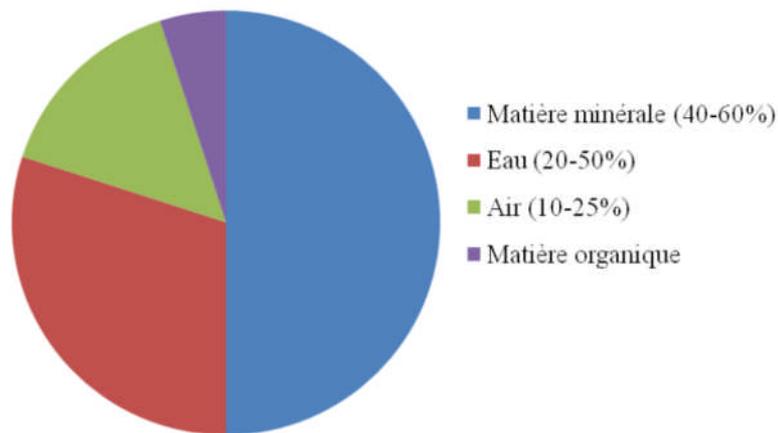


Figure 01 : Proportion des principaux composants du sol en volume (White, 2006).

I.2.1. L'eau et l'air

L'eau circule et est retenue dans le sol par le réseau des pores. Ces pores sont occupés par un réseau aqueux discontinu, sauf quand le sol est saturé, portant des substances inorganiques ou organiques dissoutes et comprennent une phase gazeuse.

L'eau gravitationnelle circule librement dans les macro-pores de diamètre supérieur à $10\mu\text{m}$, constitués entre les agrégats et à l'intérieur des macro-agrégats. Une partie de l'eau est fortement retenue par capillarité à l'intérieur des micropores ($<10\mu\text{m}$) (Robert, 1992) constitués à l'intérieur des micro-agrégats. La disponibilité de l'eau résulte de la combinaison des potentiels matriciel et osmotique. La rétention et potentiellement l'immobilisation de l'eau sont plus importantes dans les microporosités dues à un potentiel matriciel plus élevé que dans les macro porosités, maintenant les microporosités dans un état plus humide que les macro porosités quand le sol est soumis à de fortes pluies. L'eau du sol est très importante dans l'écologie des micro-organismes du sol car la disponibilité des nutriments et l'intégrité des membranes bactériennes nécessitent que la solution du sol soit largement disponible et circulante (Ranjard et Richaume, 2001).

I.2.1.1. Phase liquide

La phase liquide est tout ce qui est liquide ; elle se trouve dans les espaces lacunaires entre les particules solides du sol.

La phase liquide représente l'eau du sol laquelle contient toujours des substances dissoutes « la solution du sol » Hillel (1974).

Selon Morel (1996) la solution du sol ou l'eau du sol contient des ions minéraux et des petites molécules organiques variant dans sa composition et sa mobilité et même sa fixation sur les particules solides. Cette solution remplit partiellement ou totalement les pores du sol.

D'après Mermoud (2006), la solution du sol contient :

- ❖ Des anions prédominants : NO_3^- , HCO_3^- , CO_3^- , PO_4^- , Cl^- et SO_4^-
- ❖ Des cations prédominants : Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ , Na^+ , NH_4^+
- ❖ De la matière organique soluble.
- ❖ Des dissolvants gazeux.
- ❖ Des pesticides et fertilisants liquides

I.2.1.2. La phase gazeuse

Elle est représentée par l'air qui se trouve dans les espaces vides du sol. Cette phase est composée d'après Morel (1996) de tout ce qui est gaz (Oxygène, Azote, Dioxydes de carbone...etc.).

Soltner (1986) définit la phase gazeuse par l'atmosphère du sol qui se compose des mêmes gaz que l'air (O_2 , CO_2 , N_2 ,...) et surtout les gazes qui résultent de la décomposition de la matière organique et de l'activité biologique dans le sol.

La phase liquide du sol est principalement constituée par l'eau, dans laquelle sont présents les ions minéraux et des molécules organiques, et qui varie dans sa composition et sa mobilité. Sa composition dépend essentiellement du milieu géologique avec lequel elle est en contact, mais également de la composition de l'eau de pluie et de l'eau de surface.

Mermoud (2006) dans une étude comparative entre la composition de l'air du sol et de l'air atmosphérique montre que, dans le sol, la concentration en CO_2 est plus élevée et la teneur en O_2 est plus réduite que dans l'air atmosphérique. Il explique cette différence par les phénomènes de la respiration des microorganismes vivants du sol et la dégradation de la matière organique dans le sol (Tableau 01).

Tableau 01: Composition comparée entre l'air du sol et l'air atmosphérique (Mermoud, 2006).

Gaz	Air atmosphérique	Air du sol
Azote	78 %	78 – 80 %
Oxygène	21 %	< 21 %
Autres gaz	1 %	1 %
Gaz carbonique	0,03	0,2 à quelque %
Vapeur d'eau	Variable	Proche de la saturation

I.2.2. Carbonates

Les minéraux carbonatés présents dans les sols sont la calcite (CaCO_3), la magnésite (MgCO_3), la dolomite ($\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$), le carbonate de sodium ($\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) et la sidérite (FeCO_3). La calcite et la dolomite apparaissent comme des minéraux primaires ainsi que des minéraux secondaires. La calcite primaire est le produit de la désagrégation des silicates contenant du calcium, comme les pyroxènes ou amphiboles. La calcite, minérale secondaire, est le résultat de la précipitation de la solution du sol souvent enrichie en magnésium : on parle de magnésium calcite ($\text{Ca}_{1-y}\text{Mg}_y\text{CO}_3$).

La formation du carbone dissous est possible par dissolution de CO_2 dans l'eau ou par dissolution de la calcite par les ions de H^+ (Stumm and Morgan 1996 in Djebli A., 2013).

La présence de carbonates et de dioxyde de carbone dans le sol joue un rôle primordial. Leurs équilibres de dissolution contrôlent partiellement le pH.

I.2.3. La fraction minérale

Dépend du type de roche mère à partir duquel le sol s'est formé. La fraction minérale des sols résulte de l'action de deux principaux phénomènes (Best, 1995). La désagrégation physique due aux alternances chaud/froid, le gel, le vent ou l'eau fractionnant la roche en morceaux de taille de plus en plus faible, les particules générées conservant la composition minéralogique initiale (Gobat, 2003). L'altération due à l'eau, associée ou non à l'oxygène, au gaz carbonique CO_2 ou à des acides organiques (Gobat, 2003) provoque une transformation des minéraux primaires avec formation de minéraux secondaires (comme l'argile) dont l'ensemble constitue le complexe d'altération (Duchaufour, 1977).

I.2.3.1. Minéraux sableux

Les minéraux de silice sont les composés inorganiques les plus abondants dans les milieux naturels. Ils sont basés sur l'anion silicate qui a une structure tétraédrique. Les principaux représentants de ces minéraux sont le quartz et le feldspath. Ils font partie de la fraction la plus grossière où la taille des particules varie de 50 μm à 2 mm.

I.2.3.2. Minéraux argileux

En minéralogie, les argiles sont définies comme des roches composées principalement par les phyllosilicates d'aluminium, plus ou moins hydratés. Les argiles se présentent sur les formes de feuillets, de lattes et d'aiguilles. Elles sont constituées de couches d'octaèdres «O» $\text{Al}(\text{OH})_6$ et de couches de tétraèdres « T » SiO_4 reliées par les atomes O et OH mis en commun.

I.2.4. La matière organique

Par ses propriétés physicochimiques, la matière organique interagit avec les particules de sol et participe ainsi à sa structuration. La matière organique fraîche provient des déchets des organismes, de leurs sécrétions ou des tissus morts. Mais elle provient majoritairement de débris végétaux (cellulose, hemicellulose, lignine, tanins) (Chenu, 1993). Ces composés organiques humifiés sont séparés en trois fractions suivant leur solubilité : les acides fulviques très solubles à tout pH, les acides humiques insolubles à pH acide, et l'humine insoluble. Les acides fulviques sont électronégatifs et ont la capacité de complexer les cations. Les acides humiques forment des complexes avec les argiles, les minéraux, et ions métalliques ainsi qu'avec les composés organiques hydrophobes (Parent et Velegol, 2004). Des composés lipidiques (acides gras, cires, résines) et azotés (ADN, chitine, muréline, urée, amines, protéines) sont également présents dans le sol. Ces composés provenant des bactéries, plantes ou animaux peuvent se fixer à des composés humifiés (Gobat, 2003) ou à des colloïdes minéraux. Le sol contient également des êtres vivants appartenant à chacun des grands groupes du vivant : *bacteria*, *archeobacteria*, *eucarya*. Nous allons nous intéresser plus particulièrement aux bactéries et tous les microorganismes du sol, même si les autres groupes participent également à la structuration du sol interagissant donc avec les bactéries.

La fraction organique peut être définie comme une matière hydrocarbonée provenant d'êtres vivants végétaux et animaux. Elle est composée d'éléments principaux (C, H, O, N) et d'éléments secondaires (S, P, K, Ca, Mg). Elle peut se diviser en plusieurs catégories :

- les organismes vivants constituant la biomasse (racines, faune du sol, microorganismes...),
- les composés en voie de dégradation (cellulose, hémicellulose, lignine, protéines,...),
- les substances humiques.

Elle possède une capacité d'échange cationique (200 à 400 meq/100 g) et une surface spécifique (500 à 800 m².g⁻¹) relativement importantes.

La matière organique est donc un facteur clef des échanges ioniques et des cycles géochimiques des éléments métalliques.

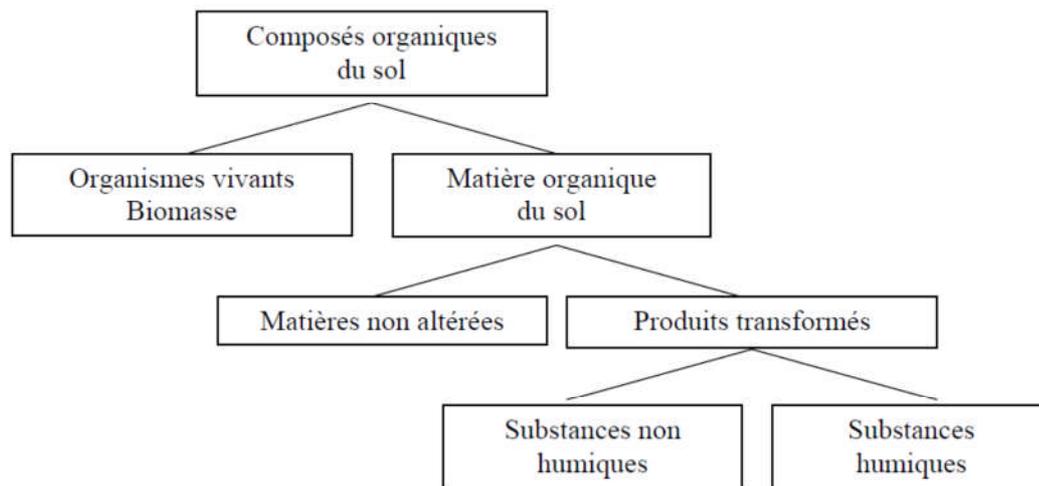


Figure 02 : Distribution de la matière organique des sols (Eyheraguibel B., 2004).

