

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

**Impact des eaux d'irrigation sur le stock de carbone organique
du sol dans la région de Ksar Chellala – Wilaya de Tiaret.**

Membres du jury :

- Président : Mme.Oulbachir
- Promoteur : Mr. BENAHMED Mohamed
- Examinatrice : Sahraoui oudah

Présenté par:

- TREICH Faiza
- ZADET Fatiha
- SLIMANE Halima

Année universitaire : 2019 – 2020

Dédicace

Dieu merci

*C'est avec un grand plaisir et une grande fierté que je dédie
ce modeste travail :*

*A ma famille, elle qui m'a doté d'une éducation digne, son
amour a fait de moi ce que je suis aujourd'hui :*

*Particulièrement à mon père **Treich Mansour**, ce travail est le
fruit de tous les sacrifices que tu as déployés pour ma
formation, ton soutien fut une lumière dans tous mon
parcours. Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour
l'estime et le respect que j'ai toujours eu pour toi.*

*A ma chère mère **Khelifi Meriem** qui m'a tant donné pour faire
de moi ce que je suis.*

Que dieu les garde en bonne santé....

*A ma sœur **Djamila**, ceci est ma profonde gratitude pour ton
éternel amour, que ce rapport soit le meilleur cadeau que je
puisse t'offrir.*

*A mes frères et leurs petites familles, qui m'avez toujours
soutenu et encouragé durant ces années d'études.*

*A ma chère amie **NourElhouda**, qui le seul être au monde qui
ait le pouvoir de me fortifier et de me consoler.*

A tous ceux qui comptent pour moi.

A tous ceux pour qui je compte.

TREICH FAIZA

Dédicace

Je tiens à dédier ce modeste travail

*A mon cher père ZADËT DJELLOUL et à ma chère mère TOUAB
KHADIDJA que dieu les présente.*

En témoignage d'affection et de reconnaissance

Mes Chères sœurs et mon cher frère que dieu les protège

Ainsi que l'ensemble de la famille Zadet spécialement ma seule cousine

A tous Mes amis

Particulièrement mes binômes qui ont participé dans ce travail

A tous ceux qui me sont chers

Sans oublier tous mes collègues de promotion

« sciences du sol 2019/2020 »

*A tous ceux qui m'ont sorti des ténèbres de l'analphabétisme
et de l'ignorance*

*A tous ceux qui m'ont appris un mot, une idée
ou une leçon dans ma vie*

A tous mes enseignants

En témoignage de reconnaissance et de sincère gratitude

Merci

Zadet Fatiha

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à mes très chers parents à qui je ne pourrai jamais valoriser leurs sacrifices.

A mes frères : AMINE et AZIZE.

A mes sœurs : AMINA et FATIMA, qui je souhaite un franc succès dans leurs études.

A toute la famille SLIMANI sans exception.

A mes amis

ZADET FATIHA, TREICH FAIZA et NAJEMIE FATIMA

A tous mes professeurs et mes enseignants qui m'ont enseigné dès la première année primaire jusqu'à la fin de mon cursus.

A tous mes collègues de ma petite promotion science du sol 2019/2020

Remerciements

Nous remercions avant tout ALLAH tout puissant de nous avoir guidé toutes ces années d'études et de nous avoir donné la volonté, la patience, le courage pour terminer ce travail.

Nous remercions Monsieur BENAHMED Mohamed de m'avoir encadré, mon conseil de me passer cette patience sur les analyses des sols.

Nous tenons également à remercier tous les membres du jury De m'avoir fait l'honneur d'accepter de juger ce travail.

Nous remercions le directeur de l'INSID : Monsieur BOUDAOUED, et Monsieur DJAMEL DAHMANE qui nous avons guidé sur terrain, et Monsieur BEHJIH EDDINE : le chef de laboratoire des analyses du sol, et tous le personnel de l'INSID pour son aide.

Notre plus vif remerciement à toutes les personnes qui nous ont facilités la tâche pour la réalisation de ce travail de près ou de loin particulièrement Monsieur ZOUAOUI AMAR.

Enfin, nous tenons également à remercier toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Nos remerciements s'adressent aussi à toute les amies.

SOMMAIRE

SOMMAIRE

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Introduction Générale.....01

Première Partie : Synthèse Bibliographique

Chapitre I : Le sol

I.1. Définition du sol.....	02
I.2. La formation du sol.....	02
I.3. Les constituants du sol.....	03
I.3.1. Constituants minéraux.....	04
I.3.1.1. Granulométrie.....	04
I.3.1.1.1. Les argiles.....	05
I.3.2. Constituants organiques.....	05
I.3.2.1. La matière organique fraîche (la litière).....	06
I.3.2.2. La matière organique héritée.....	06
I.3.2.3. La matière organique humifiées.....	06
I.3.3. La solution du sol.....	06
I.3.3.1. Définition.....	06
I.3.3.2. Détermination.....	07
I.3.4. L'atmosphère du sol.....	07
I.4. Les propriétés physiques du sol.....	07
I.5. La matière organique dans le sol.....	09
I.5.1. Source de la matière organique.....	10
I.5.2. Le rôle de la matière organique.....	13
I.5.2.1. Influence sur les propriétés physiques du sol.....	13
I.5.2.2. Influence sur les propriétés chimiques du sol.....	14
I.5.2.3. Influence sur les propriétés biologiques du sol.....	15
I.6. les principales sources de carbone.....	15
I.6.1. Le carbone de la matière organique endogène du sol.....	16
I.6.2. Les amendements organiques.....	16
I.6.3. Les formes de carbone dans le sol.....	16
I.6.4. Dynamique du carbone dans le sol.....	17

Chapitre II:Les eaux d'irrigation

II.1. L'irrigation.....	18
II.2. Les techniques d'irrigation.....	18
II.2.1. Les systèmes d'irrigation de surface.....	18
II.2.2. L'irrigation par aspersion.....	18
II.2.3. Les systèmes de micro-irrigation.....	19
II.3. L'eau d'irrigation.....	19
II.4. L'irrigation dans le monde.....	20
II.5. Importance de l'irrigation.....	20
II.5.1. Avantages.....	20
II.5.2. Inconvénients.....	21
II.6. Qualités des eaux d'irrigation.....	2
II.6.1. Salinité.....	22
II.6.2. Sodium.....	22
II.6.3. Alcalinité et la dureté.....	22
II.6.4. Concentration en éléments qui peuvent être toxiques.....	22
II.6.5. pH de l'eau d'irrigation.....	22
II.7. Normes de qualité des eaux d'irrigations.....	23
II.8. L'eau dans le sol.....	23
II.8.1. Localisation de l'eau par rapport aux particules solides.....	24
II.8.2. Rôle de l'eau dans le sol.....	25
II.8.3. Humidité du sol.....	25
II.8.4. L'eau de gravité.....	26
II.8.5. L'eau utilisable par la plante.....	26
II.8.6. L'eau hygroscopique.....	27

Deuxième Partie : Matériel & Méthodes

I. Objectif du travail.....	28
II. Présentation de la zone d'étude.....	28
II.1. Localisation.....	28
II.2. Le sol.....	29
II.3. Synthèse climatique.....	30
II.3.1. Diagramme pluviométrique.....	31
II.3.2. Quotient pluviométrique d'Emberger.....	31
III. Echantillonnage.....	32

III.1. Techniques d'échantillonnage du sol.....	32
IV. Analyses physico-chimiques de sol.....	33
IV.1. Analyses granulométrique du sol.....	33
IV.2. L'humidité.....	35
IV.3. Le pH.....	35
IV.4. La conductivité électrique.....	36
IV.5. Le calcaire.....	36
IV.5.1. Le calcaire total.....	36
IV.5.2. Le calcaire actif.....	37
IV.6. La matière organique.....	38
IV.6.1. Le carbone organique.....	38

Troisième Partie : Résultats & Discussion

I. Résultats des analyses physico-chimiques.....	39
I.1. Analyses granulométrique.....	39
I.2. Humidité (%).....	40
I.3. Le pH.....	41
I.4. La conductivité électrique.....	41
I.5. Le taux des sels dissous (TDS).....	42
I.6. Le matière organique (%).....	43
I.6.1. Le carbone organique (%).....	44
I.7. Teneur en calcaire.....	45
I.7.1. Le calcaire total (%).....	45
I.7.2. Le calcaire actif (%).....	46
Conclusion générale.....	48
Références bibliographiques.....	49

Annexes

Résumé

LISTE DES FIGURES

Figure 01 : Triangle textural.....	05
Figure 02 : Relation entre organismes, matière organique et roche mère dans le développement du sol.....	10
Figure 03 : Schéma type d'un réseau d'irrigation en goutte à goutte.....	19
Figure 04 : Les différents états de l'eau dans le sol.....	25
Figure 05 : RFU et RS : des paramètres à connaître pour irriguer ses cultures....	27
Figure 06 : Situation géographique de la région de Ksar Chellala – wilaya de Tiaret.....	29
Figure 07 : Diagramme Ombrothermique de Bagnoulset Gausson de la région de Ksar Chellala (2003-2015).....	31
Figure 08 : Quotient pluviométrique d'Emberger de la région de Ksar Chellala...	32
Figure 09 : Texture du sol étudié selon le triangle textural.....	39
Figure 10 : Variation de l'humidité des sols étudiés.....	40
Figure 11 : Variation du pH des sols étudiés.....	41
Figure 12 : Variation de la conductivité électrique des sols étudiés.....	42
Figure 13 : Taux des sels dissous (TDS) des sols étudiés.....	43
Figure 14 : Variation de la teneur en matière organique dans les sols étudiés.....	44
Figure 15 : Variation de la teneur en carbone organique dans les sols étudiés.....	45
Figure 16 : Variation de la teneur en calcaire total des sols étudiés.....	46
Figure 17 : Variation de la teneur en calcaire actif des sols étudiés.....	47

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 01 : Les principaux constituants du sol.....	03
Tableau 02 : Résultats des analyses granulométriques.....	39
Tableau 03 : Résultats des analyses physico-chimiques.....	40
Tableau 04 : Norme d'interprétation de la matière organique.....	43
Tableau 05 : Normes d'interprétation du taux du calcaire du sol.....	46

LISTE DES ABREVIATIONS

% : Pourcentage.

°C : Degrés Celsius

C : carbone

C : Carbone de la matière organique ou du CO₂

CE : Conductivité électrique

CF : couvert forestier

Cm : centimètre

dS/m : Décisiemens par mètre

H : Humidité

Ha : Hectare.

HEMI: Fraction hémicellulose

Km : Kilomètre

m : Mètre

m/s : Mètre par seconde

m² : mètre carrée

m³ : mètre cube

méq/l : Milliéquivalent par litre

mg : milligramme

mg/l : Milligramme par litre

ml : millilitre

mm : Millimètre

MO : Matière organique

mol : Mole

mS/cm : Milli siemens par centimètre

N : normalité

O.N.M : Office national météorologique

P : Précipitation

pH : Potentiel d'hydrogène

T : Température

V : Volume

µm : Micromètre

Introduction Générale

INTRODUCTION GENERALE

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 (Legro J.P., 2007).

