

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 :

**Caractérisation physico-chimique d'un sol sous l'effet des eaux d'irrigation
dans la région de Ksar Chellala - Tiaret.**

Membres de jury :

Présidente : Mme. BOUCHENAFI Nadia

Promoteur : Mr. BENAHMED Mohamed

Examineur : Mr. OUADHAH Sahraoui

Présenté par :

- Mr. MEKKI Betakouk

Année universitaire : 2017/2018

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail aux plus
Exceptionnel qui existe dans le monde, mes chères parents en reconnaissance du
soutien morale et matériel et la patience dont ils ont fait preuve que Allah les
gardes, et a toute ma grande et petite famille

A mes amis(es)

A tous ceux qui m'ont aidé à la réalisation de ce modeste travail.

A tous mes amis de la promotion

2^{eme} année master sciences du sol 2018

Remerciements

Nous tenons à remercier notre promoteur ; **Mr. Benahmed Mohamed**, qui a accepté de diriger ce travail et nous a guidé tout au long de ce parcours nous le remercier pour sa disponibilité.

Nous tiens à exprimer nos remerciements aux membres du jury qui ont honoré en acceptant d'examiner ce travail.

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

Mr. Ouadhah Sahraoui, qui nous a fait l'honneur de bien vouloir examiner ce travail.

Nos sincères remerciements vont également à toute l'équipe du service du laboratoire de recherche d'agro-biotechnologie et sciences du sol. Pour leur précieuse aide et collaboration.

Nos remerciements s'adressent aussi à tous les ami(e)s.

Enfin, un grand merci à toute personne qui a contribué de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail.

SOMMAIRE

SOMMAIRE

Liste des figures	
Liste des tableaux	
Liste des abréviations	
Introduction Générale.....	01
Première Partie : Synthèse Bibliographique	
CHAPITRE I : Le Sol et ses constituants	
I. Le sol.....	02
1.1 Définition.....	02
I.2. Les constituants du sol.....	02
I.2.1. Phase solide.....	02
I.2.1.1. Minéraux sableux.....	02
I.2.1.2. Minéraux argileux.....	02
I.2.1.3. Oxydes et oxyhydroxydes.....	03
I.2.1.4. Carbonates.....	03
I.2.1.5. Les métaux.....	04
I.2.1.6. La matière organique.....	04
I.2.2. Phase liquide.....	05
I.2.3. La phase gazeuse.....	06
I.3. Sol calcaire.....	06
I.3.1. L'origine du calcaire dans le sol.....	07
I.3. Classification des sols calcaires.....	07
I.3.2. Les propriétés des sols calcaires.....	08
I.3.3. Distribution des sols calcaires en Algérie.....	08
I.3.4. Les sols calcaire dans les zones semi-arides.....	09
CHAPITRE II : Les eaux d'irrigation	
II.1. L'irrigation.....	10
II.2. L'irrigation dans le monde.....	10
II.3. L'irrigation en Algérie.....	11
II.4. Irrigation par aspersion.....	11
II.5. Avantages et inconvénients de l'irrigation par aspersion.....	12
II.5.1. Les avantages.....	12
II.5.2. Les inconvénients.....	13
II.6. Les eaux d'irrigation.....	13

II.6.1. Eaux souterraine.....	13
II.6.2. Eaux de surface.....	14
II.6.3. Eaux de mers et océans.....	14
II.6.4. Qualité de l'eau d'irrigation.....	14
II.6.4.1. Caractéristiques physico-chimiques pour évaluer la qualité de l'eau d'irrigation.....	15
II.6.4.2. Les normes de qualité des eaux destinées à l'irrigation.....	15
II.6.4.3. Réponses à l'irrigation.....	17
II.7. L'eau dans le sol.....	17
II.7.1. Les états de l'eau dans le sol.....	17
II.7.1.1. L'eau de gravité.....	17
II.7.1.2. L'eau de capillarité.....	18
II.7.1.3. L'eau hygroscopique (eau inutilisable par les plantes).....	18
II.8. Irrigation et propriétés du sol.....	18
II.8.1. Irrigation et propriétés physiques.....	18
II.8.1.1. La perméabilité d'un sol.....	19
II.8.2. Irrigation et propriétés chimiques.....	19
II.8.2.1. La Toxicité ionique spécifique.....	19
II.8.3. La quantité d'eau d'irrigation.....	19

Deuxième Partie : Matériel & Méthodes

I. Objectifs du travail.....	21
II. Présentation de la zone d'étude.....	21
II.1. Situation géographique.....	22
II.2. Situation administrative.....	22
II.3. Synthèse climatique.....	22
II.3.1. Quotient pluviométrique d'Emberger.....	22
II.3.2. Diagramme ombrothermique de Bagnoles et Gausсен.....	23
III. Echantillonnage.....	24
IV.4. Analyses physico-chimiques du sol.....	24
IV.1. La granulométrie.....	24
IV.2. L'humidité.....	25
IV.3. Le pH.....	25
IV.4. La conductivité électrique (CE).....	25
IV.5. La densité apparente.....	26
IV.6. Le calcaire total.....	26

IV.7. Le calcaire actif.....	26
IV.8. Le carbone organique.....	26

Troisième Partie : Résultats & Discussion

I. Résultats des analyses physico-chimique des sols.....	27
I.1. Analyses granulométriques.....	27
I.2. L'humidité.....	28
I.3. Le pH.....	29
I.4. La conductivité électrique (CE).....	30
I.8. Le carbone organique.....	31
I.6. Le calcaire total.....	32
Conclusion générale.....	34
Références bibliographiques.....	35
Résumé	

LISTE DES FIGURES

Figure 01 : Distribution de la matière organique des sols.....	05
Figure 02 : Schéma d'un asperseur.....	12
Figure 03: Localisation de la zone d'étude.....	21
Figure 04 : Le climagramme d'Emberger de la zone d'étude (2002-2016).....	23
Figure 05: Diagramme ombrothermique de Bangnol et Gaussen de la zone d'étude (2002-2016).....	24
Figure 06 : Triangle des textures minérales.....	25
Figure 07 : Variation du taux de l'humidité dans le sol.....	28
Figure 8 : Variation du pHeau des sols étudiés.....	30
Figure 09 : Variation de la conductivité électrique des sols étudiés.....	31
Figure 10 : Variation du carbone organique dans les étudiés.....	32
Figure 11: Variation du calcaire total dans les sols étudiés.....	33

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 01: Composition comparée entre l'air du sol et l'air atmosphérique.....	06
Tableau 02 : Barème de qualité pour l'eau d'irrigation.....	16
Tableau 03 : Température moyenne mensuel et précipitation mensuel de la zone d'étude.....	23
Tableau 04 : Résultats des analyses granulométriques.....	27
Tableau 05 : Résultats des analyses physico-chimiques.....	27
Tableau 06 : L'humidité des sols étudiés.....	28
Tableau 07 : Le pH des sols étudiés.....	29
Tableau 08 : Echelle d'interprétation du pH_{eau}.....	29
Tableau 09 : La CE des sols étudiés.....	30
Tableau 10 : Teneur en carbone organique dans les sols étudiés.....	31
Tableau 11 : Teneur en calcaire dans les sols étudiés.....	32
Tableau 12 : Normes d'interprétation du taux du calcaire du sol.....	33

LISTE DES ABREVIATIONS

°C : Degrés Celsius

C : Carbone de la matière organique

CE : Conductivité électrique

dS/m : Décisiemens par mètre

Ech : Echantillon

hm³ : Hectomètre cube par seconde

Km : Kilomètre

m : Mètre

m/s : Mètre par seconde

m³/s : mètre cube par seconde

méq/l : Milliéquivalent par litre

mg/l : Milligramme par litre

mm : Millimètre

MO : Matière organique

mol : Mole

mS/cm : Millisiemens 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 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 est l'opération consistant à apporter artificiellement de l'eau à des végétaux cultivés pour en augmenter la production, et permettre leur développement normal en cas de déficit d'eau induit par un déficit pluviométrique, un drainage excessif ou une baisse de nappe, en particulier dans les zones arides (Abibsi N, 2011).