I.3. Sol calcaire

Les sols calcaires contenant du calcaire actif c'est-à-dire du carbonate de calcium à l'état de particules si fines que leur solubilisation continue par les acides de sol entretient dans la solution une concentration importante d'ions Ca⁺². Le complexe adsorbant de ces sols est en général bien pourvu, si non saturé en calcium (Mathieu et Lozet, 2002; Soltner, 2005).

Un sol calcaire c'est un sol contenant du CaCO₃ libre en quantité suffisante pour présenter une effervescence visible sous l'action d'HCl dilué à froid. Le CaCO₃ est souvent accompagné de MgCO₃ (Lozet et al, 1990).

Selon (Legros, 2007) les sols calcaires se détectent facilement par un test à l'acide chlorhydrique. Une goutte d'acide posée sur l'échantillon provoque un dégagement de CO₃ visible dans le liquide et d'autant plus violent qu'il y a beaucoup de calcaire. la réaction est la suivante :



Un sol calcaire c'est un sol contenant du CaCO_3 libre en quantité suffisante pour présenter une effervescence visible sous l'action d'HCl dilué à froid, le CaCO_3 est souvent accompagné de MgCO_3 .

Selon la teneur en calcaire, il y a cinq (05) classes de sols calcaires (Loz et Mathieu, 1990) :

- ✚ Sols très faiblement calcaires avec un taux de $\text{CaCO}_3 < 2\%$.
- ✚ Sols faiblement calcaires avec un taux de CaCO_3 de 2 à 10
- ✚ Sols moyennement calcaires avec un taux de CaCO_3 de 10 à 25%.
- ✚ Sols fortement calcaires avec un taux de CaCO_3 de 25 à 50%.
- ✚ Sols très fortement calcaires avec un taux de $\text{CaCO}_3 > 50\%$. Selon (Ruellan, 1976)

les sols calcaires sont en général caractérisés par la présence de trois horizons principaux :

- ✚ Dans la partie moyenne du sol, un horizon d'accumulation du calcaire : c'est un horizon Bca, qui peut être plus ou moins développé.
- ✚ Au- dessus, un horizon A moins calcaire : il peut être non calcaire.
- ✚ Au- dessus, un horizon C, également moins calcaire que l'horizon Bca.

La distribution du calcaire dans ces trois horizons, qui sont étroitement liés entre eux, définit le profil calcaire.

I.3.1. L'origine du calcaire dans le sol

Les raisons qui font exclure un apport en solution du carbonate de calcium comme mécanique explicatif de la formation des croûtes est à vérifier. En milieu semi-aride et subaride, les transferts de matière ont lieu de façon dominante à l'état solide : galets, sables, et suspensions, que ce soit dans l'eau ou dans l'air. C'est par des apports éoliens que l'on peut expliquer des accumulations calcaires importantes dans des régions où les roches carbonatées sont absentes ou en très faible proportion ; des poussières ont pu y être déposées par le vent et la végétation (essentiellement microflore) (Vogt, 1984).

Les matériaux originaux calcaires, laissent dans le sol des fragments de roches calcaires (carbonatées, calcaires et dolomitiques) ou simplement riches en calcium (les basaltes par exemple) de dimensions diverses et en quantité variable selon la nature de la roche d'une part et selon les conditions de l'altération d'autre part (Ruellan, 1976).

I.3.2. Classification des sols calcaires

La classification et la dénomination des sols calcaires sont très variées.

❖ La plupart des sols calcaires sont regroupés selon la classification (C.P.C.S, 1967) parmi les sols peu évolués, calcimagnésiques, iso humiques et les sols fersiallitiques à réserves calciques (Ruellan, 1976).

❖ Dans le cadre de la classification américaine (U.S.D.A., 1967) ce sont selon les cas, des inceptisols (xerochrepts). Des aridisols (argids et orthides) des mollisols (Rendolls et Xérolls) des alfisols (Xérolfs).

❖ Dans le cadre de la légende de la carte mondiale des sols (Dudal, 1968 in Ruellan , 1976) ce sont selon les cas : des fluvisols, des Rendzinas, des yermosols, des xérols, des castanozems, des cambisols (Ruellan , 1976).

Dans le cadre de la classification FAO (1973), ce sont selon les cas, des fluvisols, des rendzinas, des yermosols des verusols, des castanozems, des cambisols.

I.3.3. Les propriétés des sols calcaires

Selon Legros (2007), les sols calcaires et les sols saturés en calcium ont en commun :

- Un pH relativement élevée ; il est voisin de la neutralité dans les sols saturés et 7,5 à 8,5 dans les sols calcaire ;
- Une belle structure fragmentaire et anguleuse en particulier si le sol est riche en argile ; au contraire, les sols acidifiés ont souvent une structure continue ou massive ;
- Une bonne stabilité de cette structure mesurée par des tests adéquats ;
- Une teneur notable en composés organiques stables, teneur en matière organique des sols est proportionnelle à leur teneur en calcium échangeable; le rôle stabilisateur du calcium est ainsi mis en évidence ;
- Les limites entre les horizons sont progressives dans la mesure où il s'agit de sols jeunes et peu évolués.

I.3.4. Les sols calcaire dans les zones semi-arides

Selon Durand, (1954), les régions semi-arides qui sont situées entre l'équilibre vent-pluie, donc les conditions qui rentrent dans la formation des sols. Il y a deux types :

❖ Les sols calciques ne présentent qu'un seul horizon différencié peu épais. Ils sont plus ou moins riches en calcaire, leur complexe adsorbant est saturé par l'ion Ca^{++} et leur pH est toujours compris entre 7 et 8. dans ces sols, le calcaire est surtout présent dans la fraction sableuse et n'intervient que peu dans leur dynamique.

❖ Les sols en équilibre : sols ayant les mêmes caractères que les sols calciques mais formés sur la roche mère non calcifère. Leur complexe adsorbant est encore saturé en ion Ca^{++} , les mouvements de substances y sont inexistantes et ils ne présentent qu'un seul horizon différencié. Ces sols sont rares en Algérie car les roches calcaires ou gypseuses couvrent environ 90% de la surface des zones semi-arides.

I.3.5. Les sols calcaires en Algérie

Les sols calcaires en Algérie sont localisés dans le Nord du pays, ou ils sont dans leur majorité faiblement à fortement calcaires, ils s'expriment mieux entre les isohyètes 270 et 500 mm Les taux en calcaire se localisent préférentiellement dans les zones inférieures du pays (régions steppiques et hauts plateaux) (Djili, 2000).

Selon F.A.O (2005) les types de sols calcaires en Algérie sont :

- ✚ Sols bruns calcaires dans les bioclimats humides et sub- humides (calcisols).
- ✚ Sols à accumulations calcaires en profondeur (chatins et bruns iso humiques) dans les bioclimats semi- arides et arides (calcisols).

I.3.6. Distribution des sols calcaires en Algérie

Les sols calcaires en Algérie sont localisés dans le Nord du pays, où ils sont en majorité faiblement à fortement calcaires (Djili, 2000).

Selon F.A.O. (2005), les types de sol calcaire en Algérie sont :

- ❖ Sols bruns calcaires dans les bioclimats humides et sub-humides (calcicoles).
- ❖ Sols à accumulations calcaires en profondeur (chatins et bruns iso humiques) dans les bioclimats semi-arides et arides (calcisols).

Selon Djili (2000), le profil calcaire en Algérie est en fonction de la pluviométrie :

- ❖ Les Zones arides ($P < 300$ mm) : l'accumulation de calcaire semble être homogène dans tout le profil, mais avec un pourcentage de calcaire légèrement plus élevé dans les horizons de Sub-surface ;
- ❖ Les Zones semi- arides ($350 < P < 450$ mm), le profil devient de plus en plus calcaire en profondeur ;
- ❖ Les Zones humides et Sub- humides ($P > 600$ mm), le profil est relativement moins calcaire que ceux des autres zones climatiques, le calcaire est reparti d'une façon homogène dans les horizons de surface et de Sub-Surface.

I.4. Propriétés physiques des sols

I.4.1. La texture du sol

La texture indique l'abondance relative, dans le sol, de particules de dimensions variées: sable, limon ou argile. la Texture dépend de la facilité avec laquelle le sol pourra être travaillé, la quantité d'eau et d'air qu'il retient, et la vitesse à laquelle l'eau peut entrer et circuler dans le sol (définition de la FAO). (Masson J-C, 2012).

I.4.1.1. Classifications des textures

On distingue quatre grands ensembles :

- ❖ Les textures fines ou argileuses correspondent à des sols plastiques, difficiles à travailler, fortement adhérents et présentant un optimum de rétention d'eau utile.
- ❖ Les textures sableuses au contraire confèrent aux sols une structure particulière et une absence de cohésion .comme les réserves en eau sont faible, ils ont tendance à s'assécher saisonnièrement.
- ❖ Les sols à textures limoneuse ou prédominent les limons correspondant généralement aux « terres battantes » : leur médiocre stabilité structurale les rend sensibles aux agents de dégradation pour des teneurs en limons n'excédant pas 30-350/0 et de notables teneurs en sables, la texture équilibrée assure une structure convenable et de bonne caractéristiques hydriques (Bouneau M., Souchier B. 1979).

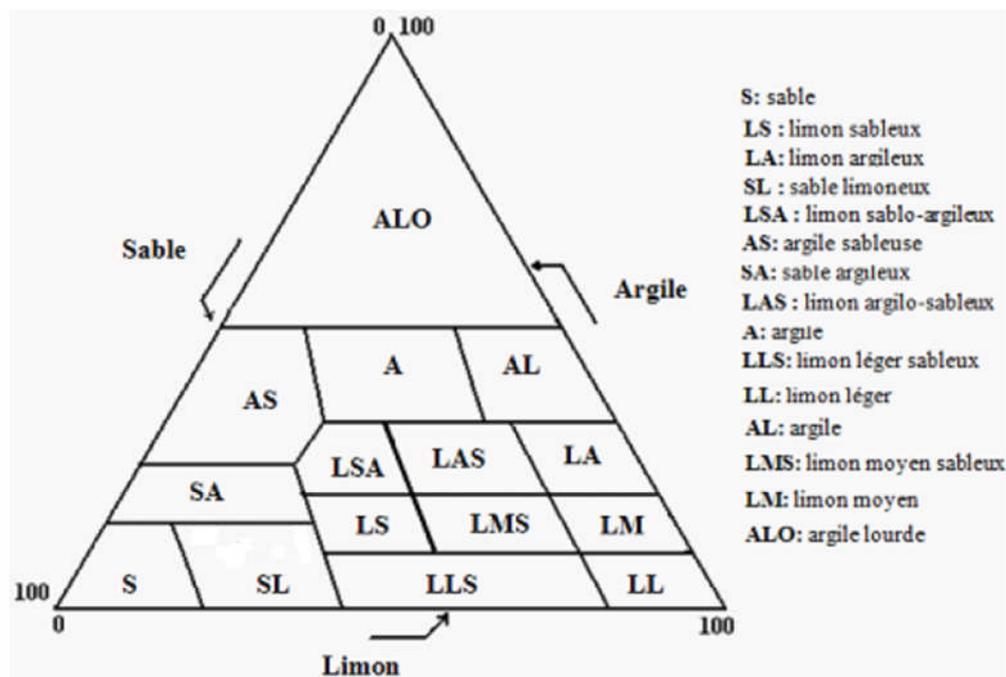


Figure 03 : Triangle de texture selon (Jamagne 1967 in Baiz 2000).