Le carbone organique du sol peut être perdu sous la forme de dioxyde de carbone (CO₂) ou de méthane (CH₄) émis dans l'atmosphère, érodé, ou sous la forme de carbone organique dissous. C'est le principal composant de la matière organique du sol. En effet, la réserve en carbone organique des sols est d'une capacité d'approximativement 2400 gigatonnes (Gt) pour 2m de profondeur, soit près de trois fois la réserve de carbone atmosphérique et plus de quatre fois la réserve biotique (Calvet et *al*, 2011).

L'irrigation est considérée comme un moyen de compensation et de production de biomasse végétale et surtout comme moyen de changement de la qualité des sols du point de vue chimique, physique et biologique. Elle joue un rôle très important dans les régions caractérisées par des précipitations faibles et irrégulières, des températures et des taux d'évaporation élevés.

C'est dans ce contexte que nous avons essayé de déterminer l'effet des eaux d'irrigation sur le stock de carbone organique du sol ainsi que les paramètres physico-chimiques de ce dernier. Notre expérimentation a été réalisée en conditions climatiques semi-arides dans la région de Ksar Chellala - wilaya de Tiaret.

Ce travail s'articule en trois parties. La première partie présente une recherche bibliographique sur le sol et ses constituants, le carbone organique dans le sol ainsi que les eaux d'irrigation. La deuxième partie est consacrée à la présentation de la zone d'étude : situation géographique et méthodes adoptées pour réaliser ce travail. La troisième partie de ce mémoire est consacrée aux résultats et discussion. Enfin nous terminerons par une conclusion générale.

Première Partie

Synthèse Bibliographique

Chapitre I

Le sol

I.1. Définition du sol

Traditionnellement, on nomme sol la mince couche de terre dans laquelle les plantes fixent leurs racines et puisent une partie de leurs nourritures. Le sol n'est pas un milieu stable. Il naît, il évolue, il atteint un état d'équilibre, ou bien il se dégrade. C'est donc un milieu dynamique. Il est aussi très complexe et très hétérogène (Roger D, 2006).

Le sol est un volume qui s'étend depuis la surface de la terre jusqu'à une profondeur marquée par l'apparition d'une roche dure ou meuble, peu altérée, ou peu marquée par la pédogenèse. L'épaisseur du sol peut varier de quelques centimètres à quelques dizaines de mètres, ou plus. Il constitue une partie de la couverture pédologique qui s'étend à l'ensemble de la surface de la terre. Il comporte le plus souvent plusieurs horizons correspondant à une organisation des constituants organiques et minéraux (la terre). Cette organisation est le résultat de la pédogenèse et de l'altération du matériau parental. Il est le lieu d'une intense activité biologique (racines, faune et micro-organismes) (AFES, 2014).

I.2. La formation du sol

La formation du sol est un phénomène multidimensionnel, contrôlé par une combinaison de plusieurs facteurs écologiques (El-Lis & Mellor, 1995 ; Van Breemen & Breeman, 1998) :

- ✚ L'altération chimique et désagrégation mécanique des divers types de roches.
- ✚ Les forces climatiques et d'autres agents physiques, chimiques et biologiques.
- ✚ Les activités des micro-organismes sur les résidus animaux et végétaux après leur mort et leurs transformations qui donnent naissance à l'humus.
- ✚ Le facteur temps (Roger D, 2006).

La formation des sols est également appelée la pédogenèse, laquelle correspond à l'ensemble des processus (physique, chimique et biologique) qui, en interaction, aboutissent à la différenciation de la couverture pédologique (le sol) (Legros, 2007).

Les sols se forment à partir d'un substrat de diverses origines (roche d'origine géologique, limons et sables d'origine éolienne, alluvions de rivières), soumis à des processus influencés à la fois par le climat, le relief, les organismes vivants et l'activité humaine. La formation d'un sol est un processus lent qui peut prendre de quelques centaines d'années à plusieurs centaines de milliers d'années (Laëtitia C., 2008).

I.3. Les constituants du sol

En fait, le sol comprend trois composantes : solide, liquide et gazeuse.

➤ **Unefraction solide**, composée de constituants minéraux (sable, argile...) et de constituants organiques.

➤ **Une fraction liquide**, (appelée aussi **solution du sol**), composée d'eau dans laquelle sont dissoutes des substances solubles provenant à la fois de l'altération des roches, de la minéralisation des matières organiques et des apports par l'homme (apports d'engrais solubles par exemple).

➤ **Une fraction gazeuse**, ou atmosphère du sol, composée des mêmesgazque l'air, avec un plus des gaz provenant de la décomposition des matières organiques.

Tableau 01 : Les principaux constituants du sol (d'après Soltner, 1996).

	Constituants solides		Constituants liquides	Constituants gazeux
	Constituants minéraux	Constituants organiques	Solution du sol	Atmosphère du sol
Origine	Désagrégation physique et altération biochimique des roches.	Décomposition des êtres vivants.	Précipitations, nappes, ruissellement.	Air hors sol, matières en décomposition, respiration.
Critères de classement	Taille (granulométrie). Qualité (minéralogie).	Etat (vivants, morts). Qualité chimique (originelle, transformée).	Origine (météorique, phréatique). Etat physique (potentiel hydrique) Qualité chimique.	Origine (air, organismes). Qualité chimique.
Catégories	Selon la granulométrie S quelette (>2mm). Terre fines (<2mm) Selon minéralogie Q uartz. M inéraux silicatés. M in. carbonatés.	Organismes vivants. Organismes morts. Matières organiques héritées :cellulose, lignine, résines. Matières organiques humifiées : acides fulviques et humiques, humines.	E au. S ubstances. dissoutes : glucides, alcools, acides organiques et minéraux, cations et anions.	Gaz de l'air : N ₂ , O ₂ , CO ₂ . G az issus de la respiration et de la décomposition des organismes : CO ₂ , H ₂ , CH ₄ , NH ₄ .

I.3.1. Constituants minéraux

Les constituants minéraux du sol sont primaires, hérités directement de la roche-mère, ou secondaires, issus de la transformation chimique des précédents et réunis alors dans le complexe d'altération. Celui-ci comporte des sels (exemple : carbonates de calcium ou de magnésium) ou des silicates (exemple : micas et argiles) ; ces dernières sont des colloïdes, comme les hydroxydes de fer ou d'aluminium, autres minéraux secondaires. Si l'altération est totale, elle libère des ions isolés ou des micromolécules.

Par des transformations chimiques, la composition minéralogique du complexe d'altération se différencie de celle de la roche originelle, avec des effets importants sur l'orientation de la pédogenèse. Deux processus commandent l'évolution des roches :

➤ La désagrégation physique, dont les agents climatiques tels que le vent, le gel ou l'eau fractionnent la roche en morceaux de plus en plus petits, tout en conservant la composition minéralogique de départ.

➤ L'altération biogéochimique des roches, qui fait intervenir l'eau, associée ou non à l'oxygène, un gaz carbonique ou à des acides organiques, suit cinq voies ; l'hydratation, la dissolution, l'oxydation, la réduction et l'hydrolyse.

Désagrégation physique et altération biogéochimique produisent un mélange de constituants de tailles et de qualités minéralogiques variées, qui peuvent être classés selon deux critères ; d'ordres granulométrique ou minéralogique.

I.3.1.1. Granulométrie

La répartition selon la taille est obtenue par l'analyse granulométrique, qui distribue les constituants minéraux en classes grosseur. Une première séparation à 2 mm distingue la fraction grossière, aussi nommée squelette, de la terre fine.

La granulométrie sépare les gros diamètres des petits, par tamisage et sédimentation. Le tamisage sépare les sables grossiers, moyens et fins sur des tamis à mailles de plus en plus fines. En dessous, les limons et les argiles sont sédimentés selon un temps défini par la loi de Stocks. Finalement, la part de chaque fraction est exprimée en pourcentage de la masse sèche de l'échantillon de départ ; elle peut être reportée dans le triangle des textures.

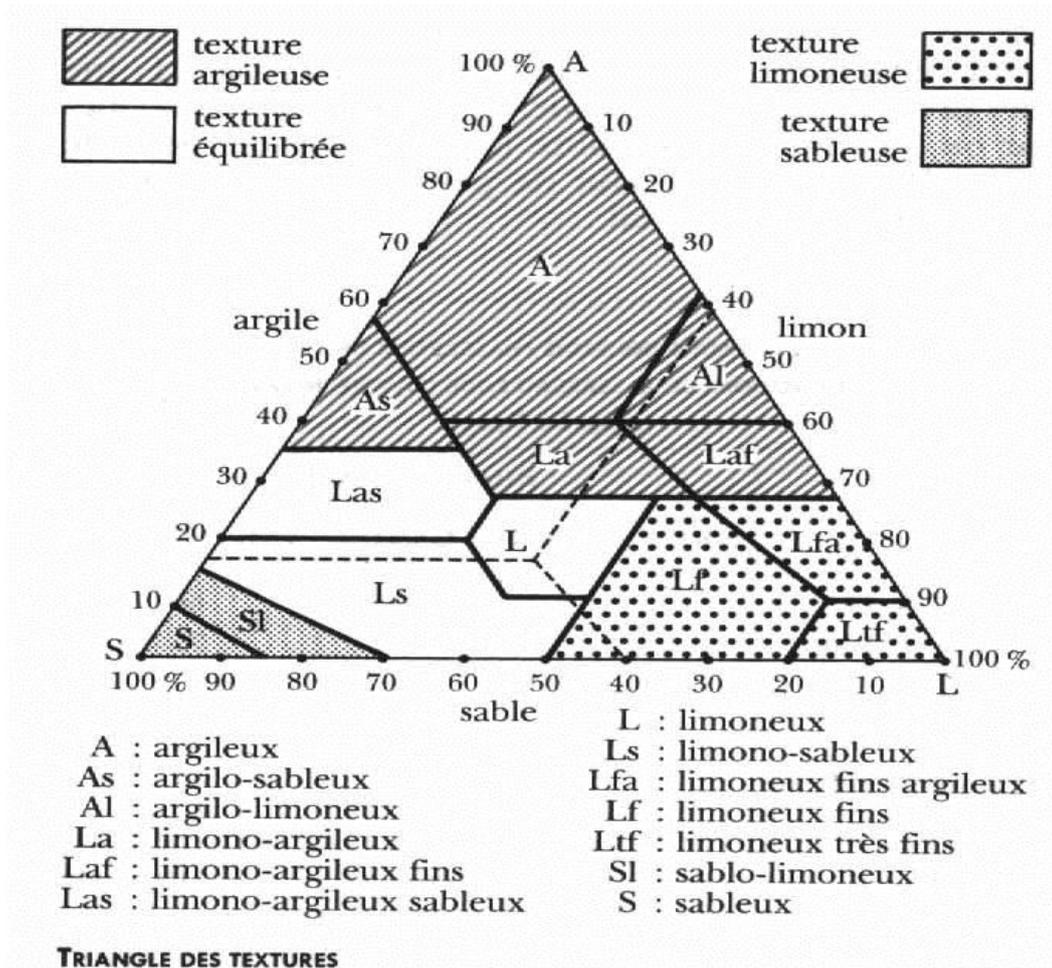


Figure 01 : Triangle textural (U.S. Département of Agriculture, 1975).