Les effets de l'utilisation des terres sur l'altération des propriétés physiques et chimiques des sols ont été beaucoup étudiés. En effet, les eaux d'irrigation peuvent avoir des impacts significatifs et de long terme sur les propriétés physico-chimiques du sol.

Dans ce travail, notre objectif est d'étudier l'effet des eaux d'irrigation sur les propriétés physico-chimiques du sol, il consiste à suivre l'évolution de ces propriétés au cours du temps avant et après irrigation.

Ce travail est subdivisé en trois parties. Dans la première partie, nous présenterons une étude bibliographique sur le sol et ses constituants ainsi que les eaux d'irrigation, la deuxième partie présentera la zone d'étude (géographique, géologique et climatique), la présentation du matériel et des méthodes. La troisième partie est consacrée à la présentation des résultats et leurs interprétations. Enfin nous terminerons par une conclusion générale.

Première Partie
Synthèse Bibliographique

CHAPITRE I

Le sol et ses propriétés

I. Le sol

1.1 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).

I.2. Les constituants du sol

I.2.1. Phase solide

La phase solide représente d'après Hillel (1974); les particules solides du sol. Selon Morel (1996) et Mermoud (2006) la phase solide est la phase qui contient des éléments minéraux de formes et de compositions différentes par exemple, gravier, sable, limons, argile, et des éléments organiques formés par des résidus organiques, d'origine végétale ou animale en état de décomposition plus ou moins avancée.

Les particules de dimension supérieure à 2 μm sont généralement cimentées par un mélange d'argile et d'humus (complexe organo-humique), parfois également par des oxydes et des hydroxydes.

I.2.1.1. 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.2.1.2. 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.

D'après la structure du feuillet, on distingue principalement les argiles T/O (1 couche tétraédrique + 1 couche octaédrique) et les argiles 2T/O (2 tétraédriques pour

1 octaédrique) (Alloway, 1992 in Djebli A., 2013). Des exemples de minéraux argileux sont la kaolinite (T/O) $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ et l'illite $\text{K}_{1-1,5}\text{Al}_4(\text{Si},\text{Al})_8\text{O}_{20}(\text{OH})_4$ (2T/O).

Les argiles ont, grâce à leur fine taille, une grande surface spécifique par rapport au volume des particules. La surface spécifique peut varier de 15 m^2/g pour la kaolinite à 800 m^2/g de smectite (Morel, 1996, Alloway, 1992 in Djebli A., 2013). Certaines argiles ont la capacité d'incorporer des molécules d'eau dans leur structure (c'est par exemple le cas de la smectite), cette eau modifiant la dimension de la couche en provoquant son gonflement.

L'incorporation d'eau est réversible à la pression atmosphérique et dépend de la température et de la pression de vapeur. Plus l'air est humide, plus l'argile pourra incorporer de l'eau.

La réactivité des argiles dépend très fortement de la charge de surface. La charge de surface peut être majoritairement soit fixe (ex. illite), soit variable (ex. kaolinite).

Les surfaces avec la charge variable à pH très acide se caractérisent par une charge positive et à pH basique, par une charge négative.

Les minéraux argileux peuvent fixer puis relarguer des cations métalliques. Leur capacité d'échange cationique dépend du type d'argile (Robert M., 1996 in Djebli A., 2013) : elle est relativement faible pour les illites et la kaolinite mais importante pour les smectites.

I.2.1.3. Oxydes et oxyhydroxydes

Il existe une très grande variété d'oxydes et d'hydroxydes dans les sols, depuis des composés bien cristallisés jusqu'à des composés amorphes. Ils sont constitués pour l'essentiel de fer, d'aluminium, de manganèse et de silicium. Les oxyhydroxydes les plus courants dans les sols sont la goethite et la silice (Sposito G., 1989 in Djebli A., 2013).

I.2.1.4. Carbonates

Les minéraux carbonatés présents dans les sols sont la calcite (CaCO_3), la magnésite (MgCO_3), la dolomite ($\text{CaCO}_3.\text{MgCO}_3$), le carbonate de sodium ($\text{Na}_2\text{CO}_3.10\text{H}_2\text{O}$) 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 CO₂ 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.2.1.5. Les métaux

Les éléments métalliques sont, sous différentes formes, toujours présents au sein de l'environnement. A l'état de traces, ils sont nécessaires voire indispensables aux êtres vivants.

A concentration élevée, en revanche, ils présentent une toxicité plus ou moins forte. La présence de métaux dans l'environnement résulte en partie de causes naturelles, en particulier l'érosion des sols et de la roche mère ainsi que le volcanisme, mais le lessivage de terrains miniers ou les feux de forêt peuvent participer à des apports supplémentaires importants. Elle résulte également des activités humaines conduisant à des apports localisés (sites industriels, déchets,...) ou diffus (activité agricole,...).

Les métaux, notamment ceux de transition, complexés ou non, présentent un risque particulier pour l'environnement car, contrairement à de nombreux polluants (pesticides), ils ne subissent pas de dégradation au cours du temps. Ils s'accumulent dans les sols en se liant fortement aux matières organiques et aux minéraux. Ces métaux ne présentent pas tous les mêmes risques en raison de leurs effets sur les organismes, leurs propriétés chimiques, physico-chimiques et biologiques. Leur toxicité est très variable et leur impact sur l'environnement très différent. En effet, certains métaux tels que le cobalt, le cuivre, le fer, le manganèse, le vanadium ou le zinc, sont, à faible dose, indispensables à la vie. Cependant leur carence peut entraîner des désordres physiologiques et une assimilation en excès leur confère un caractère toxique (Bubb J. M., Lester J. N, 1991 in Djebli A., 2013).

I.2.1.6. La matière organique

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.

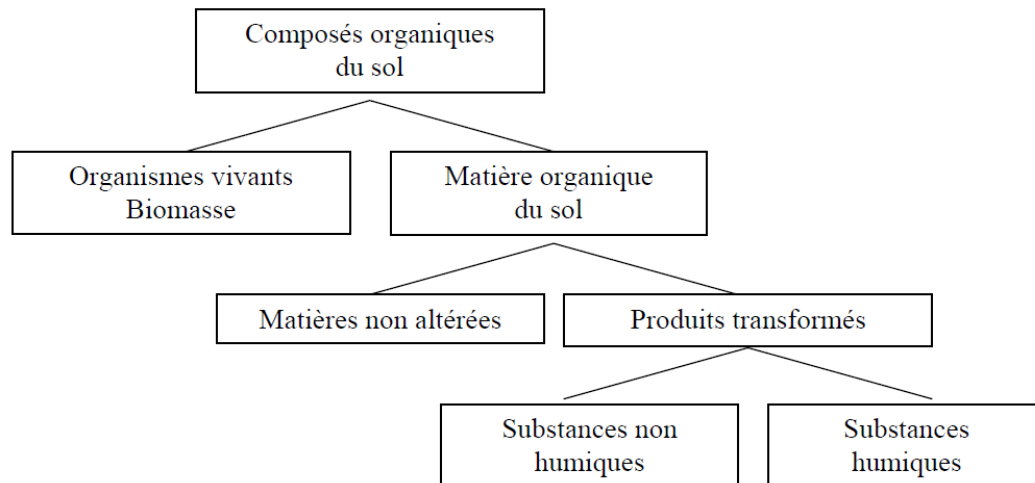


Figure 01 : Distribution de la matière organique des sols (Eyheraguibel B, 2004 in Djebli A., 2013).

I.2.2. 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 (figure n° 02).

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

- ❖ Des anions prédominants : NO₃⁻, HCO₃⁻, CO₃⁻, PO₄⁻, Cl⁻ et SO₄⁻
- ❖ Des cations prédominants : Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, K⁺, Na⁺, NH₄⁺
- ❖ De la matière organique soluble.
- ❖ Des dissolvants gazeux.
- ❖ Des pesticides et fertilisants liquides

I.2.3. 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 (O₂, CO₂, N₂,...) 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 CO₂ est plus élevée et la teneur en O₂ 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.3. Sol calcaire

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 :



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 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 (Lozet et al, 1990).