I.4.2. La structure du sol

C'est la façon dont sont assemblés les constituants solides du sol.

I.4.2.1. Structure fragmentaire

Les agrégats permettent à la fois une rétention de l'eau et des échanges chimiques avec la solution du sol et les racines. C'est la structure la plus intéressante pour l'agriculture.

I.4.2.2. Structure particulaire

Les particules de terre sont trop grandes et il n'y a pas d'agrégation entre elle (la plage de sable). Sa capacité d'infiltration est très élevée mais sa capacité de rétention très réduite, le sol donc incultivable.

I.4.2.3. Structure compacte

A l'opposé de la structure particulaire, les particules sont très fines (grande proportion d'argiles) et s'agglomèrent, elle limite fortement l'infiltration de l'eau dans le sol qui s'engorge, on le dit saturé en eau. Ce sol s'appauvrit en oxygène et devient difficilement pénétrable par les racines. (Georges S., 2008).

I.4.3. La couleur du sol

La couleur plus foncée est généralement due à la matière organique. Elle nous renseigne par exemple sur le plus profond labour fait il y a 20 ou 30 ans. Une limite diffuse entre l'ancien labour et le sous-sol indique souvent une bonne activité des vers de terre qui diffusent la matière organique en profondeur par leurs nombreux turriculés dans le sol.

La surface des agrégats peut être de couleur plus foncée que la masse du sol suite à une diffusion en profondeur des matières organiques. Des revêtements organiques recouvrent alors les éléments structuraux du sol.

- ❖ Les couleurs plus blanches sont souvent associées au calcaire.
- ❖ Le brun correspond à la brunification des sols qui est la pédogenèse commune sous nos climats tempérés (formation d'hydroxyde de fer).
- ❖ La couleur rouge est due à l'oxydation du fer. Dans le Tarn, elle est héritée de sols anciens formés au Tertiaire sous climat plus chaud (tropical). Elle peut aussi être héritée de la roche-mère comme dans le cas des « rougiers » de la Grésigne (Guide de sol 2008).

La texture et la structure définissent avec la couleur la notion d'horizon pédologique (Antoni A., 2014).

I.4.4. La porosité

La porosité (le volume occupé par l'air et la solution du sol) permet aux racines et aux micro-organismes de respirer, et elle permet de stocker de l'eau. Dans un sol très sec, tous les « pores » (l'ensemble des petits trous et canaux entre les grains et les particules dans le sol) du sol sont remplis d'air. Dans un sol inondé tous ces pores sont saturés d'eau. Dans ce cas, pour beaucoup de plantes, les racines ne peuvent plus respirer, et ceci peut être fatal (Wopereis et *al.*, 2008).

I.4.5. Acidité

L'acidité d'un sol est généralement évaluée par son «pH », en fait le pH d'une suspension de terre dans une solution aqueuse suivant un protocole défini. Ce pH résulte de l'équilibre entre l'acidité ou l'alcalinité de différents constituants du sol. (Dambrine E. INRA Nancy).

I.4.6. Perméabilité

Qui caractérise la facilité avec laquelle un milieu poreux (c'est à dire contenant des vides ou pores) laisse ou ne laisse pas passer un liquide ou un gaz, Henry Darcy (Etienne Guyon, 2011).

I.4.7. Le pH du sol

Le pH est une mesure de la concentration en ions H^+ dans la solution du sol. Un pH 7 est un pH neutre qui correspond à la concentration en ions H^+ présente dans l'eau pure. En dessous de 7, le sol est acide et au-dessus de 7 le sol est alcalin ou basique. Le pH nous renseigne sur les éléments nutritifs et les risques de toxicité. (Masson, 2012).

I.5. La matière organique

La matière organique joue un rôle majeur relativement à la conservation des sols. Elle a des effets positifs en particulier sur l'activité biologique, la structure, la rétention en eau, le drainage et la réserve en éléments nutritifs du sol (Denis A, 2008).

Elles se répartissent en trois groupes :

❖ Les Matières Organiques Vivantes (MOV), animale, végétale, fongique et microbienne, englobent la totalité de la biomasse en activité (racines, vers de terres, microflore du sol...),

❖ Les débris d'origine végétale (résidus végétaux, exsudats), animale (déjections, cadavres), fongique et microbienne (cadavres, exsudats) appelés «Matières Organiques fraîches ». Associés aux composés organiques intermédiaires issus de l'activité de la biomasse microbienne, appelés produits transitoires (évolution de la matière organique fraîche), elles composent les MO facilement décomposables.

❖ Des composés organiques stabilisés (« MO stable »), les matières humiques ou humus, provenant de l'évolution des matières précédentes. La partie humus représente 70 à 90 % du total. (Roussillon., 2011)

I.5.1. Influence de la matière organique

Les fertilisants organiques participent à l'amélioration de la structure du sol en favorisant l'augmentation de son taux de matière organique stable. La stabilité structurale peut être estimée par un indice, dit MWD, qui est basé sur la répartition des tailles d'agrégats mesurée après qu'ils aient été soumis à une désagrégation mécanique par agitation dans l'eau. Pour des sols limoneux, la corrélation entre cet indice et la teneur en carbone organique du sol (et donc son stock de matière organique) (Houot et *al*, 2004).

La décomposition des organismes vivants dans les sols conduit à l'apparition d'une matière organique fraîche qui est le point de départ de deux grands processus de transformation :

❖ la minéralisation, qui transforme les matières organiques du sol en éléments simples (gaz et éléments minéraux nutritifs pour les plantes) ;

❖ l'humification des diverses formes de matière organique fraîche, qui aboutit à l'humus du sol. L'équilibre entre les processus de minéralisation et d'humification de la matière organique est à la base de la plupart des propriétés agronomiques des sols.

Chapitre II

Les eaux d'irrigation

II.1. L'irrigation

L'irrigation, soit l'apport artificiel de l'eau nécessaire à la croissance des végétaux, qu'elle soit simplement destinée à compléter les apports naturels durant les périodes critiques ou qu'elle couvre la quasi-totalité des besoins, est pratiquée depuis des millénaires (Marc S et al, 2007).

La circulation de l'eau à l'intérieur du sol est soumise aux forces mécaniques et moléculaires et dépend du taux d'infiltration de l'eau de pluie ou d'irrigation dans le sol. La réduction de l'humidité du sol au-dessous de la capacité capillaire peut conduire, selon les propriétés physiques, à un flétrissement temporaire, ensuite permanent. La quantité d'eau absorbée par une plante dépend (El-Karaoui, 1977).

- des caractéristiques chimiques et de l'état dynamique de l'eau qu'elle contient ;
- du potentiel hydrique à la surface des racines ;
- et de l'efficacité du système racinaire.

C'est la transpiration à la surface des feuilles qui provoque l'ascension de l'eau à l'intérieur des feuilles de la plantes à partir des cellules du xylème, elles-mêmes alimentées par le système racinaire. Ce processus est tributaire des conditions atmosphériques. Les données climatiques peuvent servir à prévoir le degré d'humidité du sol, l'évaporation possible, l'évapotranspiration et par conséquent, l'excès et le manque d'humidité du sol (Armitage, 1986).

✚ L'irrigation : un moyen de compensation

Elle se pratique là où les apports naturels d'eau ne suffisent pas à assurer la croissance végétale sur un terrain cultivé (Ferhat M., 2013). Elle joue un grand rôle dans les régions arides et semi-arides caractérisées par :

- ✓ des précipitations faibles et irrégulières
- ✓ un abondant rayonnement incident
- ✓ des températures
- ✓ et des taux d'évaporation élevés durant toute l'année.
- ✓ une faible humidité atmosphérique
- ✓ et des vents forts froids et secs en hiver, chauds et secs en été,

✚ **L'irrigation : un moyen de production de biomasse végétale.** Elle se pratique pour accroître la production de vivres et des plantes.

✚ **L'irrigation : un moyen de changement de la qualité des sols du point de vue,** chimique physique et biologique.

II.2. Les eaux d'irrigation

II.2.1. Eaux souterraine

Du point de vue hydrogéologique les couches aquifères se divisent en :

Nappes phréatiques ou alluviales : peu profondes et alimentées directement par les précipitations pluvieuses ou les écoulements d'eau en dessus.

Nappes captives : plus profondes que les premières et séparées de la surface par une couche imperméable, l'alimentation de ces nappes est assurée par l'infiltration sur leurs bordures (Cardot C., 1999 in Djebli A., 2013).

La nature du terrain sous lequel se trouvent ces eaux est un déterminant de leurs compositions chimiques, cependant elles sont appelées aussi les eaux propres car ils répondent en général aux normes de potabilité. Pourtant, ces eaux sont moins sensibles aux pollutions accidentelles, elles perdent totalement leur pureté originale dans le cas de contamination par des polluants.

II.2.2. Eaux de surface

Ce type des eaux englobe toutes les eaux circulant ou stockées à la surface des continents (rivières, lacs, étangs, barrages,...). La composition chimique des eaux de surface dépend de la nature des terrains traversés par ces eaux durant leurs parcours dans l'ensemble des bassins versants. Ces eaux sont le siège, dans la plupart des cas, d'un développement d'une vie microbienne à cause des déchets rejetés dedans et de l'importante surface de contact avec le milieu extérieur. C'est à cause de ça que ces eaux sont rarement potables sans aucun traitement (Degremont, 1989 in Djebli A., 2013).

II.2.3. Eaux de mers et océans

Les mers et les océans constituent des énormes réservoirs d'eau, elles représentent près de 97.4% du volume d'eau existant actuellement sur notre planète, le reste est la part des eaux continentales (eaux souterraine et superficielles). Les eaux de mers sont caractérisées par une grande salinité, elles sont dénommées aussi « eaux saumâtres », ce qui rend leur utilisation difficile, notamment leur coût très élevé pour leur traitement (Boeglin J C, 1999 in Djebli A., 2013).

II.3. L'irrigation dans le monde

La consommation d'eau agricole est très variable d'un pays à l'autre. Elle n'intéresse que 273 millions d'hectares dans le monde éparpillés très irrégulièrement sur tous les continents.

Contrairement à ce que l'on pourrait penser, les pays qui irriguent le plus ne sont pas les pays au climat aride ou semi-aride. Dans ces régions, en effet, il ne peut y avoir de culture sans irrigation. Aussi, toutes les surfaces cultivées sont-elles irriguées. Mais, comme il ne peut y avoir d'irrigation sans eau, les surfaces cultivées demeurent réduites en superficie, limitées par la faiblesse des ressources en eau, et localisées là où ces ressources sont disponibles.

En conséquence, les pays qui irriguent le plus sont ceux situés dans le sud-ouest asiatique, lesquels rassemblent plus de 60 % des terres irriguées de la planète, et certains pays du pourtour méditerranéen, comme l'Italie ou la Grèce.

À l'inverse, dans les régions qui reçoivent suffisamment d'eau de pluie, la superficie des terres cultivées peut être très importante, surtout si le relief le permet. Bien que l'irrigation n'y soit pas indispensable, elle est néanmoins utilisée, et ce d'autant plus facilement que l'eau est disponible, afin de diversifier et d'améliorer les cultures, d'obtenir des récoltes multiples, ou encore d'augmenter les rendements. Même si elle n'est pas systématique, l'irrigation peut donc être conséquente. C'est ce qui se passe au Japon, en Chine, en Inde et au Pakistan (Milos, 1971).