I.3.1.1.1. Les argiles

Les argiles sont des minéraux constitués de feuillets de tétraèdres silicium-oxygène (la silice) et d’octaèdres aluminium-oxygène (l’alumine). Les argiles sont issues de l’altération des roches par hydrolyse de minéraux silicatés (Gobat J.M., 2003).

Les argiles jouent un rôle central dans le sol (Righi & Meunier, in Velde, 1995), influençant sa structure, sa porosité, ou sa capacité d’échange. Elles ont trois propriétés particulièrement importantes : l’électronégativité, l’hydrophilie, le pouvoir de dispersion et de floculation.

I.3.2. Constituants organiques

De la litière à la matière organique humifiée : la mort des êtres vivants, leurs déchets et sécrétions apportent au sol sa matière organique, qualifiée de fraîche avant qu’elle ne se transforme en humus.

I.3.2.1. La matière organique fraîche (la litière)

La litière, au sens large, est constituée de l'ensemble des matières organiques d'origine biologique, à différents stades de décomposition, qui représentent une source d'énergie potentielle pour les espèces qui les consomment. Elle comprend les organismes et les parties d'entre eux qui viennent de mourir et qui en sont détachés, qu'ils soient végétaux, animaux ou microbiens, aériens ou souterrains, ainsi que les excréments des animaux et différents composés émis directement dans le milieu. Dans un sens plus restreint mais plus habituel, le terme de litière ne concerne que les débris végétaux tombés sur le sol, feuilles, fruits, brindilles ou aiguilles, formant l'horizon OL.

I.3.2.2. La matière organique héritée

La matière végétale sèche est constituée, à 99%, de onze éléments majeurs : C, H, O, N, P, S, Ca, Mg, K, Cl, Na (Callot et AL., 1982). Les molécules qu'ils forment sont de plusieurs types dont les proportions varient selon la catégorie de litière. Quatre grandes familles de produits hérités : glucides, lignine, lipides et les composés azotés (protéines, acides aminés, acides nucléiques, nucléotides). Dans le sol, ces molécules sont dégradées par des enzymes spécifiques.

I.3.2.3. La matière organique humifiées

Les matières organiques résultant de l'humification se classent en fonction de leur masse moléculaire, qui reflète aussi leur comportement face aux procédés d'extraction.

Soluble dans l'eau, les acides créniques sont formés par polycondensation de deux ou trois noyaux aromatiques.

I.3.3. La solution du sol

I.3.3.1. Définition

Très mobile, la fraction liquide du sol ou solution du sol est un carrefour fonctionnel important, grâce à sa capacité de transporter les substances entre, par exemple, la fraction solide et les racines des plantes. Elle assure la lixiviation des cations lors de la pédogenèse, elle est le siège de nombreux de solubilisation ou d'insolubilisation. Par rapport aux constituants solides, qui traduisent souvent une évolution à long terme, elle reflète le fonctionnement actuel (Gobat J.M., 2003).

I.3.3.2. Détermination

L'eau se présente sous trois états principaux dans le sol et il n'est pas toujours aisé d'y retrouver la solution du sol. La teneur globale en eau d'un sol (taux d'humidité) est soumise à des changements très rapides, fonctions des précipitations, de l'évapotranspiration et des remontées capillaires. En outre, une eau libre de nappe a souvent des qualités chimiques différentes de celles d'une eau retenue plus fortement (Gobat J.M., 2003).

I.3.4. L'atmosphère du sol

L'atmosphère du sol est des gaz libres ou dissous difficiles à doser. Les difficultés techniques d'étude font que la connaissance des gaz du sol est bien moins avancée que celle des autres constituants, malgré le rôle essentiel de ces gaz dans la régulation des échanges à l'intérieur du sol et avec l'air extérieur.

Dans le sol, l'air occupe les pores abandonnés par l'eau lors de son retrait, d'abord les plus grossiers, puis les plus fins. Sa quantité dépend ainsi d'une combinaison entre la texture, la structure et le taux d'humidité. Mais il est aussi en échange avec l'atmosphère extérieure, dans des concentrations relatives différentes en gaz libres. La composition de l'air dans le sol présente des fluctuations saisonnières liées à l'activité biologique : la respiration des racines, de la microflore aérobie et de la faune consomme de l'oxygène et rejette du gaz carbonique. La fixation d'azote et la dénitrification bactériennes modifient les concentrations en azote alors que du méthane peut être consommé ou produit.

I.4. Les propriétés physiques du sol

L'état physique du sol est caractérisé par l'ensemble de paramètres que l'on peut déterminer en effectuant des analyses physico-chimiques.

❖ **Structure du sol:** Le regroupement des composants de structure des sols (sable, limon et argile) forme des agrégats et l'association de ces agrégats en plus grandes unités induit la structure du sol. La structure du sol affecte l'aération, le mouvement de l'eau, la conduction de la chaleur, la croissance des racines des plantes et la résistance à l'érosion. L'eau a l'effet le plus important sur la structure du sol du fait de la solubilisation et de la précipitation des minéraux et ses effets sur la croissance des plantes.

❖ **Texture du sol:** Les éléments minéraux du sol (sable, limon et argile) déterminent la texture d'un sol. La texture influe sur le comportement d'un sol, en particulier sa capacité de rétention des éléments nutritifs et de l'eau.

Les constituants du sol de plus de 2,0 mm sont considérés comme des roches et des graviers et peuvent être inclus dans la classe texturale.

Par exemple, un limon sableux avec 20% de gravier serait appelé un limon sableux graveleux. Lorsque les composants organiques d'un sol sont importants, le sol est appelé sol organique plutôt que sol minéral.

❖ **Profondeur du sol:** La définition première du profil de sol (ou solum) était la couche arable (horizon 'A') + le sous-sol (horizons 'E' et 'B'), alors que l'horizon «C» était défini comme des strates ayant peu de preuves de pédogenèse. La profondeur du sol "efficace" était alors considérée comme l'épaisseur du solum. Cependant, les racines et l'activité biologique se trouvent souvent dans l'horizon C et la profondeur du sol devrait donc inclure cette couche. Dans la pratique, les prospections pédologiques utilisent des limites de profondeur arbitraires (par exemple 200 cm) pour les études de sols.

❖ **L'eau dans le sol:** L'eau stockée ou circulant dans le sol affecte la formation des sols, la structure, la stabilité et l'érosion et est une préoccupation majeure en ce qui concerne la croissance des plantes.

❖ **Couleur:** De façon générale, la couleur du sol est déterminée par le contenu en matière organique, les conditions de drainage et le degré d'oxydation. La couleur du sol, tout en restant facilement observable, a peu d'utilité pour la prévision des caractéristiques du sol. La couleur est utilisée pour distinguer les limites des horizons dans un profil de sol, pour déterminer l'origine du matériau de base d'un sol, comme indication des conditions d'humidité et d'engorgement, et en tant que moyen qualitatif de mesure du contenu en matière organique, en sel et en carbonate des sols

❖ **Porosité:** L'espace poral est la partie du volume apparent qui n'est occupée ni par les matières minérales ni par les organiques : cet espace ouvert est occupé par de l'air ou de l'eau. Idéalement, l'espace poral total devrait être de 50% du volume du sol. L'espace aéré est nécessaire pour fournir de l'oxygène pour les organismes décomposant la matière organique, l'humus et les racines des plantes. L'espace poral permet également le mouvement et le stockage de l'eau et des nutriments dissous.

❖ **Densité:** La densité est le poids par unité de volume d'un objet. La densité particulière est la densité des particules minérales qui composent un sol, c'est à dire, qu'elle exclut l'espace poral et la matière organique. La densité particulière est d'environ 2,65 g/cm³. Une densité apparente élevée indique soit le compactage du sol soit une forte teneur en sable. Une

densité apparente plus faible en soi ne signifie pas nécessairement une meilleure aptitude à la croissance des plantes.

❖ **La perméabilité du sol:**Dépend de la structure du sol, c'est sa capacité à laisser passer l'eau vers les couches inférieures.

❖ **Capacité de rétention en eau :**Quantité d'eau retenue par le sol et soit utilisable par les plantes, soit liée à des particules solides par des forces physiques qui empêchent cette utilisation.

❖ **Le pouvoir absorbant :**Capacité à fixer des ions et à rendre ainsi plus aisé le passage de ces ions de l'humus aux racines des plantes, notamment par la création de complexes argilo-humiques, aussi appelés complexes absorbants, qui fixent des ions positifs apportés par les engrais. Leur présence dans le sol est un facteur essentiel de sa fertilité(FAO,2006).

I.5. La matière organique dans le sol

A la mort des végétaux et des animaux, les matières organiques s'accumulent le sol et y subissent des transformations physiques, chimiques et surtout biologiques. En effet, les organismes du sol (micro-organismes, invertébrés de la microfaune, de la mésofaune et de la macrofaune) utilisent les composés organiques comme ressource nutritive et font subir à celui-ci des transformations physiques (fragmentation) et biochimiques (minéralisation et humification) qui aboutissent à la création de matières organiques plus ou moins complexes. Les organismes vivants du sol et ces composés organiques transformés (débris végétaux grossiers, macromolécules simple....) constituent les matières organiques du sol. Cette fraction est en continuel renouvellement.

Les matières organiques n'ont pas le même temps de résidence dans le sol selon leur composition biochimique ; il peut durer d'un an à plusieurs années pour la fraction labile et jusqu'à des dizaines, voire des milliers d'années pour la fraction stable. En conditions normales d'aération, la majorité du carbone apporté au sol est labile (environ 75% des apports annuels) ; le reste se répartit dans trois compartiments de temps moyens de résidence : 4 ans, 40 ans et plus de 1000 ans.

La quantification de la cinétique de décomposition des matières organiques représente aujourd'hui un sujet de recherche important, car sa connaissance permet de mieux prévoir le devenir des matières organiques dans les sols(Laetitia C et *al.*, 2008).

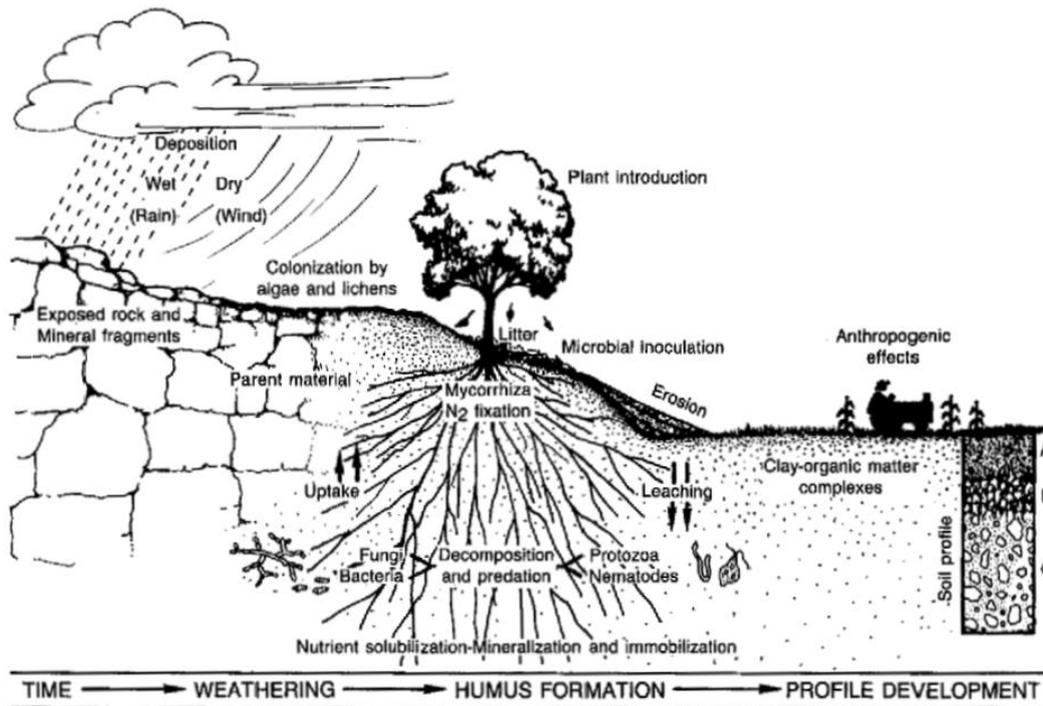


Figure 02 : Relation entre organismes, matière organique et roche mère dans le développement du sol (Paul and Clark, 1996).