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).

1.3. Classification des sols calcaires :

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

❖ Dans le cadre de la classification française (CPCS, 1967), ils sont pour la plus part regroupés parmi les sols peu évolués, les sols calcimagnésiques, les sols isohumiques, les sols fersialitiques à réserve calcique.

❖ 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).

I.3.2. 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.3.3. 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.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.

CHAPITRE II

Les eaux d'irrigation

Chapitre II : Les eaux d'irrigation**II.1. L'irrigation**

L'irrigation se pratique là où les apports naturels d'eau ne suffisent pas à assurer la croissance végétale. C'est 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 élevés 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).

a) 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,

b) L'irrigation : un moyen de production de biomasse végétale

Elle se pratique pour accroître la production de vivres et des plantes.

c) L'irrigation : un moyen de changement de la qualité des sols du point de vue, chimique physique et biologique.**II.2. 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.

II.3. 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, il s'agit :

II.4. Irrigation par aspersion

En irrigation par aspersion, l'eau parvient aux cultures d'une façon qui imite la chute naturelle de la pluie, grâce à l'utilisation de divers appareils de projection alimentés sous pression, choisis et disposés de façon à obtenir la répartition la plus uniforme possible de la pluviométrie (figure 02). Il existe deux grandes catégories d'arrosage par aspersion en fonction du matériel utilisé (Azougghagh, 2001 in Djebli A., 2013) :

- Les rampes mobiles.
- Les rampes fixes.

Une installation d'irrigation sous pression est généralement composée d'un équipement fournissant la pression nécessaire à son fonctionnement, d'appareils de mesure et de contrôle de débit, et d'une conduite principale amenant l'eau jusqu'aux conduites secondaires et tertiaires. D'autres éléments peuvent être utilisés, notamment un filtre ou une batterie de filtres et un dispositif d'adjonction d'éléments fertilisants.

L'irrigation par aspersion reproduit le phénomène naturel de la pluie, en maîtrisant l'intensité et la hauteur de la précipitation. Cette technique nécessite des conditions de pression moyenne à forte (de 3 à 6 bars à la buse) (Azougghagh, 2001 in Djebli A., 2013).

Au niveau de l'asperseur, pièce maîtresse du dispositif, une buse crée un jet et l'orienté vers la cuillère. Le bras mobile est activé par le jet. Le ressort de rappel provoque le retour du bras mobile et assure ainsi la rotation de l'asperseur.

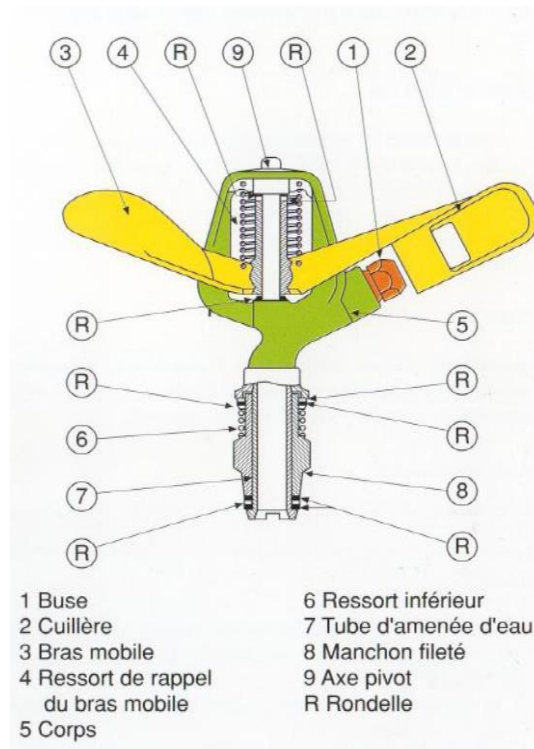


Figure 02 : Schéma d'un asperseur (Djebli A., 2013).

II.5. Avantages et inconvénients de l'irrigation par aspersion

II.5.1. Les avantages

- Besoins en main-d'œuvre généralement faibles (mais très variables selon le degré d'automatisation),
- Absence de nivellement préalable. Cependant, la pente générale du sol ne doit pas en principe dépassé 10 %,
- Possibilité d'arroser tous les types de sol. On peut obtenir la même efficacité d'arrosage sur les sols les plus sableux que sur les sols les plus argileux, grâce à la large gamme des intensités pluviométriques offertes par les différents matériels. La pluviométrie maximale admissible varie en effet en fonction du type de sol, de la couverture du sol et de la pente,
- Possibilité de contrôle précis des doses appliquées, ce qui permet un bon rendement des arrosages (à condition que la technique soit bien maîtrisée par les irrigants),

- Bon rendement des réseaux de canalisation qui, avec une bonne efficacité d'arrosage à la parcelle, réduit les consommations en eau par rapport à l'irrigation de surface,
- Automatisation très poussée permise par le réseau sous pression,
- Possibilité de réaliser des arrosages à faible dose et à cadence rapide (levée de semis en l'absence de pluie : cultures de contre-saison, céréaliculture en zone désertique),
- Facilité de mesure des consommations d'eau, permettant la facturation au volume,
- Possibilité de mélanger, facilement, des engrais et pesticides à l'eau d'irrigation,
- Suppression des surfaces perdues en emprises de canaux et rigoles,
- Oxygénation de l'eau projetée en pluie, favorable dans le cas d'utilisation d'eaux résiduaires réductrices,
- Le matériel gêne rarement les façons culturales et est constitué de structures souples, mobiles, adaptables à tous les cas particuliers,

II.5.2. Les inconvénients

- Coûts d'investissement élevés, - Exigence un certain niveau de compétence de la part de l'irrigant permettant de garantir la maintenance des équipements,
- Dépense énergétique élevée, parfois prohibitive dans les pays où l'énergie est chère,
- Difficultés d'utilisation et efficacité réduite en régions ventées,
- Obligation de multiplier les traitements phytosanitaires en raison du mouillage des feuilles favorisant les maladies cryptogamiques chez certaines espèces végétales,
- Mauvaise adaptation aux sols « battants », susceptibles de tassement superficiel sous l'impact des gouttes d'eau,
- Possibilités réduites pour l'arrosage avec des eaux résiduaires (formation d'aérosols),
- Déplacement du matériel difficile dans les zones à cultures hautes (inconvénient supprimé dans le cas des systèmes automatisés),
- Ne convient pas aux eaux salées sur beaucoup de cultures (risque de brûlure du feuillage, ou de dépôts inesthétiques sur les fruits).

II.6. Les eaux d'irrigation

II.6.1. 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.6.2. Eaux de surface

Ce type des eaux englobe toutes les eaux circulant es 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.6.3. 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.6.4. 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.6.4.1. 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.6.4.2. 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.

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) 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.6.4.3. Réponses à l'irrigation

L'un des objectifs pour l'agriculteur est de chercher à mieux comprendre l'impact de la qualité de l'eau sur le sol et la plante et à choisir, dans les conditions réelles d'utilisation, les solutions qui conviennent pour parer aux problèmes de qualité de l'eau qui risquent de nuire à la production.

En zone aride et semi-aride, l'irrigation des sols nécessite un apport d'eau supérieur au besoin des cultures. Ce volume excédentaire lessive les sels et les repousse en profondeur. La méthode de prévision du volume de lessivage habituellement utilisée (méthode classique, recommandée par la FAO, 1988) néglige la précipitation de minéraux à partir de la solution du sol. Une méthode, dite géochimique, prenant en compte ces phénomènes par le biais d'un modèle thermodynamique, a été proposée par (Valles et *al.*, 1988). La mise en œuvre de techniques d'irrigation particulièrement bien adaptées aux climats aride, semi-aride et aux sols est un moyen efficace d'économiser l'eau, bien que celles-ci obligent parfois à des équipements onéreux. L'aspersion utilise un tiers de moins d'eau qu'un apport gravitaire ; pratiquée en irrigation nocturne, ou en irrigation localisée par petits asperseurs sous fruitiers, elle est encore plus efficace. Elle oblige néanmoins à une certaine prudence lorsque des risques d'intoxication des plantes par le feuillage existent, en conditions salines à partir de 4g/l pour les agrumes (Bouteyre, 1991 in Loyer, 1991).