II.4. L'irrigation en Algérie

L'Algérie compte 17 bassins-versants. Les ressources en eau proviennent des eaux de surface et des eaux souterraines renouvelables et non renouvelables. Il est à noter que ces ressources sont très variables notamment celles qui proviennent des nappes tributaires des aléas climatiques (Kadi, 1997). Globalement, la superficie irriguée actuellement est de l'ordre de 420.000 ha dont 100.000 ha dans les régions sahariennes et ce, sur une superficie agricole utile de 8.666.715 ha soit près de 5% de la surface agricole utile (SAU) (Messahel et *al.*, 2003 cité par Djebli A, 2013). Les 320.000 ha irrigués dans le Nord du pays (soit 4,6% de la SAU) se répartissent en deux ensembles nettement différenciés à la fois par la taille des aménagements et par le mode de gestion.

II.4. Importance de l'irrigation

II.4.1. Les avantages

Tant qu'on ne saura pas faire pleuvoir où et quand on veut, l'irrigation restera le seul moyen d'augmenter les rendements et de les régulariser dans bien des régions du monde.

En effet, selon les espèces et variétés cultivées, selon les terres, et selon les techniques utilisées, l'irrigation peut permettre d'obtenir de deux à cinq fois plus (et même dix en zone aride) de production (Plauchu, 2003 cité par Djebli A, 2013).

L'irrigation n'est pas uniquement un apport d'eau sur une terre cultivée en vue de compenser l'insuffisance des précipitations et de permettre le plein développement des cultures. Elle est considérée plutôt comme un ensemble d'actions de développement intégré des milieux agricole et rural qui doit se traduire non seulement par l'augmentation de la production et l'amélioration du niveau de vie de l'agriculteur, mais doit se traduire également par la préservation du milieu, notamment des terres agricoles, et par une économie de l'eau d'irrigation qui elle-même se traduit par une économie dans l'utilisation de l'énergie (électricité, fuel, etc.).

II.4.2. Les inconvénients

L'irrigation présente deux inconvénients majeurs pour les milieux aquatiques. Elle est grande consommatrice d'eau et peut accélérer la désertification de certaines régions.

L'agriculture irriguée rencontre de nos jours de nouveaux problèmes tels que le risque de salification qui peut être apprécié par la conductivité électrique (CE) et celui de l'alcalinisation des sols. Cette dernière, due aux échanges ioniques, concerne surtout le sodium, le calcium et le magnésium, entre l'eau et les argiles du sol; il est évalué par le coefficient d'absorption du sodium (SAR).

Mal conduite, elle peut être néfaste pour les sols. Lorsqu'ils sont trop secs, l'infiltration de l'eau se fait mal et si l'apport est trop important, une grande partie de l'eau stagne ou ruisselle le long des pentes. En s'évaporant, l'eau stagnante laisse en dépôt les sels qu'elle contient, favorisant une salinisation des sols qui deviennent progressivement incultes et doivent être abandonnés; c'est un phénomène que l'on observe surtout dans les régions arides et semi-arides.

Au niveau mondial, les prélèvements en eau de l'irrigation représentent aujourd'hui environ 70 % des prélèvements totaux, ce qui est énorme (Plauchu, 2004 cité par Djebli A,

2013). À l'échelle locale, la consommation immodérée d'eau d'irrigation peut même parfois conduire à une réduction considérable des volumes disponibles. Ainsi, le lac Tchad, autrefois la plus grande réserve d'eau douce du continent africain, est aujourd'hui 20 fois plus petit qu'il n'était il y a 35 ans.

II.5. Qualité de l'eau d'irrigation

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

II.5.1. Caractéristiques physico-chimiques pour évaluer la qualité de l'eau d'irrigation

- la salinité : contenu total en sel soluble,
- le sodium : proportion relative des cations sodium (Na^+) par rapport aux autres,
- l'alcalinité et dureté : concentration d'anions Carbonate (CO_3^{2-}) et bicarbonate,
- les bicarbonates (HCO_3^-) en relation avec la concentration en calcium (Ca^{2+}) et en magnésium (Mg^{2+}),
- le pH de l'eau d'irrigation.
- autres éléments.

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

II.5.2. Les normes de qualité des eaux destinées à l'irrigation

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

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

- protéger le public et les ouvriers agricoles ;

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

Une eau est conforme à l'irrigation est une eau dont les caractéristiques respectent les valeurs limites imposées par des textes de lois et inscrites dans des tableaux de normes. L'exemple du, tableau 02 donne les normes de qualité des eaux destinées à l'irrigation (Maynard et Hochmuth, 1997). Les normes varient selon les pays, mais dans la majorité des pays on fait référence, à quelques exceptions près, aux cinq critères de qualité sus cités.

Tableau 02 : Barème de qualité pour l'eau d'irrigation (Mayard et Hochmuth, 1997).

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

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.

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) cité par 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 ;
- Et divers facteurs qui exercent une influence sur ces cultures.

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.

II.6. 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.

II.6.1. 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).

II.6.1.1. 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.

II.7. 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.

II.7.1. 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.

Deuxième Partie

Matériel & Méthodes

I. Objectifs du travail

L'objectif de ce travail est de faire ressortir l'impact des eaux d'irrigation la dissolution du calcaire (CaCO_3) dans le sol dans la région de Ksar Chellala (Tiaret), il consiste à suivre l'évolution de ces propriétés au cours du temps dans un sol irrigué et sans irrigation. La parcelle sans irrigation a été retenue à titre comparatif, comme témoin.

II. Présentation de la zone d'étude

L'expérimentation a été réalisée dans une exploitation agricole privé située dans la région de Ksar Chellala - Wilaya de Tiaret. Nous avons choisi deux parcelles (figure 04), Les sols sont principalement calcimagnésiques et des sols d'apport alluvions-colluvions, faiblement fertiles.

Le choix du site a été fait suivant la disponibilité en eau, c'est-à-dire l'existence d'un forage et d'un bassin d'accumulation ainsi que d'un système d'irrigation aspersion.

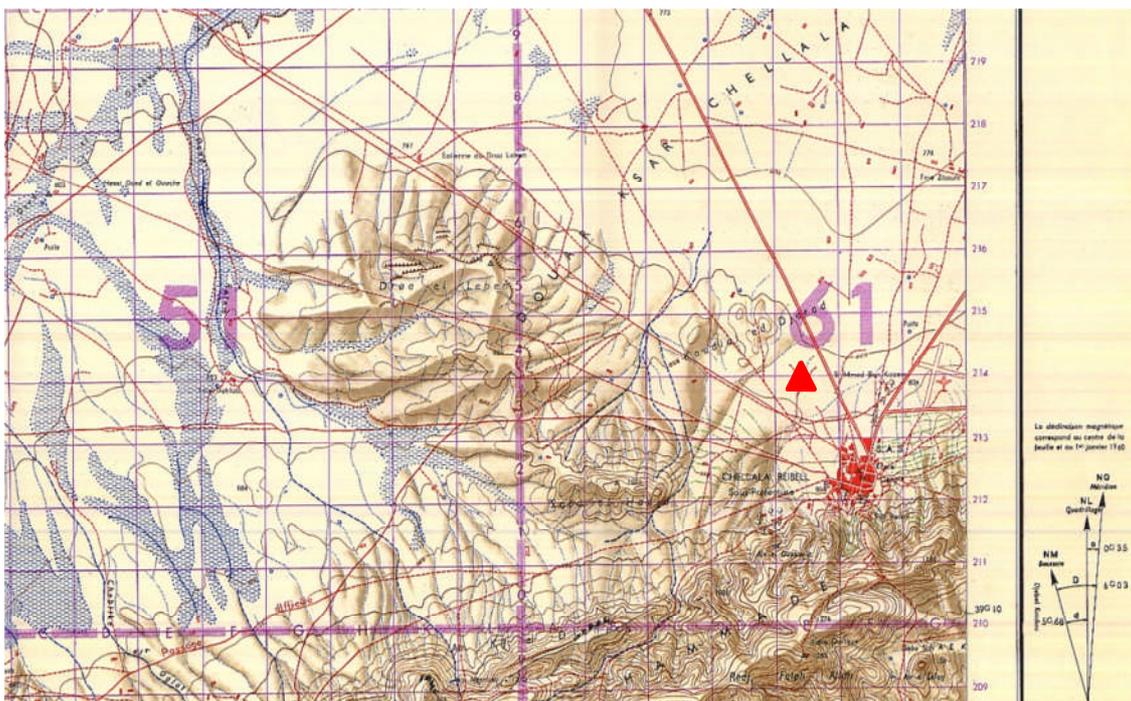


Figure 04 : Localisation de la zone d'étude. ▲
(Extrait de : CANEVAS-CARTE AU 50 000 REIBEL feuille N° 249)

II.1. Situation géographique

La région de Ksar Chellala se situe à environ 250 km au sud d'Alger, dans la vallée de l'Oued Touil au cœur des hautes plaines algériennes représentant un plateau dont l'altitude se situe entre les cotes de 700 à 800 mètres. Ces coordonnées géographiques (Terchoune M, 2015).

- Altitude : 800 m
- Latitude : 35,1° latitude Nord.
- Longitude : 2,12° Longitude Est.

II.2. Situation administrative

La commune de Ksar Chellala a une superficie de 134,29 km² avec une densité populaire de 428/Km² se situe au sud-ouest de la capitale Alger d'une distance par route de 250Km, elle est situé environ 116 km au sud-est de la wilaya de Tiaret (Sarri F., 2002).

Elle est limitée administrativement par :

- l'Est par la commune de Serguine.
- Au Nord par la commune de Djalfa.
- Au Sud Zmal et Elamir Abdelkader.
- A l'Ouest la commune de Rechaiga.

II.3. Synthèse climatique

II.3.1. Quotient pluviométrique d'Emberger

C'est un quotient pluviométrique qui permet de définir les types de bioclimats méditerranéens. Il prend en compte les précipitations (P) et les températures (T). Pour le paramètre température, on remarque l'existence de deux extrêmes thermiques qui peuvent être caractérisés par la moyenne des minima thermiques du mois le plus froid (m) et la moyenne des maxima thermiques du mois le plus chaud (M). Il détermine l'aridité d'une station donnée. Il s'exprime par la formule suivante :

$$Q_2 = \frac{3.43 * P}{M - m}$$

P : la pluviométrie moyenne annuelle en mm

M : la moyenne des températures maximales du mois le plus chaud en °C

m : la moyenne des températures maximales du mois le plus froid en °C

D'après les données climatiques : $M = 37.99$, $m = 3.43$, $P = 246.35$ alors :