I.5.1. Source de la matière organique

Par définition, La matière organique c'est la matière décomposée d'origine animale, végétale et bactérienne, des composés organiques issus de déchets et débris de l'environnement trouvé dans un sol ; Elle provient des plusieurs sources qui sont :

- a) Rotation des cultures.
- b) Fumier de ferme.
- c) Engrais verts.
- d) Engrais verts
- e) Composts.
- f) Tourbe de mousses.
- g) Matière résiduelles fertilisantes.
- h) Humus commercial.

a) Rotation des cultures

La rotation des cultures, système connu parfois sous le nom d'assolement, prévoit une succession méthodique de cultures sur un même sol afin d'éviter son épuisement et de lui permettre de se refaire. Essentiellement, ce système consiste à alterner une prairie, c'est-à-dire

la culture de plantes fourragères, de préférences des légumineuses pures ou en mélange, avec cultures en ligne (légume, maïs, soya).

Toutes les expériences maintes fois reprises dans divers pays ont démontré que la prairie dans la rotation restituait au sol la matière organique qu'il avait perdue lorsqu'il était en culture sarclée ou en jachère. L'une de ces expériences a révélé qu'un sol contenant au départ 3,25% de matière organique n'en avait plus que 2,25% après quelques années de cultures sarclées (maïs) répétées annuellement. Le même sol, soumis à une rotation maïs-blé-trèfle, montrait, après quelques années, une augmentation de près de 10% de la matière organique. Laissé en jachère pendant quelques années, ce sol ne contenait plus que 2% de matière organique dans sa couche labourée et moins de 1,5% dans la couche au-dessous. (Roger D; 2006).

b) Résidus de récolte

Les déchets de récolte, ou précédents culturaux, sont les résidus laissés en terre ou sur terre après la moisson : racines, parties inférieures des tiges, autres organes non récoltés de plantes sarclées et pailles des céréales.

Ces déchets ne peuvent régler seuls les problèmes de l'humus dans le sol. (Roger D; 2006).

c) Fumier de ferme

Un fumier de ferme de qualité ordinaire contient environ 75% d'eau, la fermentation ayant détruit environ 40% de la matière organique initiale. Un tel fumier humide contient environ 20% de matière organique, dont la moitié, soit 10%, produit de l'humus stable (K.I. de 0,5). Le meilleur fumier ont un K.I. de 0,4 à 0,5 et parfois davantage.

Connaissant ces chiffres, il est facile de calculer la quantité de fumier à épandre par hectare pour couvrir le déficit enregistré lors de la culture du maïs sans rotation. Pour combler les pertes de 0,85 t de d'humus par hectare, il faut appliquer annuellement 8,5 t de fumier par hectare. Il faut donc appliquer environ 25 t de fumier de qualité ordinaire par hectare pour entretenir le niveau d'humus dans ce sol sur période correspondant à la rotation (3 ans). (Roger D; 2006).

d) Engrais verts

Les engrais verts, tels le sarrasin et le seigle d'automne, rapportent aux sols environ 20% d'humus. Cet humus n'a cependant pas un caractère aussi stable que celui qui provient

des autres sources. Le coefficient isohumique varie de 0 à 0,05 ; enfouis à un stade jeune, les engrais verts ne produisent pas d'humus stable et leur meilleur rendement ne dépasse pas 0,05 ; Les pailles montrent coefficient isohumique de 0, 1.

En fait, les engrais verts jouent d'autres rôles bénéfiques : la protection de la structure des sols contre des dommages causés par le martèlement des pluies et la richesse ruissèlement des eaux, la préservation de la pollution de l'environnement par les pluies lessivantes, tout en restituant les éléments minéraux lors de leur décomposition. Cette dernière étant d'ailleurs facilitée par le rapport C/N faible, il ya une stimulation marqué de l'activité biologique dans le sol qui favorise la croissance de la culture ultérieure.

On emploie un grand nombre de plantes comme engrais verts ; elles appartiennent principalement à trois grandes familles botaniques : les crucifères, les graminées et les légumineuses. (Roger D; 2006).

e) Composts

Il y a deux aspects à considérer dans le compostage à la ferme : la valeur fertilisante du compost et son influence sur la teneur en humus une fois ajouté au sol.

Le compostage de résidus organiques au rapport C /N élevé est souhaitable parce que ce procédé augmente beaucoup la production d'humus stable sans provoquer une faim d'azote (immobilisation temporaire de l'azote du sol), une fois ajouté au sol. (Roger D; 2006).

f) Tourbe de mousses

La tourbe est constituée de substances humiques produites par la décomposition sur place de végétation, dans le cas de sphaignes, en milieu inondé. La tourbe est donc de la matière organique à l'état pur, qui se présente sous la forme d'une masse noire ou brune, très légère et à structure granuleuse, fibreuse ou feuilletée.

Il existe des tourbes de moindre qualité, qui contiennent des carex, des scirpes et des linaigrettes. Fibreuse, spongieuse et élastique, la tourbe de mousses possède d'autres propriétés physico-chimiques qui en font l'amendement par excellence.

En fin, la tourbe mousses absorbe des éléments nutritifs et améliore la capacité d'ions échangeables, notamment dans les sols légers pauvres en colloïdes(Roger D; 2006).

g) Matière résiduelles fertilisante

L'utilisation des matières résiduelles de fertilisants requiert un certificat d'autorisation du ministère de l'environnement, qui est délivré seulement si l'analyse du produit rencontre

les normes, qui sont très restrictives ; le certificat est accompagné de règles d'épandage du plan de valorisation sous la surveillance d'un agronome. A l'instar des fumiers, l'épandage des matières résiduelles fertilisantes doit se faire dans le respect de zones tampons que sont les zones d'interdiction. De plus, leur épandage après le 1er octobre n'est permis que pour celles à faible teneur en azote ammoniacal, teneur inférieure à celle des engrais de ferme (Roger D; 2006).

h) Humus commercial

Plusieurs fabricants offrent, généralement en sac de 20 ou 40Kg, un produit nommé humus commercial. Ce produit est parfois stérilisé ; il ne contient, par conséquent, ni germe de maladies ni graine de mauvaises n'herbes.

Il existe au moins deux catégories d'humus commercial, et il est important de choisir le bon selon l'usage qu'on se propose d'en faire(Roger D; 2006).

I.5.2.Le rôle de la matière organique

La matière organique remplit une multitude de fonctions inestimables qui sont toutes aussi indispensables les unes que les autres. Sans elle, aucune production n'est possible.

Elle influence la qualité des sols de trois façons différentes : un peu, à l'état frais ; moyennement, durant sa décomposition (de 2 à 3 ans) ; beaucoup, à l'état d'humus stabilité. C'est pourquoi, quand on parle du rôle que joue la matière organique, on sous-entend tout naturellement celui de l'humus.

La matière organique exerce son influence à la fois sur les propriétés physiques, chimiques et biologiques du sol(Roger D; 2006).

I.5.2.1. Influence sur les propriétés physiques du sol

L'humus peut améliorer la structure des. Ajoutée aux sols lourds, la matière organique prévient le tassement des particules en une masse solide, L'humus qui en résulte favorise la granulation de ces particules, rend les sols plus légers et plus poreux et permet ainsi aux racines d'explorer avantageusement le médium alors mieux aéré. Il rend donc les sols plus meubles et augmente leur perméabilité à l'air et à l'eau. En même temps, il est un régulateur de l'humidité du sol. Il maintient une meilleure réserve d'eau, Grâce à son pouvoir d'absorption élevé, et tend, du même coup, à réduire l'évaporation.

L'humus augmente la cohésion des agrégats du sol et diminue leur mouillabilité ; C'est donc un élément stabilisant de la structure, puisqu'il agit notamment contre son pire ennemi : l'eau.

Incorporé dans les sols légers, donc très ouverts, l'humus cimente entre elles les particules minérales grossières et donne du corps ou de la cohésion au sol. Les particules cimentées agissent comme une éponge en retenant la solution du sol. Cette structure est très fragile. En effet, faute d'argile, il n'y a pas de formation de complexe argilo-humique stable.

On peut laisser la matière organique grossière (résidus de culture) en surface ou l'incorporer uniformément dans les premiers centimètres du sol : Il évite sur tout de l'enfouir en une mince couche au fond du labour ; cela vaut aussi pour les fumières. Cette mauvaise pratique crée une zone mal aérée nuisible à la croissance des racines.

Les sols légers sont secs ; la propriété d'humus, qui peut retenir jusqu'à 15 fois son propre poids sec en eau, favorise dans ces sols la rétention d'un minimum essentiel d'eau, tout en réduisant les pertes d'élément fertilisant par lessivage. Aidée d'un paillis qui retarde l'installation des mauvaises herbes, cette rétention d'eau atténue les fluctuations rapides des températures du sol. Il est à noter que l'humus a une plus grande capacité à retenir l'eau et les éléments nutritifs que l'argile, d'où sa présence essentielle. (Roger D; 2006).

I.5.2.2. Influence sur les propriétés chimiques du sol

L'humus comme l'argile, peut fixer les cations indispensables, par son pouvoir d'adsorption, et les libérer pour alimenter les plantes en croissance, grâce au mécanisme de l'échange des ions. Il augmente, par conséquent, le pouvoir fixateur du sol et sa capacité d'échange des bases.

De plus, il s'oppose à la rétrogradation du phosphore et du potassium, C'est-à-dire au blocage de ces deux éléments dans le sol sous une forme non disponible pour les plantes, en les fixant à l'état de complexes organique, créant ainsi une réserve utilisable.

Étant donné que le sol ne contient pas d'azote, il ne peut en apporter aux plantes ; la matière organique constitue donc leur principale source, après les engrais chimiques en se minéralisant, la matière organique libère l'azote, que les plantes peuvent ensuite utiliser, ainsi que d'autres éléments en quantité non négligeable, tels le phosphore, le potassium, le soufre, etc.;

L'humus surtout dans les sols légers, retient à la disposition des plantes plusieurs éléments essentiels au développement des végétaux, dont les oligo-éléments. Il influence aussi la solubilité de certains minéraux notamment le phosphore, en plus d'enlever du milieu, par adsorption, une grande quantité d'éléments toxiques pour les plantes.