II.7. L'eau dans le sol

II.7.1. Les états de l'eau dans le sol

L'eau dans le sol ne représente qu'une infime part de l'eau douce (0,1 %), mais est indispensable à la continuité du cycle de l'eau ; à la fois par l'intermédiaire de l'évapotranspiration (au niveau des plantes et de la surface) et pour l'approvisionnement des nappes phréatiques (Lesaignoux, 2010). Les états de l'eau dans le sol sont :

II.7.1.1. L'eau de gravité

Ou de saturation s'écoule d'abord rapidement puis de plus en plus lentement, quittant les espaces vides plus grands qui se remplissent d'air. Cette eau occupait « la macroporosité »

du sol. Lorsque l'eau cesse de s'écouler, la terre, ressuyée, atteint son « taux d'humidité à la capacité au champ », valeur qui traduit sa capacité de rétention de l'eau (Soltner, 1988).

II.7.1.2. L'eau de capillarité

Au cours de l'infiltration des pluies les pores moyens et fins (inférieurs à 10 μm environ) : les forces capillaires et d'absorption sont suffisamment élevées pour s'opposer aux forces de gravité. L'eau retenue se subdivise en deux parties : l'eau capillaire absorbable par les racines, qui occupe les pores fins, ou forme des ménisques entre les particules solides, l'eau liée (appelée d'absorption), qui forme une fine pellicule à la surface des particules du sol (pores très fins, de diamètre inférieure à 0,2 μm), et qui, retenue très énergétiquement, n'est pas absorbable par les racines (Duchaufour, 2001).

II.7.1.3. L'eau hygroscopique (eau inutilisable par les plantes).

Cette quantité d'eau formant autour des éléments solides des films très minces, elle est retenue par le sol avec tant d'énergie que la force de succion des racines, pourtant considérable (16 atmosphères), ne peut l'en extraire (Soltner, 1988).

II.8. 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.8.1. 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.8.1.1. 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.8.2. 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.

II.8.2.1. 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.

II.8.3. La quantité d'eau d'irrigation

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. (Doorenbos et Pruitt, 1977) in Armitage, 1986 proposent des formules détaillées pour calculer les besoins d'irrigation dans diverses conditions climatiques et culturales.

Deuxième Partie

Matériel & Méthodes

I. Objectifs du travail

L'objectif de ce travail est de faire ressortir l'impact des eaux d'irrigation sur les propriétés physico-chimiques du sol dans la région de Ksar Chellala (Tiaret), il consiste à suivre l'évolution de ces propriétés au cours du temps avant et après irrigation par aspersion. La parcelle avant 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 03), 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.

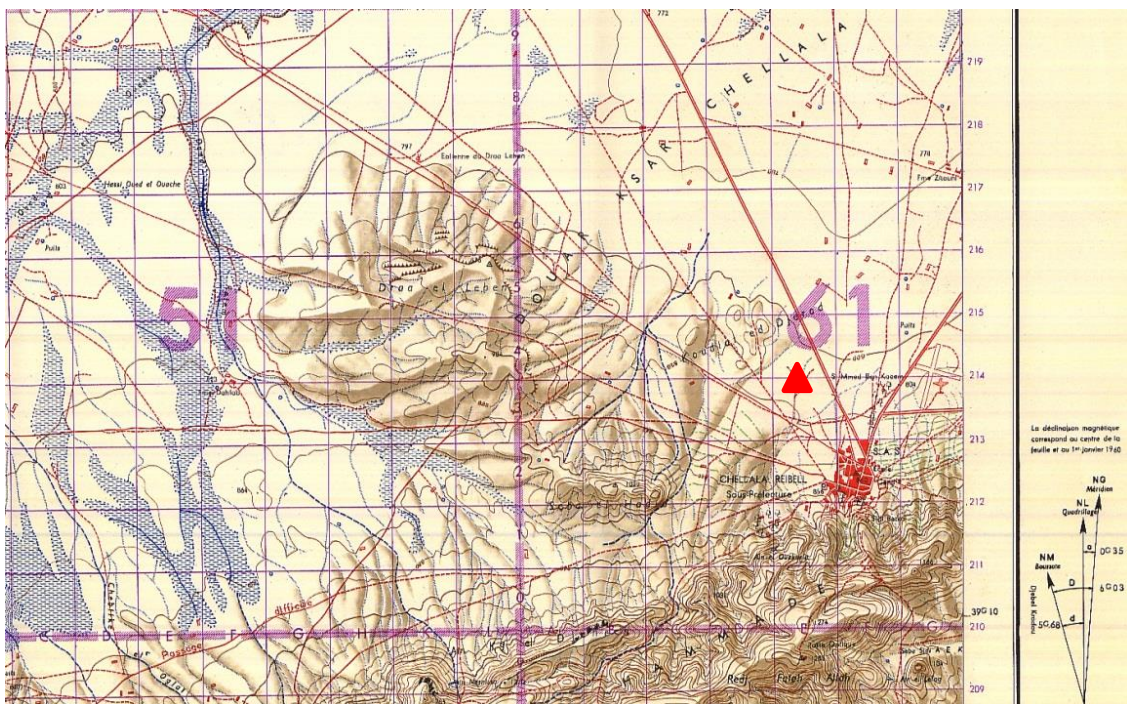


Figure 03: Localisation de la zone d'étude. ▲
(Extrait de : CANEVAS-CARTE AU 50 000 REIBEL feuille N° 249)

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 :

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

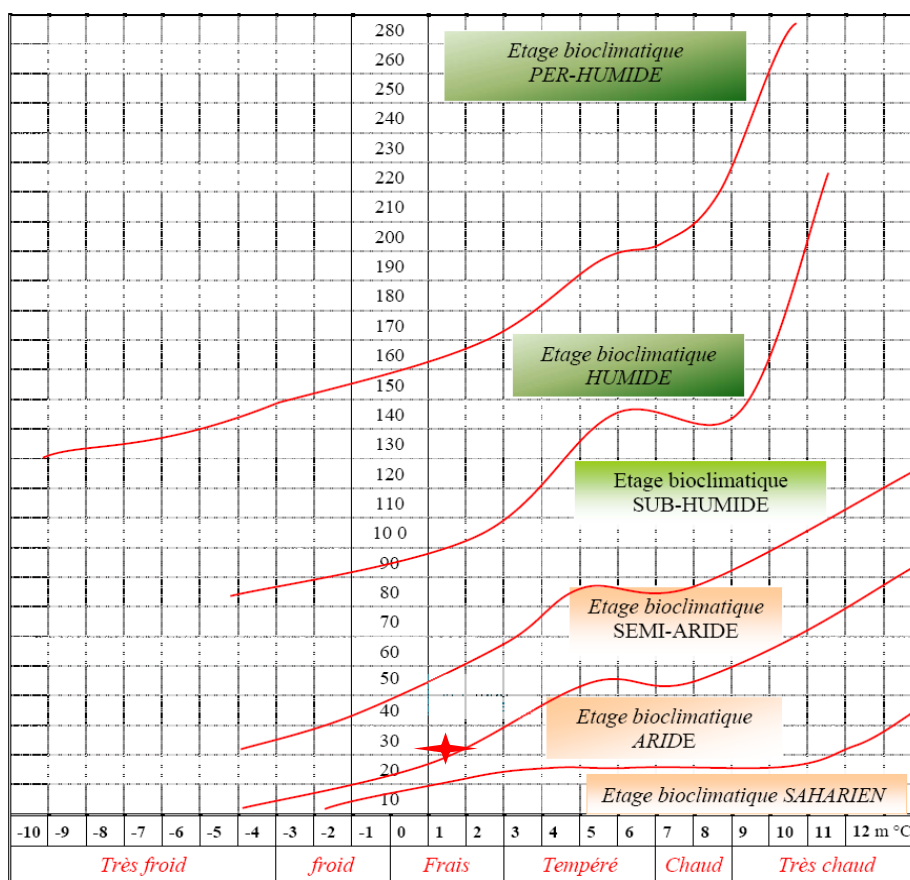


Figure 04 : Le climagramme d’Emberger de la zone d’étude (2002-2016).