$$Q_2 = \frac{3.43 * 246.35}{37.99 - 3.43} = 24.41$$

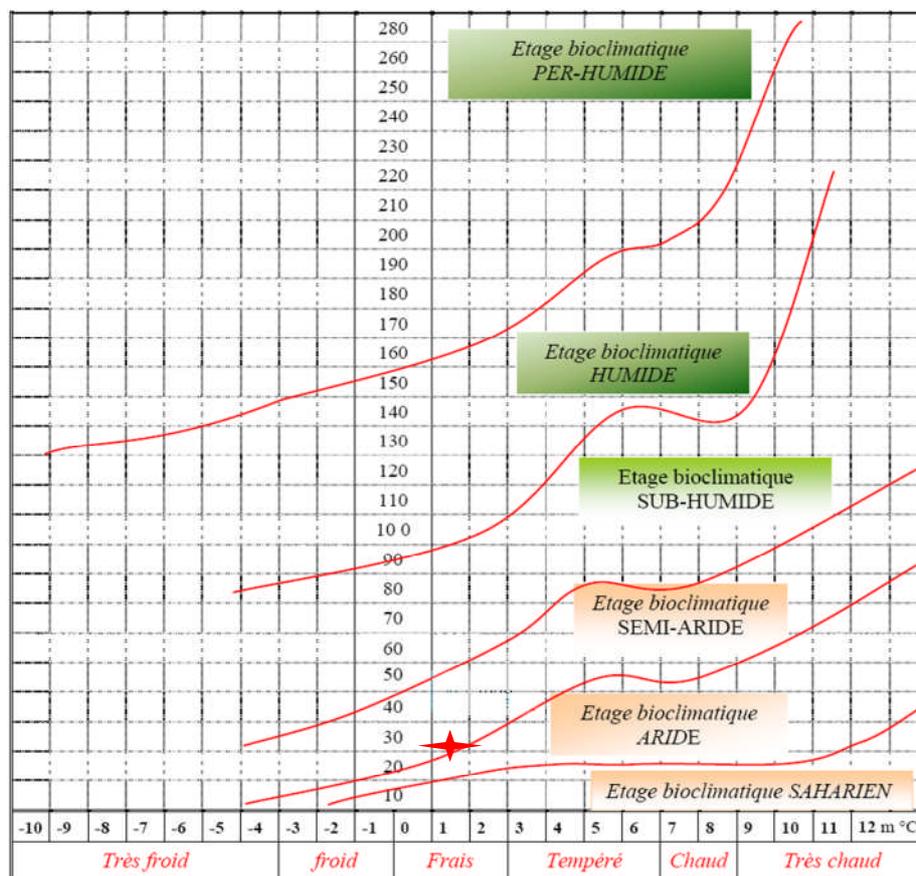


Figure 05 : Le climagramme d'Emberger de la zone d'étude (2002-2016).

D'après le climagramme d'Emberger (figure 05), on résume que notre zone d'étude est de climat aride tempéré.

II.3.2. Diagramme ombrothermique de Bagnoles et Gausсен

Tableau 03 : Température moyenne mensuel et précipitation mensuel de la zone d'étude (2002-2016).

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec
T (°C)	8.95	9.43	13.14	17.18	21.89	27.84	32.03	30.89	24.93	20.33	14.59	9.02
PP (mm)	10.84	17.83	19.65	28.40	30.94	13.62	7.37	8.92	31.73	35.06	23.02	18.98

D'après le diagramme ombrothermique de Bagnol et Gausсен (figure 05), on observe que la période sèche s'étale de mois de février jusqu'à novembre (09 mois).

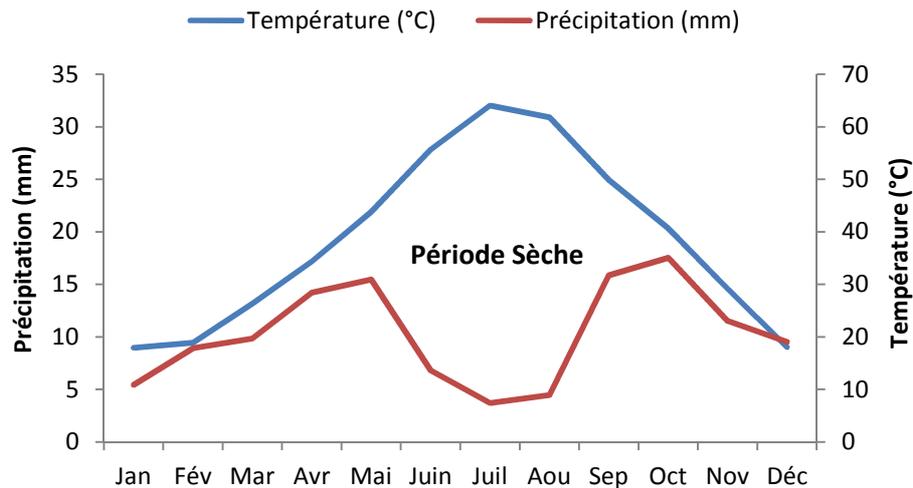


Figure 06 : Diagramme ombrothermique de Bangnol et Gausсен de la zone d'étude (2002-2016).

III. Echantillonnage

Le sol a été prélevé selon un protocole d'échantillonnage aléatoire. Les sols analysés sont prélevés dans une parcelle irriguée et autre sans irrigation (témoin). Au niveau de chaque parcelle un (1) prélèvement a été effectué en surface (0-30 cm) à l'aide d'une tarière pédologique.

Les échantillons de sol ont été séchés à l'air libre et broyés puis tamisés à 2 mm et conservés dans des sachets en plastiques dans un endroit sec.

IV. Analyses physico-chimiques du sol

IV.1. La granulométrie

On a utilisé la méthode internationale de la pipette Robinson. Cela consiste en 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).

IV.2. L'humidité

L'humidité du sol est déterminée par une différence des pesées avant et après séchage d'un échantillon du sol dans une étuve à 105 °C pendant 24h. Le résultat de l'humidité obtenu est exprimé en pourcentage.

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

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

IV.3. Le pH

La mesure du pH a été réalisée par la méthode électrométrique à l'aide d'un pH mètre à l'électrode de verre, sur une suspension de terre fine avec un rapport sol/eau 1/2,5.

IV.4. La conductivité électrique (CE)

La conductivité électrique 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.

« La capacité du sol à conduire le courant électrique est en fonction de la concentration en électrolytes de la solution du sol » (Rieu et Cheverry, 1976).

IV.5. Le calcaire total

On l'a déterminé au calcimètre de Bernard ; cette méthode consiste à décomposer les bicarbonates du sol par l'acide chlorhydrique (6N) et à mesurer le volume de gaz carbonique (CO₂) dégagé selon la réaction suivante :



Puis on compare ce volume à un volume étalon dégagé par une quantité connue de CaCO₃ pur.

IV.6. Le calcaire actif

Le taux du calcaire actif est plus important à connaître que celui du calcaire total. C'est la forme de calcaire qui peut passer dans la solution du sol sous l'action de l'eau chargée de CO₂ et d'acides humiques (Gros, 1979). Sa détermination est selon la méthode Drouineau-Galet (1942), utilisant l'oxalate d'ammonium pour complexer le calcium sous forme d'oxalate de calcium insoluble. L'excès d'oxalate d'ammonium est dosé par le permanganate de potassium en milieu sulfurique.

IV.7. Le carbone organique

Le dosage du carbone organique été effectué par la méthode de 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% * 1.72.

Troisième Partie
Résultats & Discussion

I. Résultats des analyses physico-chimiques

I.1. Analyses granulométrique

Les résultats des analyses physico-chimiques obtenus sur les échantillons de sol sont présentés dans le tableau 04.

Tableau 04 : Résultats des analyses granulométriques.

Echantillon	Granulométrie			Texture
	Argile %	Limon %	Sable %	
Sol Irrigué	43,56	29,19	27,25	Argileuse
Sol non Irrigué	16,77	3,49	79,75	Limono-sableuse

Les résultats d'analyses granulométrique obtenus (tableau 04) révèlent que le sol étudié est caractérisé par une texture argileuse à limono-sableuse semblait être plus ou moins fine conjuguée à une texture battante en surface sous une irrigation. Cette texture du sol sans irrigation favorisait le lessivage des éléments nutritifs par les irrigations abondantes surtout en présence de teneurs faibles en argiles et en matière organique et influe sur les propriétés physico-chimiques du sol.

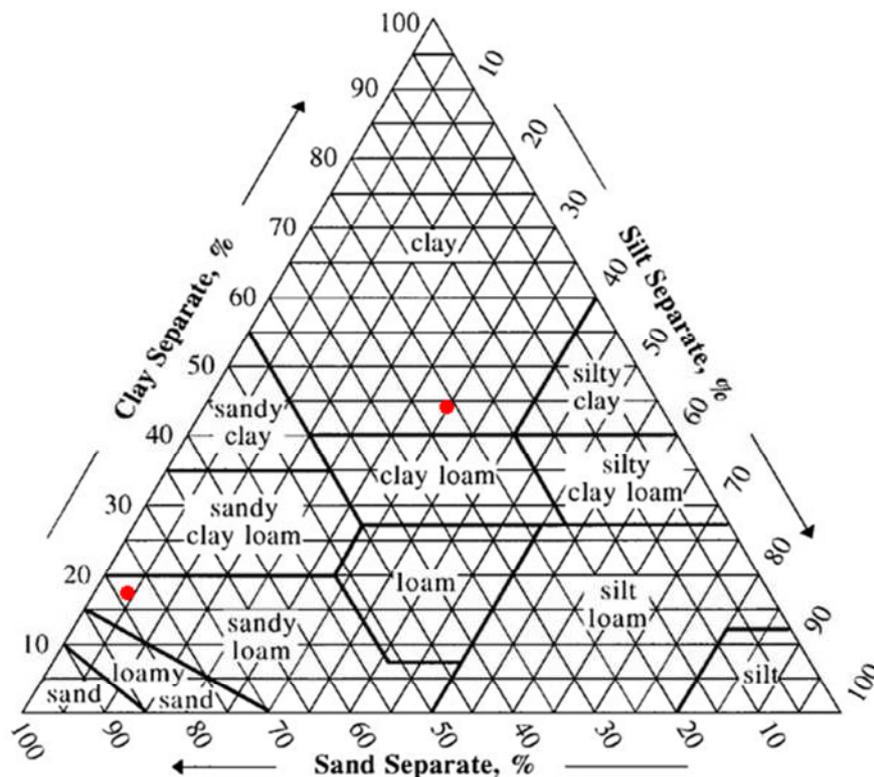


Figure 07 : Texture du sol étudié selon le triangle textural.

La granulométrie permet d'évaluer la perméabilité, la rétention en eau, l'aération, la capacité d'échange et en particulier les risques de battance selon la proportion existante entre les argiles et limons (Calvet et Villemin, 1986).

Les résultats des analyses physico-chimiques sont représentés dans le tableau 05, pour le sol irrigué et sans irrigation.

Tableau 05 : Résultats des analyses physico-chimiques.

Echantillon	H (%)	pH	CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$) 1/5	TDS mg/l	CO (%)	MO (%)	CaCO ₃ Total (%)	CaCO ₃ Actif (%)
Sol Irrigué	1,67	8,73	532	516	0,273	0,47	21,67	6,50
Sol non Irrigué	0,90	8,72	388	373	0,267	0,46	13,75	4,25

I.2. Humidité (%)

Les résultats obtenus (figure 08) montrent que le taux l'humidité des sols étudiés est 1.67 % pour le sol irrigué. Concernant le sol sans irrigation (témoin), la teneur en eau dans le sol est 0,90 %. L'infiltration représente le mouvement de l'eau près de la surface du sol. L'eau pénètre dans le sol par les pores, les fissures, les orifices pratiqués par les vers ou occasionnés par la pourriture des racines ainsi par les cavités résultants des labours ou de la préparation du sol pour la plantation (Avila, 1980).

C'est en mesurant le volume d'eau retenu par le sol après évacuation de cet excédent que l'on obtient ce qu'on appelle la capacité au champs atteinte deux à cinq jours après la fin de l'irrigation (Armitage., 1986 in Lalmi A, 2009).