Le gaz carbonique (CO₂) dégradé lors de la fermentation de la matière organique se combine à l'eau du sol et se transforme en acide carbonique. Cet acide permet à la solution du sol de dissoudre les éléments contenus dans les particules minérales qui s'y trouvent le plus souvent augmentation de la teneur du gaz carbonique déclenche le processus de l'échange des ions sur le complexe argilo-humique, favorisant par le fait même l'assimilation de ces éléments.

Le surplus de gaz carbonique est diffusé dans l'atmosphère, et les plantes vertes l'utilisent comme source de carbone pour fabriquer des sucres.

Grâce à son pouvoir tampon, l'humus prévient en outre les variations subites et néfastes du degré d'acidité dans le sol (Roger D; 2006).

I.5.2.3. Influence sur les propriétés biologiques du sol

Seule la matière organique peut alimenter les micro-organismes qui, à leur tour, par leurs activités, produisent de l'humus sans lequel un sol devient mort, impropre à la croissance des plantes. Elle est le support de la vie du sol.

Elle entretient aussi la vie des microbes spécifiques de la minéralisation de l'humus. Enfin, Elle a d'autres fonctions à peine connues, telle son action sur le développement des végétaux comme facteurs de croissance ou comme substances rhizogènes exerçant une action stimulante sur les radicelles. (Roger D; 2006).

I.6. les principales sources de carbone

Définition du carbone organique du sol : (COS), principal élément (55 à 60%) de la matière organique du sol (MOS), a une importance cruciale pour le fonctionnement des sols. Un sol plus riche en matière organique a généralement une plus grande capacité à retenir l'eau et sera moins sujet à l'érosion.

Le carbone organique entre dans le sol essentiellement sous forme de débris végétaux et d'exsudats racinaires. Ces composés d'origine végétale sont biotransformés et minéralisés par les organismes du sol, principalement les micro-organismes (bactéries, champignons) libèrent des éléments nutritifs (azote, phosphore) indispensables à la croissance des plantes. La

matière organique du sol se compose donc essentiellement de biomasse vivante et morte, de débris végétaux en cours de décomposition et de composés d'origine microbienne.

Le carbone organique du sol a également un rôle important dans les régulations climatiques. En effet, les sols contiennent environ trois fois plus de carbone que l'atmosphère et toute variation des stocks de carbone organique des sols, à la hausse ou à la baisse, influe sur la concentration en CO₂ atmosphérique et donc sur le climat (Barré P., Cecillon L., 2019).

I.6.1. Le carbone de la matière organique endogène du sol

Comportement autochtones, renferme un groupe de biomasse du sol (champignons, bactéries, actinomycètes) ; les produits de pédofaune ainsi la biomasse et les exudats racinaires. C'est l'ensemble des composés organiques qui sont produits dans le sol. (Boughendjioua, 1998).

I.6.2. Les amendements organiques

I.6.2. Les amendements organiques

Les amendements servent à améliorer l'état physique, chimique et biologique du sol, en favorisant le maintien d'une bonne structure. Ils sont incorporés à la plantation et lors du travail du sol annuel, et sont parfois appelés à tort « engrais de fond ».

Les amendements organiques ont une origine végétale. Ils allègent les terres lourdes, donnent du corps aux terres légères et reconstituent le stock de matière organique du sol et l'humus du sol.

Par leur minéralisation progressive, ils permettent de nourrir durablement les végétaux, sans risque de lessivage, tout en assurant une meilleure circulation de l'air et de l'eau. En fait, ils "nourrissent" le sol avant de nourrir la plante, une fois la matière organique décomposée en substances minérales assimilables.

Les principaux amendements organiques sont les fumiers d'animaux d'élevage... et le compost. Ils peuvent être utilisés dans toutes les situations et sont incorporés à la terre à l'automne, ou pour le compost, en fin d'hiver. D'autres matériaux peuvent être employés : paille, écorces, composts de déchets verts, terreaux du commerce. Excellent amendement organique : incorporez du fumier en automne (Douard D., 2012).

I.6.3. Les formes de carbone dans le sol

Le carbone du sol peut être organique, c'est-à-dire un élément constitutif de la MOS, mais il peut aussi exister sous forme minérale (carbone inorganique). À l'échelle de la

planète, les réservoirs de carbone inorganique sont l'atmosphère (sous forme de CO₂), les océans (HCO₃⁻) et sous forme solide (sédiments et roches carbonatées).

Les carbonates ont une distribution dans le profil de sol qui diffère de celle de la matière organique. En effet, cette dernière est concentrée dans les premiers centimètres de sol alors que les carbonates sont, en général, distribués plus en profondeur.

Le stock de carbone inorganique au niveau mondial est approximativement 35 % du stock total de carbone terrestre (organique et inorganique). En effet, le carbone organique stocké dans les sols mondiaux est estimé à 2 000 - 2 500 Gt* (dont 27 à 36 % dans les zones sèches selon les estimations) alors que le carbone inorganique s'élève à 950 Gt (dont 97 % dans les zones sèches)(Bernoux M. et Chevallier T., 2013).

I.6.4. Dynamique du carbone dans le sol

L'évolution des stocks de carbone organique du sol dépend des entrées de carbone au sol et des sorties de carbone du sol. Outre les débris végétaux et les exsudats racinaires, les fertilisants ou amendements organiques (par exemple fumier ou compost) peuvent constituer une autre source d'entrées de matière organique significatives dans les agrosystèmes. Les sorties de carbone se font principalement via la respiration hétérotrophe des micro-organismes du sol (bactéries, champignons et archées). Dans certains écosystèmes, en premier lieu dans les écosystèmes en forte pente comme certains écosystèmes montagnards, les pertes de carbone organique du sol par érosion et lessivage sont également significatives.

Toutes les matières organiques ne sont pas décomposées à la même vitesse dans les sols. Elles ont même des temps de résidence très contrastés pouvant aller de l'heure à plusieurs millénaires. Ces différents temps de résidence dépendent du degré de « protection » de la matière organique vis-à-vis de la décomposition microbienne ainsi que des conditions environnementales, plus ou moins favorables à la décomposition microbienne des matières organiques.

Chapitre II

Les eaux d'irrigation

II.1. L'irrigation

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 (Fénelon P., 1941).

L'irrigation peut être complétée par le drainage (naturel ou artificiel), qui évacue les excès d'eau et limite le risque de concentration de sels dans les sols (salinisation) (Letolle R., 1996).

II.2. Les techniques d'irrigation

Les techniques d'irrigation agricole sont des méthodes pour apporter de l'eau aux cultures et sont classifiées en irrigation de surface, irrigation par aspersion et micro irrigation. Décider de sélectionner une technique d'irrigation ou de passer à une technique plus efficace est compliqué. D'un point de vue de la préservation de l'eau, le choix est simple, les économies en eau augmentent lorsque l'on passe de l'irrigation de surface à l'aspersion et de l'aspersion à la micro irrigation. Cependant, le succès d'une technique d'irrigation sera très dépendant du site, de facteurs de situation ainsi que du niveau de gestion utilisé. La technique d'irrigation existante doit être évaluée très précisément avant de passer à une autre technique (Barta R et al., 2015).

II.2.1. Les systèmes d'irrigation de surface

Les systèmes d'irrigation de surface sont classés dans l'ordre croissant de leur efficacité en :

- ✚ Irrigation par ruissellement
- ✚ Irrigation par planches
- ✚ Irrigation à la raie
- ✚ Irrigation par bassins

Les deux caractéristiques qui distinguent l'irrigation de surface des autres techniques d'irrigation sont que l'eau s'écoule librement sous l'action de la gravité et que les moyens sur le terrain de transport et de distribution sont la surface du champ (Walker., 1989).

II.2.2. L'irrigation par aspersion

L'irrigation par aspersion est un moyen polyvalent pour arroser n'importe quels types de cultures, de sols et de topographies (Schwab et al, 1993). Elle peut être efficace dans des

conditions de sols ou de topographies pour lesquelles les méthodes d'irrigation de surface ne le sont pas. En général les systèmes sont définis selon le type de déplacement des rampes sur lesquelles sont fixés différents types d'asperseurs. Les rampes sont fixes ou mobiles. Dans ce dernier cas elles sont déplacées manuellement ou mécaniquement. L'irrigation par aspersion a une efficacité élevée mais pose des problèmes dus aux exigences en main d'œuvre et aux coûts d'investissement (BartaR et al., 2015).

II.2.3. Les systèmes de micro-irrigation

La micro-irrigation est une technique d'irrigation apportant l'eau sur le sol lentement, avec une fréquence élevée, une pression de fonctionnement et des débits faibles et contrôlés (Schwab et al, 1993). Correctement conçue, une installation de micro-irrigation permet d'augmenter les rendements et de diminuer les besoins en eau, en fertilisants et en main-d'œuvre. La micro-irrigation comprend : les micro-asperseurs, la goutte à goutte et l'irrigation goutte à goutte enterrée (SDI) (BartaR et al., 2015).



Figure 03 :Schéma type d'un réseau d'irrigation en goutte à goutte (Douh Bet Boujelben A., 2011).

II.3. L'eau d'irrigation

L'eau utilisée pour l'agriculture provient de sources naturelles ou de sources alternatives.

Les sources naturelles incluent l'eau de pluie et l'eau de surface (des lacs et des fleuves). Ces ressources doivent être utilisées avec précaution. Les ressources d'eau de pluie dépendent des conditions atmosphériques du secteur. L'eau de surface est une ressource

limitée et exige normalement la construction de barrages et de réservoirs avec des incidences significatives sur l'environnement.

Les sources alternatives pour l'irrigation sont issues du recyclage de l'eau municipale usagée et de l'eau de drainage.

Cependant l'utilisation d'eau recyclée pour l'irrigation peut avoir quelques impacts défavorables pour la santé publique et pour l'environnement. Ceci dépendra de l'eau recyclée, des caractéristiques du sol, des conditions climatiques et de l'agronomie. Par conséquent, il est important que tous ces facteurs soient pris en considération dans la gestion de l'eau recyclée.

II.4. L'irrigation dans le monde

L'irrigation des cultures est, sans conteste, l'activité agricole qui utilise la plus grande quantité d'eau. Aujourd'hui, avec près de 20% de terres irriguées (310 millions d'ha) dans le monde (5% en Afrique et 35% en Asie), on produit près de 40% de l'alimentation mondiale.

Les surfaces irriguées dans le monde ont quasi doublé depuis 1960. 32% des prélèvements vont à l'agriculture en Europe contre 84% en Afrique et 88% au Moyen-Orient. C'est en Asie que l'on trouve plus des deux tiers des terres irriguées. La forte croissance démographique de ces territoires a justifié une intensification de la riziculture. Ainsi, les variations selon les régions du monde sont importantes, en raison du climat, du type de cultures, des techniques d'irrigation utilisées et du rendement des récoltes. L'irrigation va devenir de plus en plus indispensable dans l'agriculture pour répondre à l'augmentation des besoins alimentaires. En 2050, on estime que l'agriculture mondiale devra nourrir 9 milliards d'individus. L'irrigation jouera un rôle de plus en plus stratégique. Et inévitablement une utilisation intensive de l'eau pour l'agriculture fragilisera les disponibilités en eau. (FAO, 2012).