D’après le climagramme d’Emberger (figure 04), 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).

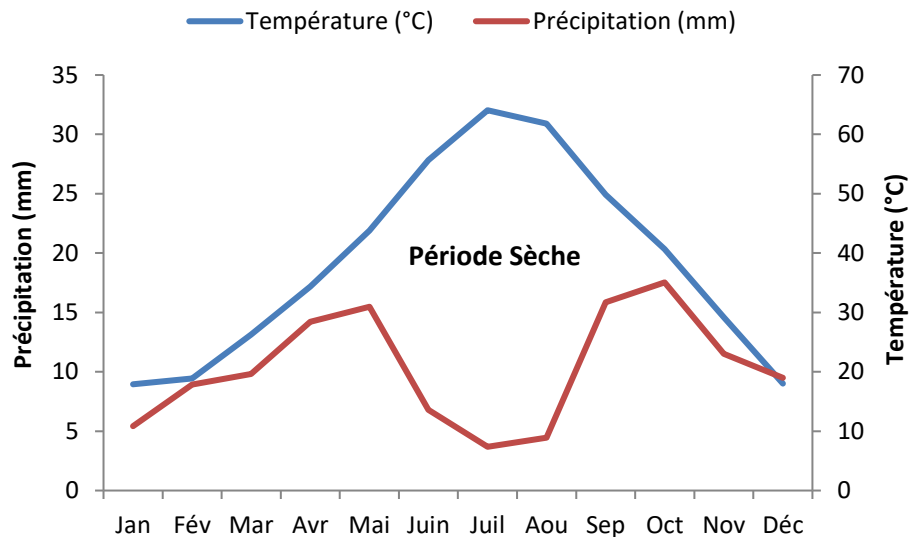


Figure 05: Diagramme ombrothermique de Bangnol et Gausсен de la zone d'étude (2002-2016).

III. Echantillonnage

Le sol a été prélevé selon un protocole d'échantillonnage aléatoire. Les sols analysés sont prélevés dans une parcelle irriguée et sans irrigation (témoin). Au niveau de chaque parcelle trois (3) prélèvements ont été effectués 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 2mm et conservés dans des sachets en plastiques dans un endroit sec.

IV.4. 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).

La texture d'un sol se définit par les proportions relatives des constituants triés selon leur taille. (Figure 06)

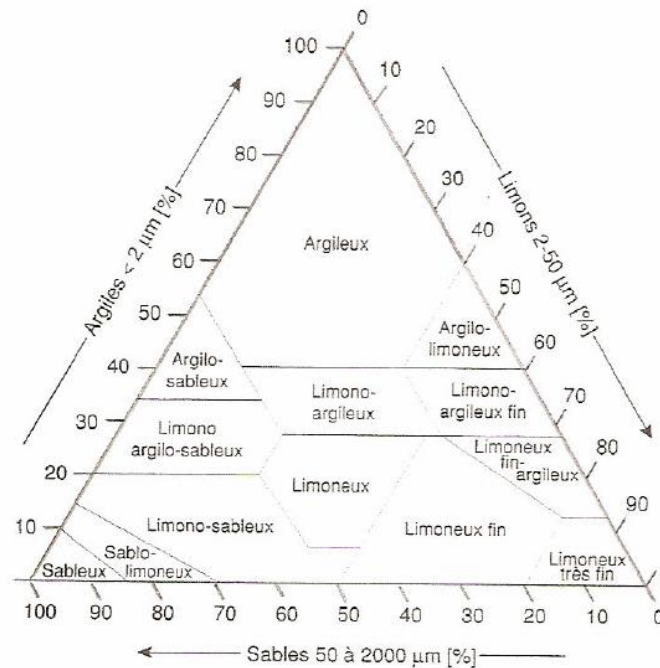


Figure 06 : Triangle des textures minérales (Gobat *et al.*, 1998 in Ferhat M., 2013).

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. La densité apparente

L'analyse de la densité apparente a été effectuée par la méthode du cylindre au niveau du premier horizon (0-25 cm).

Connaissant le poids de l'échantillon à l'état sec et le volume du cylindre, on calcule la densité apparente (D_a) par la formule :

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

IV.6. Le calcaire total

On l'a déterminé au calcimètre de Bernard ; cette méthode consiste à décomposer les bicarbonates du sol par l'acide chlorhydrique (6N) et à mesurer le volume de gaz carbonique (CO_2) dégagé selon la réaction suivante :



Puis on compare ce volume à un volume étalon dégagé par une quantité connue de CaCO_3 pur.

IV.7. 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 CO_2 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.8. 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 ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) en milieu sulfurique. L'excès du bichromate dans la réaction est dosé par une solution de sel de Mohr (réductrice), la quantité réduite est proportionnelle à la teneur en carbone organique.

La matière organique est obtenue par la formule suivante : $\text{MO} \% = \text{C} \% * 1.72$.

Troisième Partie

Résultats & Discussion

I. Résultats des analyses physico-chimique des sols

I.1. Analyses granulométriques

Tableau 04 : Résultats des analyses granulométriques

La granulométrie, classe les éléments constitutifs du sol en fonction du diamètre des particules et aide à déterminer le pourcentage de chaque fraction (Soltner, 2000).

Fraction granulométrique	Sols	SOL1	SOL2	SOL3
	Granulométrie	A %	11	13
LF %		10	11,5	9
LG %		29	27	30
SF %		35	34	36
SG %		15	14,5	15

Les résultats analytiques obtenus (tableau 04) révèlent que le sol étudié est caractérisé par une texture légère Sablo-limoneuse, sauf pour quelques endroits où la texture semblait être plus ou moins fine conjuguée à une texture battante en surface surtout sous une irrigation.

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).

Tableau 05 : Résultats des analyses physico-chimiques.

Paramètre \ Sols	SOL1	SOL2	SOL3	SOL1'	SOL2'	SOL3'
Humidité (H%)	6.7	6.2	8.2	16.6	14.5	14.5
Calcaire total (%)	23	20	20.6	14.5	13.5	10.8
Calcaire actif (%)	2.5	3.25	3.1	1.75	3.5	2.1
pH eau (1/2.5)	8.92	8.26	9.00	8.20	8.0	8.09
pH KCl (1/2.5)	7.90	7.20	7.50	7.5	7.4	7.02
CE (mS/cm)	0.89	0.28	0.22	0.22	0.17	0.20
M.O %	0.46	1.52	1.05	0.5	0.9	0,78

D'après la FAO (1990), le taux d'infiltration exprime généralement la hauteur d'eau (en mm) qui s'infiltre dans le sol en une heure. Il est fonction de la texture du sol (c'est-à-dire, des dimensions des particules) et de la structure du sol (arrangement des particules).

I.2. L'humidité (%)

Les résultats de l'humidité sont représentés dans le tableau 06, pour les sols avant et après irrigation.

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.

Tableau 06 : L'humidité des sols étudiés (%).

Paramètre \ Sols	SOL1	SOL2	SOL3	SOL1'	SOL2'	SOL3'
Humidité (H%)	6.7	6.2	8.2	16.6	14.5	14.5

Il est important de déterminer la meilleure combinaison entre la quantité d'eau d'irrigation et la teneur en sel de cette dernière (Barabas 1983 ; Dialeman 1974 ; Framji 1983 in Lalmi A., 2009).