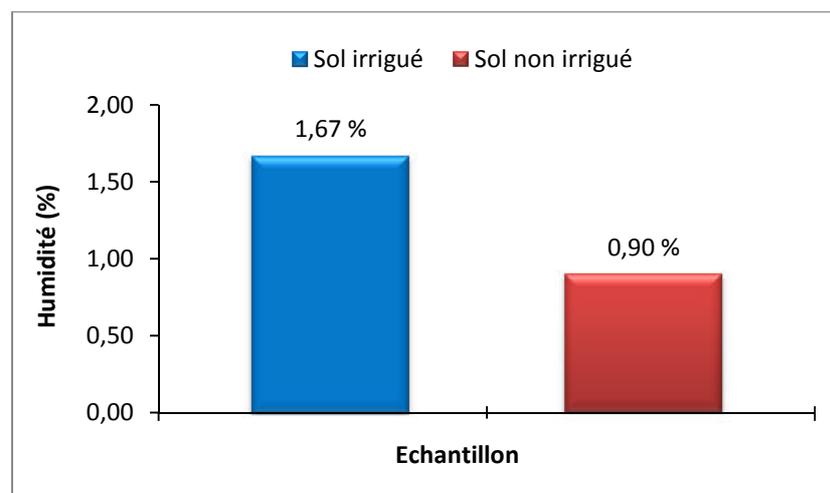


Figure 08 : Variation de l'humidité des sols étudiés.

D'après les résultats présentés dans la figure 08, nous remarquons qu'un taux d'humidité de l'ordre de 1,67 % pour le sol irrigué, alors qu'il est inférieur pour le sol sans irrigation 0,90 %. Cette teneur en eau dans le sol irrigué peut s'expliquer par la présence d'argile qui influe sur la capacité de rétention du sol par la présence de la matière organique dans le sol.

Halevay et *al.* (1973) considèrent que la dynamique de l'eau est très complexe. Elle est fonction de plusieurs facteurs notamment les propriétés physiques, hydrodynamiques et même morphologiques du sol, des paramètres liés au mode d'irrigation et ceux dépendant de la culture.

I.3. Le pH

Le pH eau correspond à la concentration en hydrogène $[H^+]$ de la solution du sol. Il est appelé ainsi car il est mesuré dans un mélange terre / eau. Alors que le pH KCl correspond à la concentration en hydrogène $[H^+]$ du sol obtenu après ajout de KCl. Le KCl a pour effet de chasser les H^+ fixés sur le Complexe Argilo-Humique, ce qui permet de déterminer l'acidité totale ou acidité de réserve du sol. Il est important de savoir avant toute interprétation que le pH n'est pas une caractéristique stable du sol. Le pH varie avec la saison (Delaunois, 1976).

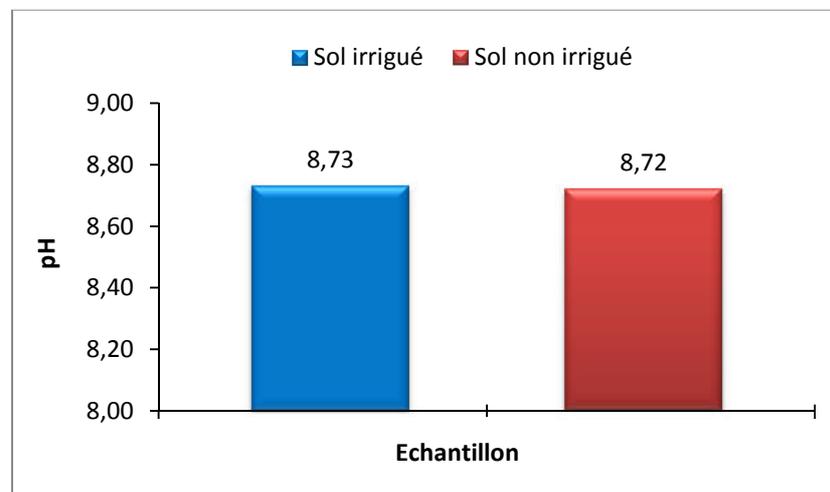


Figure 09 : Variation du pH des sols étudiés.

D'après les résultats obtenus (figure 09), nous avons enregistré les valeurs de pH (8,73) pour le sol irrigué et 8,72 pour le sol sans irrigation (témoin). Le pH ne varie pas beaucoup entre les deux parcelles (sol irrigué et sol sans irrigation). Selon l'échelle d'interprétation du pH eau signalé par (Gagnard et *al.*, 1988) (tableau 06), le sol étudié a une réaction alcaline.

Tableau 06 : Echelle d'interprétation du pH eau (Gagnard et al., 1988).

pH eau	< 5,5	5,5 - 6,5	6,5 - 6,8	6,8 - 7,2	7,2 - 7,5	7,5 - 8,5	> 8,5
Appréciation	Fortement acide	Acide	Très légèrement acide	Voisin de la neutralité	Légèrement alcalin	Alcalin	Fortement alcalin

Djili K (2000) a montré que dans le contexte des sols du nord de l'Algérie, une augmentation des taux de calcaire entre 0 et 2,5% provoque une augmentation du pH. Au-delà du seuil de 2,5% de CaCO_3 , les particules de carbonate de calcium auront essentiellement un effet stérique sur les propriétés des sols

I.4. La conductivité électrique

D'après les résultats obtenus dans la figure 10, Les valeurs obtenues pour le paramètre de la conductivité électrique sont de l'ordre de 532 $\mu\text{S}/\text{cm}$ pour le sol irrigué et 388 $\mu\text{S}/\text{cm}$ pour le sol sans irrigation.

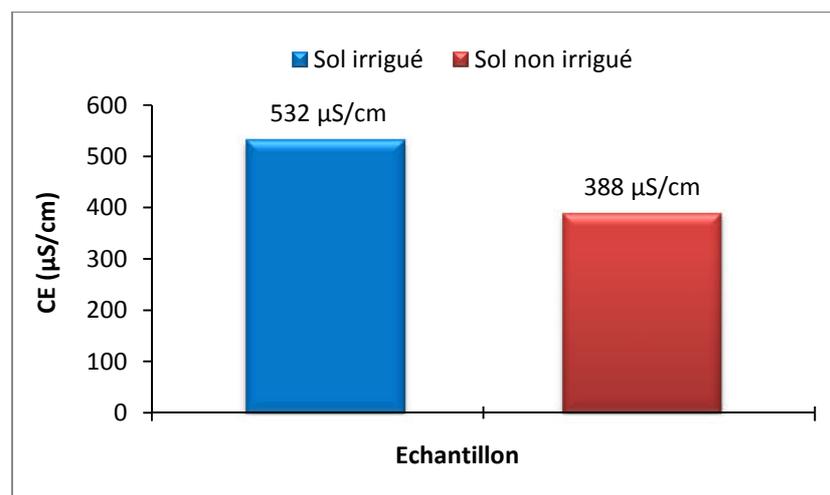


Figure 10 : Variation de la conductivité électrique des sols étudiés.

D'après (Duran, 1983), un sol est considéré salé, lorsque la conductivité électrique de l'extrait saturé est supérieure à 4 mS/cm à 25°C. On constate que les sols étudiés ne sont pas salés, puisque leurs conductivités est faible ($\text{CE} < 4 \text{ dS}/\text{m}$). La qualité des sols est bonne du point de vue salinité, l'effet des eaux d'irrigation n'est pas favorisé la salinisation excessive des sols.

I.5. Le taux des sels dissous (TDS)

La salinisation des sols est généralement associée aux apports de sels dissous, issus de l'hydrolyse du substrat édaphique constitué de roches endogènes ou exogènes (salinisation

primaire) ou des activités éoliennes et hydriques: embruns marins, eau d'irrigation et nappe phréatique subaffleurante et salée (salinisation secondaire) (Dièye, 1994).

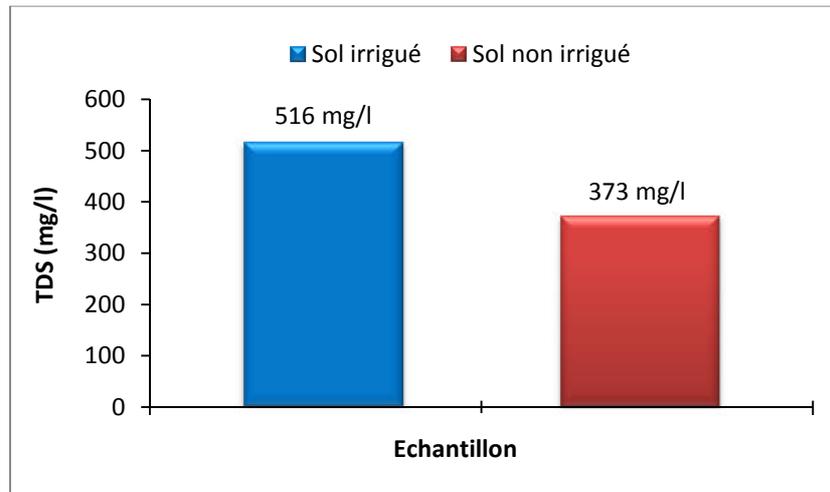


Figure 11 : Taux des sels dissous (TDS) des sols étudiés.

La figure (11) indique que le taux des sels dissous (TDS) dans le sol est influencé par les eaux d'irrigation, il augmente dans le sol irrigué. Cette augmentation peut être expliquée par l'eau qui entraîne la dissolution de sels calcaires dans le sol. On en déduit que ces résultats vérifient l'influence des eaux d'irrigation sur le taux des sels dissous dans le sol.

I.6. La matière organique (%)

La matière organique amplifie grandement la capacité d'échange cationique du sol et elle retient les nutriments assimilables par les plantes. Ainsi, la matière organique est un réservoir de nutriments lentement assimilables. L'appréciation du niveau de la matière organique se fait en fonction de la teneur du sol en argiles et celle du calcaire (Soltner, 2000).

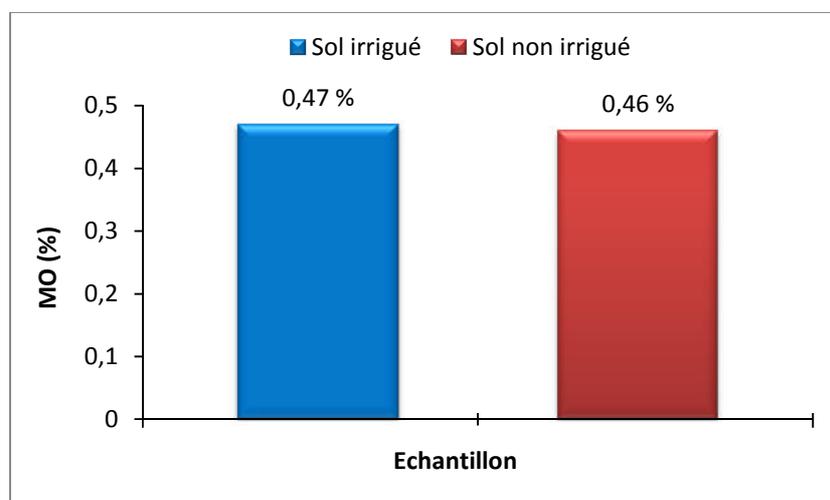


Figure 12 : Variation de la teneur en matière organique dans les sols étudiés.

Les résultats présentés dans la figure 12 montrent que dans le sol irrigué, le taux de la matière organique est 0,47 %. Tandis que cette teneur dans le sol non irrigué (témoin) 0,46 %. D'une manière générale, ce taux ne varie pas beaucoup entre les deux parcelles (sol irrigué et sol sans irrigation).