II.5. Importance de l'irrigation

II.5.1. Avantages

L'irrigation apporte aux plantes, non seulement l'eau dont elles ne disposent pas naturellement sous un climat sec, mais encore de l'oxygène, de l'azote sous forme de nitrate, et, selon la nature des terrains traversés, des limons riches en phosphore, en chaux, en magnésium, potasse, soude, oxyde de fer. Partout, l'irrigation entraîne la mort des insectes nuisibles et peuple le sol des bactéries fertilisantes.

Une source d'eau contrôlée

L'irrigation offre une stabilité de pluviométrie et une garantie pour les cultures de ne pas souffrir de stress hydrique suite aux potentielles sécheresses.

Une plus grande productivité

Il a été prouvé que la productivité sur les terres irriguées dépasse considérablement la productivité sur les terres non irriguées. Sur des cultures comme le maïs, par exemple, il est fréquent de constater un doublement du rendement (et certains légumes, comme la carotte, ne peuvent tout simplement pas pousser sans irrigation).

Une possibilité de culture multiple

Les cultures petites et multiples ne sont généralement pas envisageables. La mise en place d'un système d'irrigation offre la possibilité d'obtenir un bon rendement sur deux ou trois cultures par an dans la plupart des régions du pays. Cette alternative est donc idéale pour améliorer la production ainsi que la productivité agricole.

Une augmentation des surfaces cultivables

Aujourd'hui encore, une surface importante de terre reste incultivable. Si dans certains cas, ces terres sont incultivables pour des raisons « techniques », pour la plupart, il s'agit d'un manque d'eau. La mise à disposition d'installations d'irrigation peut rendre une grande partie de terres exploitables et augmenter les rendements.

Zoom sur les avantages indirects de l'irrigation agricole

La disponibilité d'un approvisionnement en eau régulier augmente significativement les revenus des agriculteurs, et l'investissement en vaut donc grandement le coût.

II.5.2. Inconvénients

Mais il fait irriguer au moment propice, quelques jours de retard ou d'avance suffisent à compromettre une récolte ; les irrigations trop prolongées appauvrissent le sol, le tassement et le rendent stérile, ou bien elles favorisent la remontée de sels nocifs à la surface du sol ; des eaux trop riches en chlorure et en sels de magnésium empoisonnent les plantes (Fenelon P, 1941).

II.6. Qualités des eaux d'irrigation

Cinq principaux critères pour évaluer la qualité de l'eau d'irrigation :

II.6.1. Salinité

Les principaux sels responsables de la salinité de l'eau sont les sels de calcium (Ca^{2+}), de magnésium (Mg^{2+}), de sodium (Na^+), les chlorures (Cl^-), les sulfates (SO_4^{2-}) et les bicarbonates (HCO_3^-). Une valeur élevée de la salinité signifie une grande quantité d'ions en solution, ce qui rend plus difficile l'absorption de l'eau et des éléments minéraux par la plante. Une salinité trop élevée peut causer des brûlures racinaires.

II.6.2. Sodium

Proportion relative des cations sodium (Na^+) par rapport aux autres ; Le problème principal avec une grande quantité de sodium est son effet sur la perméabilité du sol et sur l'infiltration de l'eau.

II.6.3. Alcalinité et la dureté

Concentration d'anions Carbonate (CO_3^{2-}) et bicarbonate (HCO_3^-) en relation avec la concentration en calcium (Ca^{2+}) et en magnésium (Mg^{2+}).

II.6.4. Concentration en éléments qui peuvent être toxiques

Certains éléments de l'eau d'irrigation peuvent être directement toxiques à la culture. Les éléments potentiellement dangereux de l'eau peuvent être inactivés par des réactions chimiques ou bien s'accumuler dans le sol jusqu'à atteindre des niveaux de toxicité pour les plantes. Le bore, le sodium et le chlore sont à surveiller.

II.6.5. pH de l'eau d'irrigation

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

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 plants flétrissent parce que les racines n'absorbent pas suffisamment d'eau pour remplacer celle perdue par évapotranspiration (Isabelle C, 2003).

II.7. Normes de qualité des eaux d'irrigations

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. De plus, vu la diminution des apports en eau constatée depuis plusieurs décennies, les agriculteurs, notamment dans les régions continentales, s'intéressent à l'utilisation des eaux usées. C'est ainsi que des 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.

II.8. L'eau dans le sol

L'eau est un constituant tout à fait particulier des sols. En effet, à la différence des autres constituants, elle peut se déplacer au sein de la couverture pédologique et la quantité présente en un point donné est susceptible de variations parfois importantes et rapides. En outre, les propriétés physico-chimiques de l'eau font que sa présence, ou son absence, influent significativement sur le comportement des sols.

L'eau joue ainsi un rôle fondamental sur l'évolution, les propriétés et le comportement des sols, notamment selon quatre modalités principales :

- ✚ Qu'elle soit liquide ou solide, l'eau est l'un des facteurs essentiels de l'altération des matériaux parentaux.
- ✚ Le déplacement de l'eau liquide dans la couverture pédologique modifie ponctuellement la composition de la terre, par apport ou départ d'éléments, dissous ou non.
- ✚ L'activité biologique a besoin d'eau pour se développer dans les sols.
- ✚ Les propriétés physiques des sols varient selon la quantité d'eau présente.

Inversement, les caractéristiques des sols influent sur les conditions de stockage et de circulation de l'eau dans la couverture pédologique.

L'étude des interactions entre l'eau et la couverture pédologique nécessite donc d'aborder l'influence de l'eau sur l'évolution et les comportements des sols ; d'autre part, il

n'est pas possible à ce niveau de négliger le volet particulier des relations sol-eau- plante, tant il est vital pour l'humanité. Ainsi, à côté des effets physico-chimiques de l'eau sur les propriétés des sols seront abordées ici les conditions de déplacements de l'eau dans la couverture pédologique et la capacité des sols à retenir l'eau, notamment la fraction disponible pour les végétaux, en particulier les végétaux cultivés.

II.8.1. Localisation de l'eau par rapport aux particules solides

L'eau est localisée dans la porosité des sols, mais son comportement est influencé par la taille des pores où elle se trouve. Comme, par ailleurs, le nombre et la distribution en taille des pores remplis d'eau varient selon la quantité d'eau présente à un instant donné, cela signifie que le comportement de l'eau dans un sol varie en fonction de la quantité d'eau présente.

Les molécules d'eau situées sur la surface des particules solides sont retenues très fortement ; d'autres, plus éloignées, ne le seront pas suffisamment pour que cette rétention l'emporte sur la gravité. Elles percolent donc dans le sol. On peut ainsi distinguer plusieurs réservoirs occupés par l'eau dans les sols.

L'eau pelliculaire : correspond à une très faible quantité retenue très fortement à la surface des particules.

L'eau capillaire : est liée par des forces d'adsorption moins intenses que les précédentes et par des forces de capillarité retenant l'eau entre des particules solides. Cette eau est susceptible de se déplacer dans les sols selon des gradients énergétiques et de participer à l'alimentation hydrique des plantes ou des organismes vivant dans les sols.

L'eau gravitaire : est suffisamment faiblement liée aux particules minérales pour être entraînée plus en profondeur sous l'effet de la pesanteur. Cette eau est très facilement disponible pour les organismes vivants.

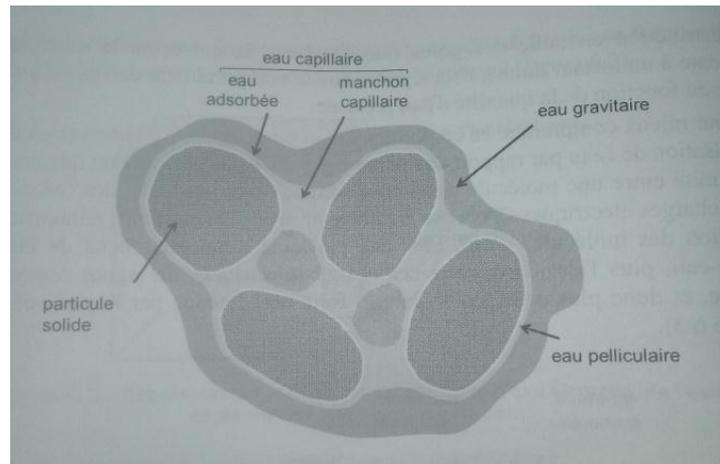


Figure 04 : Les différents états de l'eau dans le sol (Michel-Claude Girardet *al*, 2011).

II.8.2. Rôle de l'eau dans le sol

Le rôle de l'eau dans les sols, tout à fait particulier en comparaison de celui des autres constituants, est essentiel, autant vis-à-vis des propriétés et des comportements des sols que pour son incidence sur l'évolution de la couverture pédologique.

Mais c'est surtout son rôle dans les phénomènes liés à la vie, en particulier aux activités humaines, qui lui donne une importance capitale. C'est donc très largement à l'aune de la présence, de la qualité et du comportement de l'eau qu'ils contiennent que l'aptitude des sols à satisfaire les différents besoins des sociétés humaines peut être évaluée (Michel-Claude Girard, et *al*, 2011).

II.8.3. Humidité du sol

L'humidité du sol est une mesure importante pour la détermination du potentiel de production d'une culture aux pays souvent menacés de sécheresse. Elle est aussi importante dans la modélisation des bassins de drainage où l'humidité dans le sol reflète la quantité d'eau présente dans les deux premiers mètres du sol. Cette humidité est toutefois susceptible de s'évaporer dans l'atmosphère.

L'humidité du sol est un terme qu'il convient de définir. La quantité d'eau contenue entre les particules du sol dans la zone non saturée des surfaces continentales est appelée l'humidité du sol. Une autre définition, la plus commune, est le rapport entre le volume total d'eau présent dans la zone non saturée du sol et le volume total de sol. En général, l'humidité du sol s'exprime en unités gravimétriques (g/cm^3) ou unités volumétriques (m^3/m^3) ou (% vol.). (Tran Xuan T, 2010).

II.8.4.L'eau de gravité

L'eau de gravité : c'est une eau qui occupe temporairement les pores les plus gros du sol et eau qui est drainée à travers un sol par action gravitationnelle et qui est facilement disponible pour les plantes et les autres organismes habitant le sol, C'est celle qui obéit uniquement à la pesanteur, s'écoule dans le sol et peut être extraite par des techniques simples. Elle transmet la pression hydrostatique, et sous l'action de différences de pression, elle peut circuler librement. (LarealP., 1975).

II.8.5. L'eau utilisable par la plante

Seule une partie de l'eau contenue dans le sol est facilement exploitée par les plantes. Le stock d'eau du sol utilisable par les plantes est communément appelé réserve utile en eau (RU). Et seule une partie de ce stock, appelée RFU (réserve facilement utilisable), est accessible aux cultures sans qu'elles soient en stress hydrique. Explications sur ces paramètres à connaître pour optimiser la gestion de l'irrigation.