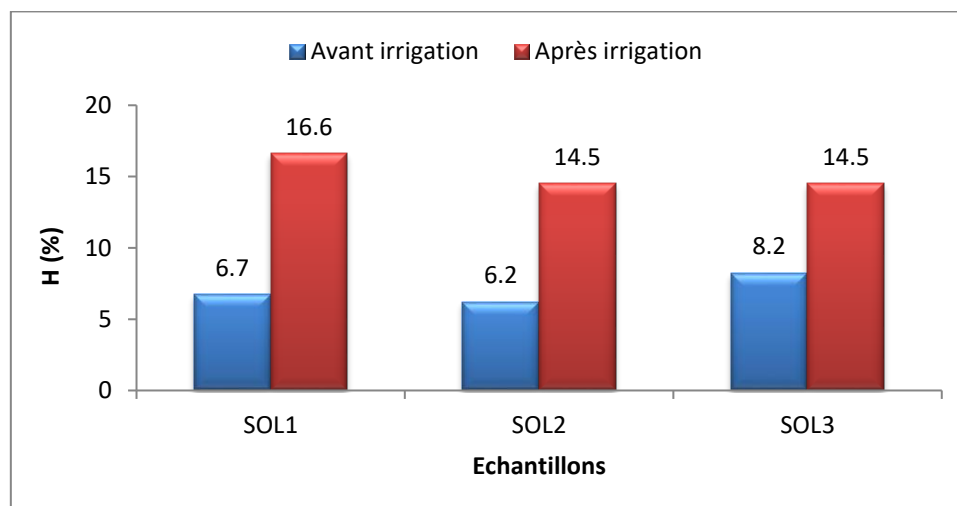


Figure 07 : Variation du taux de l'humidité dans le sol (%).

D'après les résultats obtenus (figure 07), le taux de l'humidité des sols étudiés varie de 6,2% à 16,6%. Nous remarquons, pour les prélèvements après irrigation, une nette augmentation de la rétention en eau.

Lorsque l'apport d'eau dépasse la capacité d'infiltration, l'excédent s'accumule et peut par la suite se libérer par ruissellement ou en provoquant une inondation. 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).

I.3. Le pH

D'après les résultats d'analyses obtenus, on remarque que le pH dans la solution du sol étudié (tableau 07) varie entre 8,26 pour le sol avant irrigation, et 9,00 pour le sol après irrigation. Le sol étudié avant irrigation présente des teneurs élevées en calcaire total par rapport aux sols après irrigation (tableau 11). Ces derniers sont décarbonatés sur toutes leurs épaisseurs.

Tableau 07 : Le pH des sols étudiés

Paramètre \ Sols	SOL1	SOL2	SOL3	SOL1'	SOL2'	SOL3'
pH eau (1/2.5)	8.92	8.26	9.00	8.20	8.0	8.09
pH KCl (1/2.5)	7.90	7.20	7.50	7.5	7.4	7.02

Selon l'échelle d'interprétation du pH eau signalé par (Gagnard et *al.*, 1988) (tableau 08), le sol étudié a une réaction alcaline.

Tableau 08 : Echelle d'interprétation du pH eau.

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

Le pH du sol exerce une influence importante sur l'activité du sol, sur la disponibilité de la majeure partie des éléments nutritifs, sur leur assimilation et la composition de la plante (Martin P et *al.*, 1984) et (Bertschinger et *al.*, 2006).

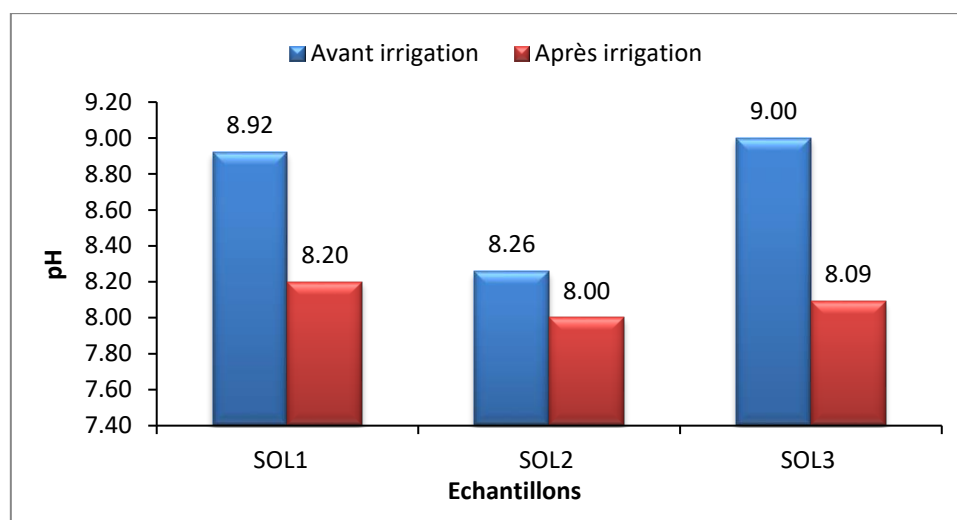


Figure 08 : Variation du pH_{eau} des sols étudiés.

On observe clairement une diminution du pH du sol de la parcelle irriguée (figure 08). D'après la comparaison de ces résultats avec celles du sol avant irrigation (témoin), on remarque que l'apport d'eau d'irrigation a un effet positif sur la diminution du pH de sol. Ces résultats indiquent un effet des eaux d'irrigation sur l'évolution du pH du sol et quelques paramètres tels que le calcaire (CaCO_3).

I.4. La conductivité électrique

Un sol est considéré salé, lorsque la conductivité électrique de l'extrait saturé est supérieure à 4 mS/cm à 25°C (Durand, 1983).

Les valeurs obtenues pour le paramètre de la conductivité électrique sont de l'ordre de 0,17 à 0,89 mS/cm (tableau 09), on peut dire que le sol de la zone d'étude est non salé.

Tableau 09 : La conductivité électrique des sols étudiés (mS/cm)

Paramètre \ Sols	SOL1	SOL2	SOL3	SOL1'	SOL2'	SOL3'
CE (mS/cm)	0.89	0.28	0.22	0.22	0.17	0.20

D'après Aubert, 1978, la conductivité électrique permet d'obtenir une estimation de la teneur globale en sels dissous; elle ne s'applique qu'aux terres salées et aux terres à taux de fertilisation très élevé.

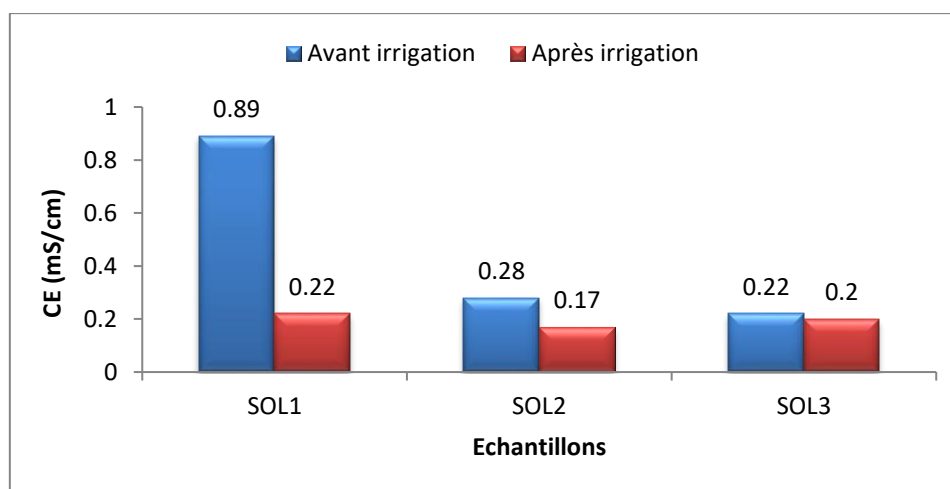


Figure 09 : Variation de la conductivité électrique des sols étudiés.