D'après Duchaufour (1977), les sols sont considérés riches en matière organique lorsque le pourcentage de présence de cette dernière est supérieur à 2%. A cet effet en se basant sur les teneurs en matière organique dans le sol étudié (0,47 % et 0,46 %), on peut dire que ce sol est pauvre en matière organique.

I.6.1. Le carbone organique (%)

La matière organique exerce un rôle très important sur le sol, elle améliore ses propriétés physiques (stabilité structurale, capacité de rétention en eau,...) et chimiques par la libération progressif des éléments nutritifs et l'augmentation de leur pouvoir absorbant en éléments minéraux apportés par les engrais (Callot et *al.*, 1982).

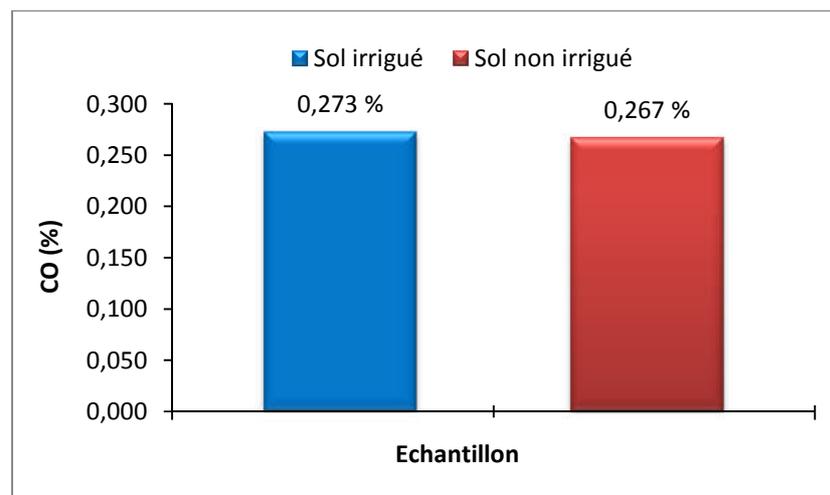


Figure 13 : Variation de la teneur en carbone organique dans les sols étudiés.

D'après les résultats obtenus (figure 13), nous avons noté des teneurs faibles en carbone organique dans le sol étudié et varient entre 0,273 % pour le sol irrigué et 0,267 % pour le sol sans irrigation. Ces résultats révèlent que les eaux d'irrigation ont un effet très faible sur la minéralisation du carbone organique dans le sol irrigué. La matière organique constitue une réserve en éléments minéraux qu'elle libère au fur et à mesure de sa minéralisation sous forme disponible pour les plantes à une vitesse très variable (Baize; 1988).

I.7. Le calcaire

I.7.1. Le calcaire total (%)

D'après les résultats illustrés dans la figure 14, le taux de calcaire total dans le sol irrigué est 21,67 % et 13,75 % pour le sol sans irrigation. Le taux le plus élevé est signalé pour le sol irrigué. La teneur en calcaire joue un rôle important dans les comportements du sol et constitue une réserve des cations du calcium qui ont pour effet de flocculer d'argile (Durand, 1983).

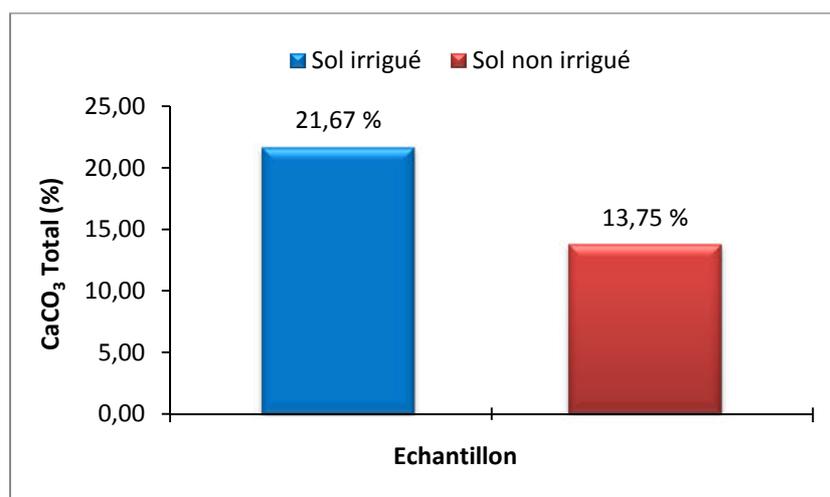


Figure 14 : Variation de la teneur en calcaire total des sols étudiés.

En comparant les valeurs obtenues à celles signalées par (Baize, 1988), (tableau 07), nous constatons que le sol étudié est modérément calcaire.

Tableau 07 : Normes d'interprétation du taux du calcaire du sol (Baize, 1988).

Taux du calcaire	< 1 %	1 à 5 %	5 à 25 %	25 à 50 %	50 à 80 %	> 80 %
Appréciation	Non calcaire	Peu calcaire	Modérément calcaire	Fortement calcaire	Très fortement calcaire	Excessivement calcaire

L'étude des accumulations calcaires a montré que la diversité de leur morphologie peut être expliquée par de nombreux facteurs : âge de la surface encroûtée, nature du matériau et situation topographique. Ceci explique que leur genèse a alimenté et alimente encore la littérature scientifique, sur le fait en particulier de savoir si ces accumulations sont dues à des processus sédimentologiques ou pédologiques et s'il y a une relation génétique entre elles et les horizons sous-jacents et sus-jacents (Halitim, 1988).

I.7.2. Le calcaire actif (%)

Le calcaire fournit le calcium qui provoque la floculation des colloïdes minéraux et organique du sol, action nécessaire à l'établissement d'un état structural, et permet au sol de créer les réserves, en éléments nutritif (Eliard, 1979).

D'après les résultats présentés dans la figure 15, nous remarquons qu'un taux d'humidité assez élevé de l'ordre de 6.50 % pour le sol irrigué, alors qu'il est 4,25 % pour le sol sans irrigation. Le calcaire total dans le sol irrigué est supérieur que dans le sol sans irrigation (témoin). Les taux de calcaire actif varient dans le même sens que le calcaire total (Gautier, 1988).

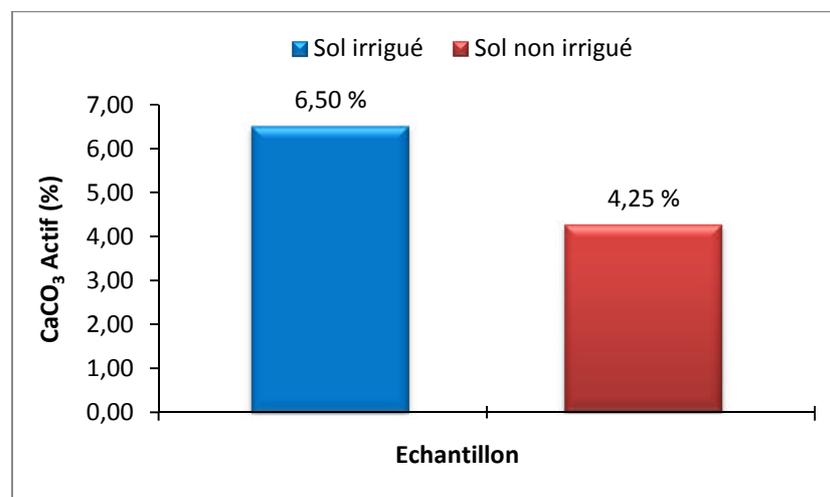


Figure 15 : Variation de la teneur en calcaire actif des sols étudiés.

Selon les résultats obtenus (figure 15). On observe une augmentation de la teneur en calcaire total dans le sol irrigué. D'après la comparaison de ces résultats avec celles du sol sans irrigation, Cela aurait été dû aux eaux d'irrigations apportées et quelques paramètres tels que le taux d'argile, l'azote total et les bicarbonates (HCO_3^-). L'apport d'eau d'irrigation à un effet positif sur l'accumulation du calcaire dans le sol.

Les sols calcaires contenant du calcaire actif c'est-à-dire du carbonate de calcium à l'état de particules si fines que leur solubilisation continue par les acides de sol entretient dans la solution une concentration importante d'ions Ca^{+2} . Le complexe adsorbant de ces sols est en général bien pourvu, si non saturé en calcium (Mathieu et Lozet, 2002; Soltner, 2005).

Conclusion Générale

Conclusion Générale

Le sol est la ressource primordiale en éléments nutritifs des êtres vivants terrestres, il joue un rôle majeur dans les cycles fondamentaux du fonctionnement de la planète comme par exemple le cycle du carbone, de l'azote, des cations et encore de l'eau.

L'irrigation est considérée comme un ensemble d'actions de développement intégré des milieux agricole et rural qui doit se traduire non seulement par l'augmentation de la production et l'amélioration du niveau de vie de l'agriculteur, mais doit se traduire également par la préservation du milieu, notamment le sol.

Les eaux d'irrigation peuvent avoir une influence sur le sol. A cet effet, nous avons mené une série d'analyses physico-chimiques sur des échantillons de sols prélevés dans un sol irrigué et un sol sans irrigation (témoin). Le suivi des parcelles au cours de notre étude nous a permis de mettre en évidence l'impact eaux d'irrigation sur la dissolution du CaCO_3 et les propriétés physico-chimiques du sol.

Les résultats des analyses physico-chimiques montrent que, les sols étudiés ont une texture argileuse à limono-sableuse, un pH légèrement alcalin, teneur élevée en calcaire (CaCO_3), une conductivité électrique faible, et pauvre en matière organique.

Au terme de cette étude, la comparaison que nous avons faite concernant les deux types de sol (sol irrigué et sol sans irrigation (témoin)), nous permet de dire que les eaux d'irrigation influent les propriétés physico-chimiques du sol avec une importance relative plus grande pour le taux d'accumulation du calcaire (CaCO_3).

Au regard de nos résultats, ce travail pourrait être complété par une étude à plus long terme dans les mêmes conditions. Le prolongement de l'essai pourrait permettre de suivre l'évolution des paramètres physico-chimiques et la dissolution du calcaire dans le sol sous l'effet des eaux d'irrigation.

Références Bibliographiques

Références Bibliographiques

Alexander M., 1977. Introduction to soil microbiology. John Wiley and Sons, USA. Amazonia: evidence for unusual microorganisms and microbial population shifts associated with deforestation. *Appl. Environ. Microbiol.* 63: 2647-2653.

Antoni A 2014. Guide pratique pour la description des sols de France CEN Bourgogne.

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

Atlas R. M. & Bartha R., 1992. Microbial ecology. Fundamentals and applications. 3rd edition. The Benjamin/Cummings Publishing Company. San Francisco, California (USA), 563.

Avila H., 1980. Cité par Plamondon A., 2009. Bassins versants et érosion : application en forêt tropicale humide, Notes de cours, 3ème Graduat Foresterie, Faculté de Foresterie, de Géomatique et de Géographie, Université Laval, Québec, 287p.

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

Baize D., 1988. Guide des analyses courantes en pédologie. INRA. Paris. ISBN 2-7380-0075-4. 172 pages.

Baize D., 2000. Guide des analyses en pédologie, choix-expression, présentation interprétation. 2ème Ed INRA, Paris, 257p.

Baize, D. et Girard, M.C., 1995. Référentiel pédologique, Paris, 332 pp.