Afin de mieux comprendre le fonctionnement hydrique des sols, il faut rappeler deux notions :

✚ L'eau contenue dans le sol est retenue par une force de succion (ou tension) de plus en plus forte au fur et à mesure que le sol se dessèche sous l'effet de l'évaporation et/ou de l'absorption par les racines des plantes. Cette tension passe ainsi progressivement de 0,1 bar quand le sol est ressuyé à environ 16 bars quand il ne reste plus d'eau extractible par les racines (RU complètement épuisée).

✚ La facilité d'extraction de l'eau du sol par les plantes dépend de cette tension et au-delà d'une force de 1 à 5 bars selon le type de sol et sa profondeur, l'espèce cultivée et le climat, l'extraction d'eau est plus difficile et devient limitante pour la transpiration (Sophie G., 2019).

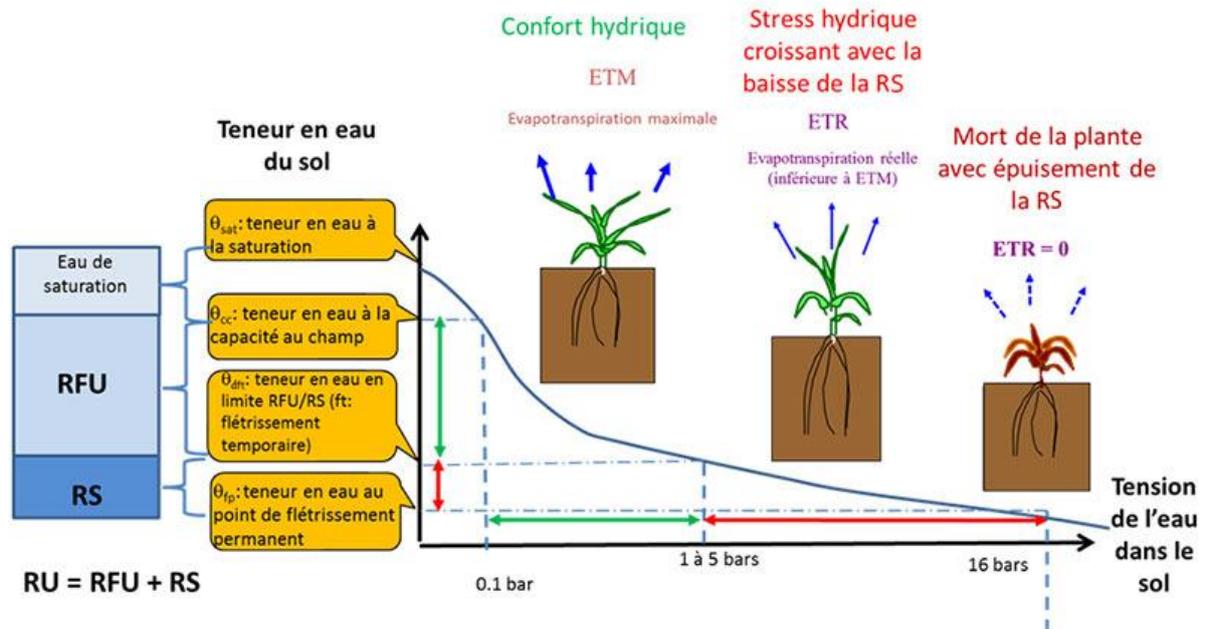


Figure 05 : Relations entre la teneur en eau du sol, la tension de l'eau dans le sol et le statut hydrique d'une culture (Gendre S., 2019).

II.8.6. L'eau hygroscopique

L'eau hygroscopique est l'eau qui est piégée à la surface des pores. En général, les molécules ou les cristaux qui constituent des éléments minéraux des matériaux sont constitués d'un assemblage d'atomes qui sont rarement neutres électriquement et l'eau dont la molécule est composée de deux éléments susceptibles d'être attractifs par les deux types de charge + et - ($H_2O = H^+ + HO^-$) est souvent capturée sur la paroi des pores sous forme de molécules de taille infiniment petite.

Cette eau peut être déplacée par des processus physiques (gravité, pression atmosphérique, évaporation à l'air libre ni non plus pression osmotique liée aux poils absorbants des racines des plantes). Elle n'intervient pas du tout dans les bilans et les transferts d'eau que l'on envisage à l'échelle d'un versant et qui seraient susceptibles d'alimenter plus ou moins directement un cours d'eau (Pierre P., 1998).

Deuxième Partie

Matériel & Méthodes

I. Objectif du travail

L'objectif général de ce travail est d'étudier l'impact des eaux d'irrigation sur le stock de carbone organique du sol dans la région de KsarChellala qui est connue par ses sols steppiques.

Cette étude ne pourra être construite qu'à partir d'une surveillance d'évolution de taux du carbone organique dans le sol steppique au cours du temps avant et après irrigation, avec des indicateurs objectifs (les analyses physico-chimiques) choisis comme les plus importants, les plus faciles à observer et à mesurer (Recommandation de Gissol, 2005).

II. Présentation de la zone d'étude

II.1. Localisation géographique

La Daïra de Ksar Chellala est une commune algérienne de la wilaya de Tiaret. Elle est située à 116 km à l'Est de Tiaret et à 260 km au Sud d'Alger dans les Hauts-plateaux. Elle fait partie de la région de l'Oued Touil (wilaya de Tiaret) chef-lieu de wilaya.

Ksar chellala a une superficie de 134,29 Km² avec une densité populaire de 428/Km². (Sarri F, 2002).

Cette Daïra est limitée administrativement :

- Au Nord et à l'ouest par la wilaya de Djelfa.
- A l'Est par la commune de Rechaigua.
- Au sud par la commune de Faidja.

Ces coordonnées géographiques (Terchoune M, 2015)

- ✚ Longitude 2° 19' (W)
- ✚ Latitude 35° 10' (N)
- ✚ Altitude 800 m

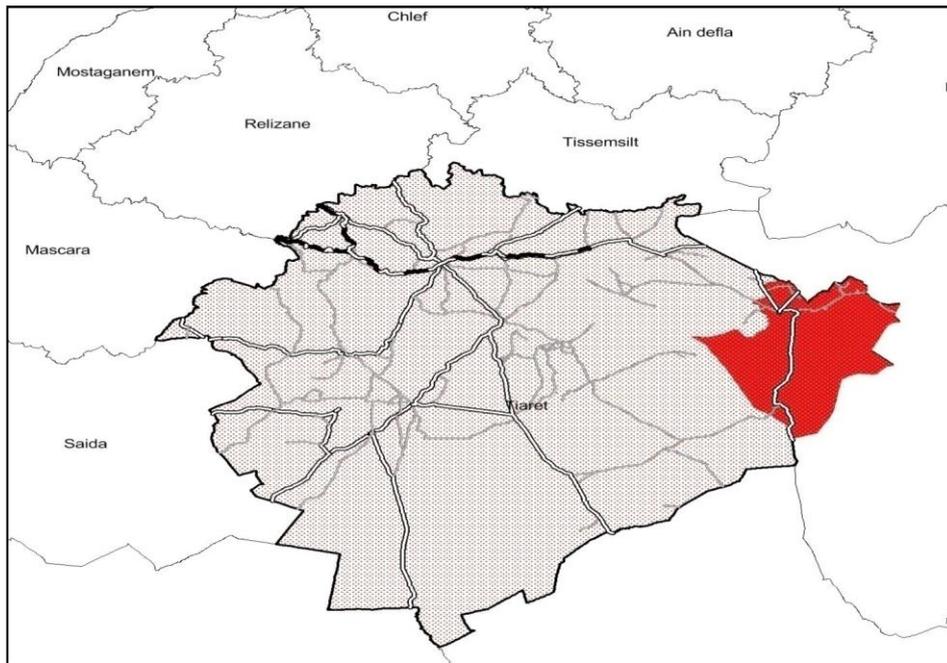


Figure 06 : Situation géographique de la région de Ksar Chellala – wilaya de Tiaret. Echelle : 1/50000 (INSID., 2008).

II.2. Le sol

Le sol comme un élément principal de l'environnement qui règle la répartition de la végétation. Il se développe en fonction de la nature de la roche-mère, la topographie et les caractéristiques du climat (Ozenda, 1954).

Pour l'irrigation, le sol est plus simplement la partie meuble de la surface de l'écorce terrestre susceptible d'être irriguée et de produire des récoltes ; c'est donc un milieu de culture. Ceci implique que cette surface est plane et aussi horizontale que possible. (Durand J-H., 1958).

Duchaufour, (1977) souligne que le sol est une réserve de substances nutritives et un milieu stable pour l'activité biologique. Le sol des régions méditerranéennes est souvent exposé aux phénomènes de dégradation, qui sont le résultat fréquent de pratiques très anciennes. Les principaux facteurs responsables de ces interactions sont l'homme et le climat.

La nature et les propriétés générales d'un sol sont définies par plusieurs caractères fondamentaux ; d'ordre physique, chimique et biologique. Toute étude pédologique approfondie nécessite un ensemble d'analyses détaillées au laboratoire.

C'est dans ce contexte et pour augmenter le corpus des informations dans ce domaine que notre travail a été entrepris. Les analyses (physico-chimiques) ont été ciblées.

II.3.Synthèse climatique

Pour identifier le climat de la zone d'étude, nous nous sommes référés aux données climatiques fournies par la station météorologiques la plus proche au site de la commune de Ksar Challala de la wilaya de Tiaret.

Le climat en région steppique est un facteur déterminant en raison de son importance dans l'établissement, l'organisation et le maintien des écosystèmes.

La zone d'étude est rapportée à l'étage climatique semi-aride, jouissant d'un climat pré-continental. Deux périodes principales caractérisent cette région, une période pluvieuse et sombre pendant les mois d'automne, d'hiver et de printemps précoce et une autre sèche et torride en été. L'hiver est assez froid. Le minima absolu de la température descend jusqu'à -1°C . L'été est habituellement sec et chaud. Le maxima absolu de la température de l'air est égale à $+40^{\circ}\text{C}$. (Tarchoune M, 2015).

❖ **Température:**

La température est considérée comme le facteur climatique le plus important. C'est celui qu'il faut examiner en tout premier lieu par son action écologique sur les êtres vivants.

Elle joue un rôle majeur dans la détermination du climat régional à partir des valeurs des moyennes annuelles « T » et mensuelles et les valeurs moyennes des minima du mois le plus froid « m » et des maxima du mois le plus chaud « M » ainsi que l'amplitude thermique.

❖ **Précipitation :**

Le variable d'une pluviosité est un facteur primordial dans le conditionnement de la nature. Elle agit directement sur le sol et la végétation, elle favorise son maintien et son développement. Elle dépend toujours de l'altitude et elle est excessivement variable d'une année à l'autre.

La pluviométrie moyenne annuelle est généralement faible de Ksar Challala reçoit des précipitations évaluées entre 115 et 370 mm en moyenne par an. Les mois le plus arrosée sont janvier, février, mars (le printemps en générale), mais les mois les plus pluvieux sont septembre octobre (l'automne le plus pluvieux).

II.3.1. Diagramme pluviométrique

On se base sur les données des précipitations et des températures mensuelles sur la même période d'observation, On peut établir le diagramme pluviométrique dont le but est de déterminer les saisons sèche et celle humide de la région étudiée.