La figure (09) indique que la conductivité électrique est influencée par les eaux d'irrigation, elle diminue dans le sol après irrigation. Cette diminution 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 la conductivité électrique du sol.

I.5. Le carbone organique (%)

D'après les résultats obtenus (tableau 10), nous avons noté des teneurs faibles à très faibles et varient entre 0,46 % et 1,52 %. Mais cette teneur dans le sol irrigué est supérieure par rapport le sol avant irrigation.

La capacité d'un sol à absorber et stocker l'eau dépend en grande partie de sa composition et de sa teneur en matière organique.

Tableau 10 : Teneur en carbone organique dans les sols étudiés

Paramètre	Sols					
	SOL1	SOL2	SOL3	SOL1'	SOL2'	SOL3'
C.O (%)	0.46	1.52	1.05	0.5	0.9	0,78

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).

L'appréciation du niveau de la matière organique se fait en fonction de la teneur du sol en eau (figure 10) (Soltner, 2000). Hénin et *al* (1970) ont indiqué que l'incorporation de la

matière organique dans le sol, augmente la quantité d'eau retenue et la capacité s'accroît jusqu'à 30%.

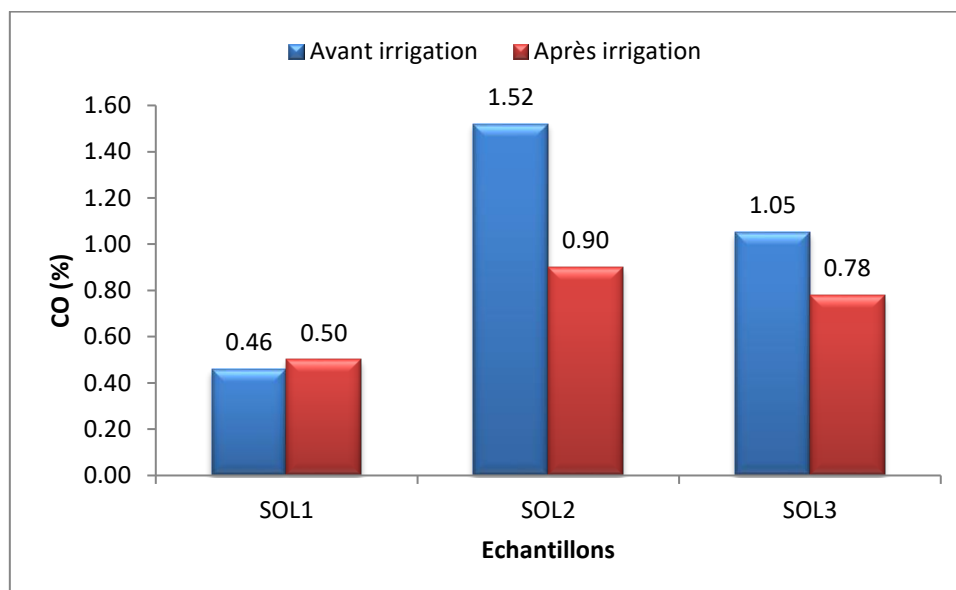


Figure 10 : Variation du carbone organique dans les sols étudiés.

Les résultats obtenus (figure 10) révèlent que les eaux d'irrigation ont un effet sur le carbone organique dans le sol. Ces résultats pourraient être expliqués par l'effet des eaux d'irrigation sur le taux de minéralisation de la matière organique dans le sol étudié.

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.6. Le calcaire Total (%)

D'après le tableau 11, les résultats montrent que le calcaire total de sol étudié varié entre (10,8 % et 23%); Nous remarquons que le calcaire total dans le sol irrigué est supérieure que dans les sols avant irrigation (témoin). Les taux de calcaire actif varient dans le même sens que le calcaire total (Gautier, 1988).

Tableau 11 : Teneur en calcaire dans les sols étudiés.

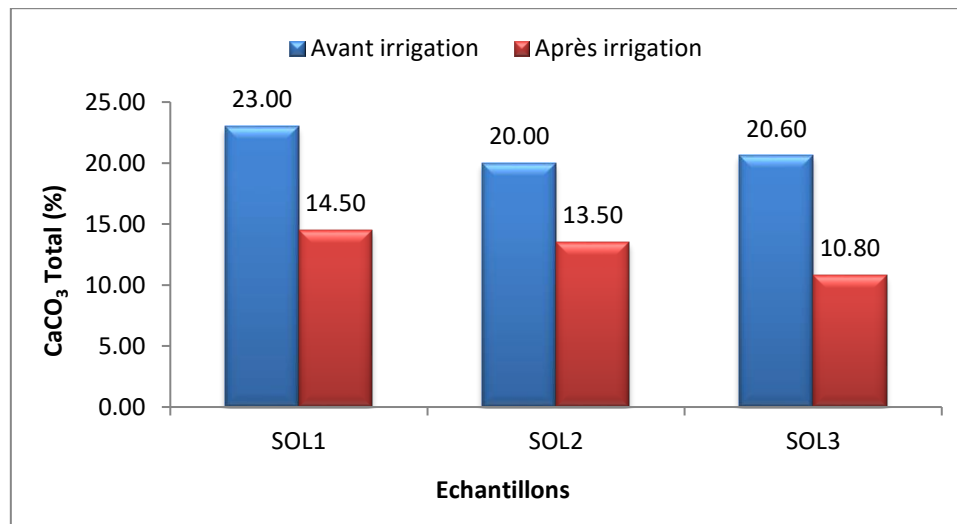
Paramètre	Sols					
	SOL1	SOL2	SOL3	SOL1'	SOL2'	SOL3'
Calcaire total (%)	23	20	20.6	14.5	13.5	10.8

En comparant les valeurs obtenues à celles signalées par (Baize, 1988), (tableau 12), nous constatons que le sol étudié est modérément calcaire.

Tableau 12 : 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

La figure 11 montre une augmentation de la teneur en calcaire total dans le sol irrigué, cette teneur est influencée par le taux d'humidité et la teneur et la granulométrie

**Figure 11: Variation du calcaire total dans les sols étudiés.**

D'après les résultats obtenus (figure 11). On observe une diminution de la teneur en calcaire total dans le sol après irrigation. D'après la comparaison de ces résultats avec celles du sol avant irrigation, on remarque que l'apport d'eau d'irrigation a un effet positif sur la diminution du calcaire dans le sol.

Cette diminution est expliquée par un lessivage par les eaux d'irrigation des calcaires actifs qui sont responsables de l'alcalinité du sol (Solis et *al.*, 2005).

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^-).

Conclusion Générale

Conclusion Générale

Le sol est l'interface d'échange dynamique à la surface du globe entre l'atmosphère, la biosphère, l'hydrosphère et la géosphère. Il présente la particularité de lier intimement l'organique et le minéral, ce qui lui confère des propriétés émergentes, dépassant la simple addition des propriétés géologiques et biologiques (Gobat et *al.*, 2010).

Le sol est une matrice complexe dont les propriétés varient entre les différents types de sol, c'est une ressource primordiale en éléments nutritifs des êtres vivants terrestres, il joue un rôle majeur dans les cycles fondamentaux du fonctionnement de la planète comme le cycle du carbone, de l'azote, des cations et encore de l'eau.

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 avant et après irrigation.

Le suivi de la parcelle au cours de notre étude nous a permis de mettre en évidence l'impact des eaux d'irrigation sur les propriétés physico-chimiques du sol. Les résultats des analyses physico-chimique montrent que, le sol étudié à une texture sablo-limoneuse, un pH légèrement alcalin, une conductivité électrique faible, teneur élevée en calcaire (CaCO_3) et pauvre en matière organique.

L'interprétation des résultats des analyses du sol obtenus et la comparaison que nous avons faite concernant le sol avant et après irrigation, nous permet de dire que les eaux d'irrigation influent sur les propriétés physico-chimiques du sol.

Il est important de dire que ce travail doit se poursuivre dans le temps pour mieux étudier l'impact des eaux d'irrigation sur les propriétés physico-chimiques du sol.