Best M., 1995. Classification of rocks and their abundances on the earth. In rocks physics and phase relation: a handbook of physical contents. pp:1-7.

Boeglin J.C., 1999. Propriétés des eaux naturelles. Technique de l'ingénieur, traité environnement, G1 110.

Bouneau M., Souchier M, 1979. Constituants et propriétés du sol Ed. Masson. Paris.

C.P.C.S., 1967. Classification des sols. Laboratoire de géologie, pédologie de l'E.N.S.A, Paris. Grignon, 87 p.

Callot G., Chamagou H., Maertens C. et Salsac L., 1982. Mieux comprendre les interactions entre sol-racines, incidences sur la nutrition minérale., INRA, Paris., 325P.

Calvet G., et Villemin P., 1986. Interprétation des analyses de terre Ed. SCPA. 24 p.

Cardot C., 1999. Génie de l'environnement : les traitements de l'eau. Paris, P : 9.

Chenu C., 1993. Clay or sand polysaccharide associations as models for the interface between micro-organisms and soil: water related properties and microstructure. *Geoderma.* 56.

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

- Degremont., 1989.** Mémento technique de l'eau, Technique et documentation, tome 1, P : 5, 24,25.
- Delaunois A, Ferrie Y, Bouche M, Colin C, Rionde C, 2008.** Guide pour la description et l'évaluation de la fertilité des sols.
- Denis A, 2008.** Guide des pratiques de conservation en grandes cultures.
- Dieye M., 1994.** Contribution à la caractérisation et à la recherche de techniques d'amélioration des "sols salés" dans le Delta et la Vallée du fleuve Sénégal. TSRA, DRCSI. Mémoire de titularisation. pp. 90.
- Djebli A., 2003.** Impact des eaux d'irrigation souterraines sur les propriétés physico-chimiques du sol dans la région de Mostaganem. Mémoire d'Ingénieur d'Etat. Hydraulique Agricole. Univ Mostaganem.
- Djili, K. 2000.** Contribution à la connaissance des sols du Nord de l'Algérie. Thèse doc. INA, Alger, 243p.
- Drouineau G., 1942.** Dossage rapide du calcaire actif du sol: nouvelles données sur la separation et la nature des fractions calcaires. Ann. Agron., 12: 441-450.
- Duchaufour. Ph 1977.** Abrégé de pédologie. Ed. Masson. Paris. 273p.
- Durand J.H., 1954.** Les sols d'Algérie. Pub, gouvernement général de l'Algérie, pp 750-761.
- Durand J.H., 1983.** Les sols irrigables. Etude pédologique. Ed. Imprimerie Boudin, Paris, 339 p.
- El Karaoui F., 1977.** Principes de base en chimie du sol et sa fertilité.
- Eliard J.L., 1979.** Manuel d'agriculture générale. J.B. Baillière (Ed.), Paris, 344 p.
- Etienne G, 2011.** (Henry Darcy) 28 mars 2011. Porosité et perméabilité.
- Eyheraguibel B., 2004.** Caractérisation des substances humiques biomimétiques - effets sur les végétaux, Thèse Doctorat (230p), École doctorale : Sciences des Procédés, Spécialité : Sciences des Agroressources ENSAT, Toulouse
- F.A.O., 2005.** Utilisation des engrais par culture en Algérie. F.A.O. Rome, 61p.
- Ferhat M., 2003.** Impact des eaux d'irrigation souterraines sur la dynamique de la matière organique du sol dans la région de Mostaganem. Mémoire d'Ingénieur d'Etat. Hydraulique Agricole. Univ Mostaganem.
- Gagnard J., Huguet C. et Ryser J.P., 1988.** L'analyse du sol et du végétal dans la conduite de la fertilisation, le contrôle de la qualité des fruits., Secrétariat générale OILB/SROP, Edition - Diffusion ACTA., 87 P.
- Gautier M., 1988.** La culture fruitière (Vol.2).Agriculture d'aujourd'hui Les productions fruitières. Ed : J.B. Baillière, 481 p.
- Georges S.V., 2008.** Le sol de la vigne domaine de vens le haut f-74910 seyssel , France.

- Girard M.C., Walter C., Rémy J.C., Berthelin J., Morel J.L., 2004.** Sols et environnement, Paris, 816 pp.
- Gobat J.M., Arago M., Matthey W., 2003.** Le sol vivant. Bases de pédologie, biologie des sols. 2e Edition Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, Lausanne, 519p.
- Gros A., 1979.** Guide pratique des relations entre alimentation phosphatée des cultures et les valeurs E et l'INRA pp : 205-215.
- Halim A., 1988.** Les sols des régions arides d'Algérie. Ed, OPU, 361p.
- Hillel D., 1974.** L'eau et le sol : principes et processus physiques. Poly Académie. Press. Neuyourk.357p.
- Houot et al, 2004.** Evaluation des effets des matières organiques sur les propriétés des sols. «Retour au sol de matières organiques». JT Ademe, Paris, 27-28/04/2004, pp 39-51.
- Jamagne M., 1967.** Bases et techniques d'une cartographie des sols. Annales agronomiques, Vol.18. Nr. hors-série, 142 p.
- Lalmi A., 2009.** Evolution des caractères physiques et mécaniques d'un sol argileux sous irrigation du périmètre de l'ITDAS d'El-Outaya (W. Biskra). Incidence sur le travail du sol. Mémoire de Magister en Sciences Agronomiques. Option : Phytotechnie. Univ de Batna.
- Legros J.P., 2007.** Les grands sols du monde. Presses polytechniques et universitaires romandes. Espagne. 574 p.
- Marc S et al ; 2007,** Ingénierie des eaux et du sol, processus et aménagement, 1ère édition, presses polytechniques et universitaires romandes (Italie), pp294.
- Masson J-C., 2012.** Comprendre la formation et la fertilité des sols.
- Mathieu C., Lozet J., 2002.** Dictionnaire de sol.4eme Ed. Lavoisier, Paris, 575.
- Maynard D.N. et G.J. Hochmuth., 1997.** Knott's Handbook for Vegetable growers. 582p.
- Mermoud A., 2006.** Cours de physique du sol généralité école polytechnique fédérale de Lausanne pp12.
- Messahel M., Benhafid M.S et Cherif M., 2003.** Efficience des systèmes d'irrigation en Algérie.
- Milos H., 1971.** L'eau et l'environnement Bull. FAO. 8, Rome,32-38pp.
- Morel R., 1996.** Les sols cultivés, 2ème édition, paris : Technique et documentation, ISBN : 2-7430-149-6.
- Parent M.E., Velegol D., 2004.** E. coli adhesion to silica in the presence of humic acid. Colloids Surf B .Biointerfaces. 39: 45-51.
- Parent ME., Velegol D., 2004.** E. coli adhesion to silica in the presence of humic acid. Colloids Surf B Biointerfaces. 39: 45-51.
- Plauchu., 2004.** Economies de l'environnement.

- Pouget M., 1980.** Les relations sol-végétation dans les steppes sud Algéroises : végétation et matière organique dans les sols, travaux et documents de l'O.R.S T.O.M n°= 116-paris pp 323-362.
- Ranjard L., Richaume A. 2001.** Quantitative and qualitative microscale distribution of bacteria in soil. Res. Microbiol. 152: 707-716.
- Rieu M., Cheverry C., 1976.** Mise au point bibliographique sur quelques recherches récentes en matériaux des sols salés. Cah. ORSTOM, sér. Pédol., v.14, n° 1, pp.39-61.
- Robert M., Chenu C. 1992.** Interactions between soil minerals and micro-organisms. Soil Biochem. 307-404.
- Roussillon., 2011.** Les produits organiques utilisables en agriculture en Languedoc Tome 1 Les matières organiques du sol.
- Ruellan, A. 1976.** Caractéristiques morphologiques des sols calcaires Ann.Agro.INA, El-Harrach. Vol. IV, n°1, pp : 31-54.
- Sarri F., 2002.** Etude physico chimique des eaux de la région de Serguine. Mém Ing. Ibn khaldoun. Tiaret.
- Soltner D. 2005.** Les bases de production végétale. 24^e Edition. Tome I, paris, 472 p.
- Soltner D., 1986 :** Les bases de la production végétale : le sol – le climat – la plante. Tome n° I, le sol. 14^{ème} édition. Collection scientifique et techniques agricole. Edition : Vander. Bruxelles. PARIS, 464 P.
- Soltner D., 2000.** Les bases de la production végétale, T I: le sol et son amélioration., 22e Edition, Editions Sciences et techniques agricoles "Le Clos Lorelle"- 49130 Saint-Gemmes-Sur-Loire., 472 P.
- U.S.D.A., 1967.** Keys to soil Taxonomy, soil conservation service, United States department of agriculture, 306 p.
- Vogt T., 1984.** Problèmes de genèse des croûtes calcaires quaternaires, Questions on the genesis of quaternary calcretes. Laboratoire de géographie physique en milieu tempère, université Louis-Pasteur, Strasbourg, pp : 210-220.
- White RE. 2006.** Principles and practice of soil science. The soil as a natural resource. . Fourth edn: Blackwell Publishing.
- Wopereis M.C.S., Defoer T., Idinoba P., Diack S., Dugué M-J., 2008.** Curriculum d'apprentissage participatif et recherche action (APRA) pour la gestion intégrée de la culture de riz de bas-fonds (GIR) en Afrique subsaharienne : Manuel technique. Cotonou, Bénin: le Centre du riz pour l'Afrique (ADRAO), vi + 128 pp.

Résumé :

Pour pouvoir étudier l'effet des eaux d'irrigation sur la dissolution du calcaire dans le sol, des échantillons de sol sont analysés, un prélèvement dans un sol irrigué et autre sans irrigation pris comme témoin. Les échantillons ont été prélevés au niveau de chaque parcelle à une profondeur 0-30cm, Les résultats des analyses physico-chimiques ont montrés que, les sols étudiés ont une texture argileuse à limono-sableuse, un pH légèrement alcalin, teneur élevée en CaCO_3 , une conductivité électrique faible, et pauvre en matière organique. D'après les résultats obtenus, nous avons constaté l'effet significatif des eaux d'irrigation sur la dissolution du CaCO_3 et la majorité des propriétés du sol à savoir le pH, la conductivité électrique, la teneur en calcaire total et actif et la matière organique.

Mots clés : Sol, eau, irrigation, dissolution, propriétés physico-chimiques, influence.

ملخص :

من أجل دراسة تأثير مياه السقي على ذوبان الكلس في التربة، مجموعة من العينات تم تحليلها، عينة مأخوذة من تربة مسقية و الأخرى من تربة غير مسقية كشاهد. العينات أخذت من كل قطعة أرض على عمق 0-30 سم، نتائج التحليل الفيزيو-كيميائية للتربة بينت بأن التربة المدروسة لديها تركيبة طينية إلى غرينية-رملية، درجة حموضة شبه قاعدية، كمية كلس مرتفعة، ناقلية كهربائية ضعيفة، كمية المواد العضوية ضعيفة. حسب النتائج المحصل عليها، يمكن أن نستخلص بأنه يوجد تأثير لمياه السقي على ذوبان الكلس و غالبية خصائص التربة من بينها درجة الحموضة، الناقلية الكهربائية، كمية الكلس و المواد العضوية.

الكلمات المفتاحية: تربة، ماء، سقي، ذوبان، خصائص فيزيو-كيميائية، تأثير.