Références Bibliographiques

Références Bibliographiques

- Abibsi N., 2011.** Réutilisation des eaux usées épurées par filtres plantes (phytoépuration) pour l'irrigation des espaces verts application à un quartier de la ville de Biskra. Mémoire de Magister. Spécialité Hydraulique Urbaine et Ouvrages Hydrotechniques. Univ de Biskra.
- Alloway., 1992.** Heavy metals in soil. B.J. Alloway Eds., 339 p.
- Armitage F.B., 1986.** Foresterie irriguée en pays aride et semi-aride (synthèse) CRDI, OTTAWA.192 p.
- Aubert G., 1978.** Méthodes d'analyse des sols ; Edition CROP Marseille 2eme trim 1978, 189 p.
- Azouggagh M., 2001.** Transfert de technologie en agriculture bulletin mensuel d'information et de liaison du PNTTA.MADREEF /DERD N 81, juin 2008.
- 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. et Girard M.C., 1995.** Référentiel pédologique, paris, 332p.
- Baize D., 1988.** Guide des analyses courantes en pédologie. INRA. Paris. ISBN 2-7380-0075-4. 172 pages.
- Baize, D. et Girard, M.C., 1995.** Référentiel pédologique, Paris, 332 pp.
- Barabas S., 1983.** GEMS/EAU. Surveillance de la qualité de l'eau. UNESCO, SC et SOC N°1 pp115-125.
- Bertschinger H.T., Jago I., Nothing J.O., Human A., 2006.** Repeated use of the GnRH analogue deslorelin to down-regulate reproduction in male cheetahs (*Acinonyx jubatus*). *Theriogenology* 66(6-7), 1762-1769.
- Bertschinger L., Christian G., Ryser J.P., Häseli A., Neuweiler R., Pfammatter W., Schmid A. et Weibel F., 2003.** Données de base pour la fumure en arboriculture fruitière, Fruits à pépins, fruits noyau, kiwis, baies d'arbustes., Edition: Eidgenössische Forschungsanstalt, Postfach 185, CH-8820 Wädenswil, www.faw.ch., 48 P.
- Boeglin J.C., 1999.** Propriétés des eaux naturelles. Technique de l'ingénieur, traité environnement, G1 110.
- Bubb J. M., Lester J. N., 1991.** *Sci. Total. Environ.*, 100, 207-233.
- 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 Villemain 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.

- 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.
- Dialeman P.J., 1974.** Dynamics of salts in the soil water system. Salinity seminar, Baghdad. FAO. Rome., 1974. Irrigation and drainage, Paper, 40-49.
- 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 P., 2001.** Introduction à la science du sol. Sol, végétation, environnement. 6ème édition. Dunod, Paris, 331p.
- Duchaufour P., 2001.** Introduction à la science du sol: Sol, végétation, environnement. DUNOD, Paris, 331p.
- 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.
- 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.
- FAO., 1988.** Soil map of the world. Revised legend, by FAO–UNESCO–ISRIC. World Soil Resources Report No. 60. Rome.
- FAO., 1990.** Gestion des eaux en irrigation. Rome, Italie, 74 p.
- 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.
- Framji K., 1983.** L'irrigation bat les records de consommation d'eau .UNESCO, impact SCIENCE et SOCIETE N°1, pp 51-59.
- 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. Baillièrre, 481 p.

- Gros A., 1979.** Guide pratique des relations entre alimentation phosphatée des cultures et les valeurs E et l'INRA pp : 205-215.
- Henin S., 1970.** Le profil cultural, l'état physique du sol et ses conséquences agronomiques. Ed. Masson et C.I.E. 128p.
- Hillal D., 1974.** L'eau et le sol : principes et processus physiques. Poly Académie. Press. Neuyourk.357p.
- Hillel D., 1984.** L'eau et le sol. Principe et processus physique. Cobaye, libraire-éditeur, Louvain la Neuve, 288p.
- 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.
- Lesaignoux A., 2010.** Estimation de l'humidité de surface des sols nus à partir de l'imagerie hyperspectrale à haute résolution spatiale, sur le domaine optique 0.4- 14 µm.
- Loyer J.Y., 1991.** Salinité des eaux d'irrigation. Problèmes et solutions. Conférence Bari-Italie. ORSTOM.1992.11p.
- Martin Prével P., Gagnard J., Gautier P., 1984.** L'Analyse Végétale dans le Contrôle de l'Alimentation des Plantes Tempérées et Tropicales., Editions technique et documentation, Lavoisier, Paris., 810 P.
- 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.
- Messahel1 M., Benhafid M.S et Cherif M., 2003.** Efficience des systèmes d'irrigation en Algérie.
- Morel R., 1996.** Les sols cultivés, 2ème édition, paris : Technique et documentation, ISBN : 2-7430-149-6.
- 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., 1996.** Le sol : Interface dans l'environnement, ressource pour le développement. Paris : Masson. 244 p.
- 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.

Solis C., Andrade E., Mireles A., Reyes-Solis I.E., Garcia-Calderon N., Lagunas-Solar M.C., Pina C.U. et Flocchini R.G., 2005. Distribution of heavy metals in plants cultivated with wastewater irrigated soils during different periods of time. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B 241, 351–355.

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. BRUXELLE. PARIS, 464 P.

Soltner D., 1988. Les bases de la production végétale. Le sol, le climat, la plante. Tome 1. 16^{ème} édition. Coll. Science et technique agricoles. Paris, 466p.

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.

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

Stumm W et Morgan J., 1996. Aquatic chemistry – Chemical Equilibria and Rates in Natural Waters, John Wiley & Sons, Inc., 1022 p.

U.S.D.A., 1967. Keys to soil Taxonomy, soil conservation service, united stats department of agriculture, 306 p.

Valles V., Bourgea F., Guiresse M., 1988. Calcul des doses d'irrigation pour les sols salés, application d'une méthode géochimique de calcul à un sol Tunisien. Cahier d'ORSTOM, série, pédo, VOLXXIV N°21988.

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.

Résumé :

Le risque de l'irrigation des sols par les eaux dépend d'une part, de la qualité des eaux d'irrigation et d'autre part, de la nature de la couverture pédologique et des propriétés physico-chimiques sol. L'objectif de cette étude étant de mettre en évidence l'effet des eaux d'irrigation sur les paramètres physico-chimiques du sol. Notre travail porte sur les analyses physico-chimiques du sol avant et après irrigation. La caractérisation physico-chimique du sol étudié sur une profondeur de 0-30cm a permis d'étudier l'impact des eaux d'irrigation souterraines ses propriétés à savoir le pH, le CaCO₃, la conductivité électrique et la teneur en matière organique. D'après les résultats obtenus, nous avons constaté l'effet significatif des eaux d'irrigation sur la majorité des propriétés du sol à savoir le pH, la conductivité électrique, la teneur en calcaire total et actif et la matière organique. On en déduit que ces résultats vérifient l'influence des eaux d'irrigation sur les propriétés physico-chimiques du sol.

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

ملخص:

خطر السقي على التربة متعلق من جهة بنوعية مياه السقي، طبيعة التربة و الخصائص الفيزيو-كيميائية للتربة. الهدف من هذه الدراسة هو دراسة تأثير مياه السقي على الخصائص الفيزيو-كيميائية للتربة. هذه الدراسة تعتمد على التحاليل الفيزيو-كيميائية للتربة قبل و بعد عملية السقي. الخصائص الفيزيو-كيميائية للتربة على عمق 0-30 سم تبين لنا تأثير مياه السقي على الخصائص كدرجة الحموضة، كمية الكلس، الناقلية الكهربائية و كمية المواد العضوية. حسب النتائج المحصل عليها، نستنتج بأنه يوجد تأثير فعال لمياه السقي على غالبية الخصائص كدرجة الحموضة، الناقلية الكهربائية، كمية الكلس و المواد العضوية. نستخلص بأن هذه النتائج تؤكد تأثير مياه السقي على الخصائص الفيزيو-كيميائية للتربة

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