Le mois sec est lorsque le rapport précipitation (P) sur température (T) est inférieure à 2 ($P/T < 2$). Sur la base de l'équation $P = 2T$, nous avons réalisé le diagramme ombrothermique de la région de Ksar Chellala.

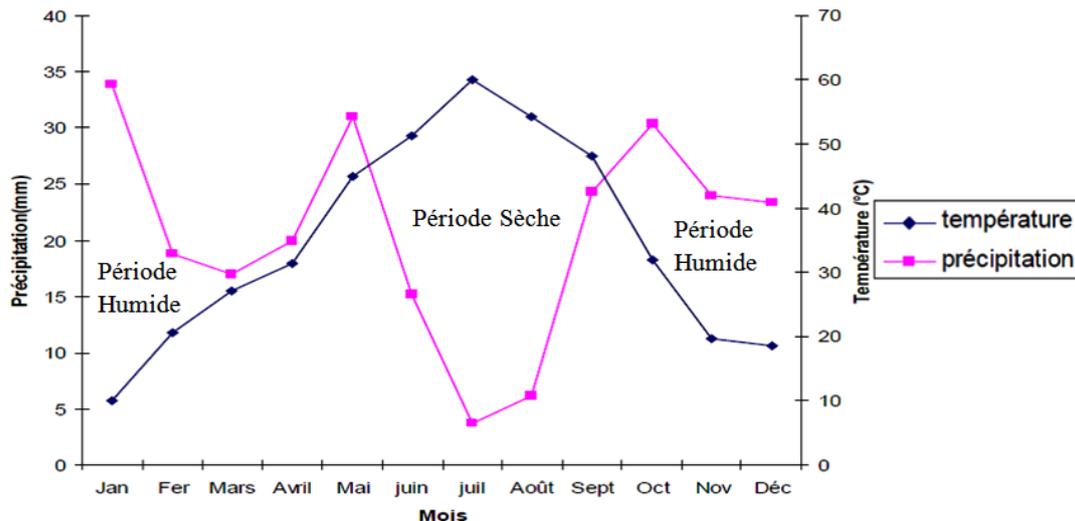


Figure 07 : Diagramme Ombrothermique de Bagnoulset Gausson de la région de Ksar Chellala (2003-2015).

Selon le diagramme ombrothermique de gausson la saison sèche (l'intersection entre courbe de précipitation et celle de température) commence en mois mai et se termine le mois de septembre. La saison humide s'étale de septembre à mars.

II.3.2. Quotient pluviométrique d'Emberger

Le quotient pluviométrique d'Emberger spécifique au climat méditerranéen représente un rapport entre les précipitations et les températures moyennes annuelles. Il permet une classification bioclimatique des milieux (Soltner, 1984). Il est déterminé par la formule suivante : $Q = 3.43 \times P/(M-m)$ où :

- Q : quotient pluviométrique en mm/°C,
- 3.43 : constante relative à la région : Algérie – Maroc.
- M : température maximale du mois le plus chaud en °C.
- m : température minimale du mois le plus froid en °C.
- P : pluviométrie moyenne annuelle en mm.

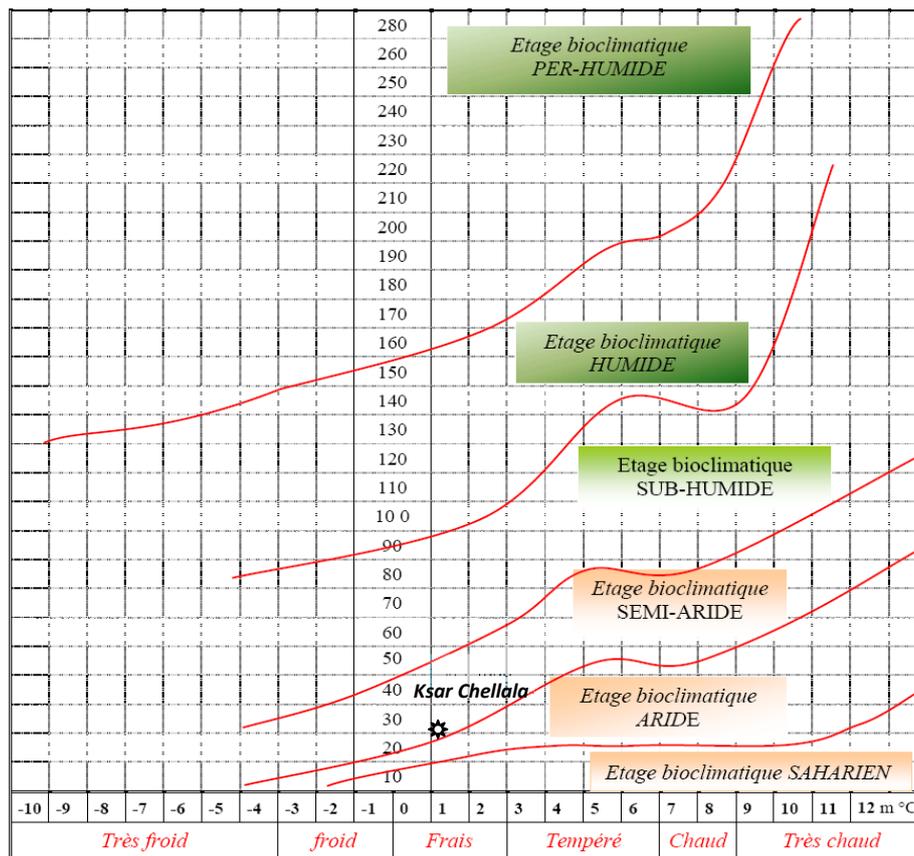


Figure 08 : Quotient pluviométrique d'Emberger de la région de Ksar Chellala.

Après avoir reporté la valeur du quotient pluviométrique d'Emberger sur le climatogramme, nous avons conclu que la zone d'étude appartient à l'étage bioclimatique Semi-aride à hiver frais (figure 08).

III.Échantillonnage

Les échantillons prélevés et qui ont fait l'objet de nos analyses proviennent du périmètre situé à la région de ksar Chellala.

III.1. Techniques d'échantillonnage du sol

Nous avons pris deux échantillons du sol de chaque station (sol irrigué et sol non irrigué) au niveau de la rhizosphère (30cm), qui présente une interface essentielle entre la plante et le sol. De l'exploitation du chergui Molay Ksar Chellala qui s'éloigne de l'Inside par (5Km).

- ❖ Les coordonnées géographiques de chaque prélèvement sont :
- ❖ Prélèvement 1 : Sol cultivée irrigué à (11:45h) : N 35° 15' 18,1" / E 02° 17' 42,4"
- ❖ Prélèvement 2 : Sol cultivée non irrigué à (12:01h) : N 35° 15' 18,3" / E 02° 17' 39"

Matériel utilisé :

Les échantillons ont été prélevés selon un protocole d'échantillonnage aléatoire ;

✚ La tarière à main (encore appelée sonde) : ces outils permettent d'obtenir les prélèvements élémentaire le plus petit possible, compatible avec la nature du sol et la représentativité du prélèvement.

✚ Sacs solide, Marqueurs (pour écriture sur sac), Etiquettes.

✚ Appareil photo, GPS « système de positionnement géographique » (Garmin en USA), pour déterminer les coordonnées des points prélevés.

Les échantillons sont mis dans des sachets en plastique numérotés, avec la date et la localisation, ensuite ils sont ramenés au laboratoire de l'Institut National des Sols, de l'Irrigation et de Drainage (INSID Ksar Chellala-Tiaret) pour effectuer les analyses.

❖ Séchage

Après les prélèvements, les sols ont été mis à sécher dans une température ambiante (moyenne de 20°C) et cela pendant 4 jours.

❖ Séparation des éléments

Une fois séchés, les échantillons sont passés au tamis à mailles de 2 mm de diamètre, on sépare ainsi la terre fine ($\varphi < 2\text{mm}$) des éléments grossiers ($\varphi > 2\text{mm}$). Ces éléments grossiers sont exclus de l'analyse. Seule la terre fine qui doit être analysée car la notion de texture concerne plus particulièrement cette fraction.

IV. Analyses physico-chimiques de sol**I.V.1. Analyses granulométrique du sol**

L'analyse granulométrique a pour but de quantifier pondéralement en pourcentage les particules du sol (sables, limons et argiles) afin de définir la texture du sol.

Elle permet de classer les particules minérales constitutives agrégats en un certain nombre de fraction par catégorie de diamètre (on suppose que ces particules minérales sont sphériques).

Les propriétés physiques d'un sol sont liées à leur texture et à leur structure, ces dernières influencent sur la perméabilité, le lessivage et la résistance à l'érosion.

Les principales classes granulométriques d'éléments grossiers sont :

- ✚ Blocs : $Q > 20\text{cm}$
- ✚ Cailloux : $2 > Q > 20\text{cm}$
- ✚ Gravier : $2\text{cm} > Q > 2\text{mm}$

La terre fine ou éléments fins sont inférieurs à 2mm de diamètre. Ces particules sont groupées comme suit :

- ✚ Sables grossiers (SG) : $2\text{mm} > Q > 200\mu$.
- ✚ Sables fins (SF) : $200\mu > Q > 50\mu$.
- ✚ Limons grossiers (LG) : $50\mu > Q > 20\mu$.
- ✚ Limons fins (LF) : $20\mu > Q > 2\mu$.
- ✚ Fraction argileuse (FA) : $Q < 2\mu$.

La méthode utilisée est celle de Casagrande, (1934) basée sur la vitesse de sédimentation des particules dont la vitesse de chute est régie par la loi de stocks.

En utilisant la méthode internationale, la pipette de ROBINSON, pour la fraction inférieure à 0.02mm (argile, limons).

Les résultats des analyses granulométriquement peuvent être exprimés par des représentations graphiques ou des indices statistiques. Dans les graphiques granulométriques le diagramme triangulaire permet de représenter dans un triangle équilatéral les teneurs en trois éléments principaux (Argile, Limon et Sable) correspondant aux trois coordonnées.

Principe de la méthode:

On prend un échantillon de terre séchée à l'air, broyée et tamisée à 2mm. On détruit la matière organique qui joue le rôle de ciment entre les agrégats.

Dans le cas de sol calcaire, ont éliminé avec une solution d'acide chlorhydrique avant la destruction de la matière organique, si le calcaire ne joue pas le rôle important dans la texture, l'échantillon est agitée avec une solution hexamétaphosphate de sodium.

Dans une allonge pleine d'eau, la sédimentation des particules qui tombent avec des vitesses constantes d'autant plus grandes qu'elles sont plus grosses (loi de Stokes). On évalue la teneur de chacune des fractions qui désignées au-dessus, par rapport au poids de terre fine séché à 105°C.

Réactifs:

- ✚ Eau oxygénée (10%).
- ✚ Hexamétaphosphate de sodium (50g/l).
- ✚ Ammoniaque pur.
- ✚ Acide chlorhydrique pur (pour le sol calcaire).

IV.2. L'humidité

C'est la quantité d'eau contenue dans un sol. Elle est mesurée par rapport à la quantité de terre sèche contenue dans un sol. Elle est exprimée en pourcentage.

- ✚ Peser dans une capsule en verre 10 g de terre broyée et tamisé à 0.2mm.
- ✚ Porter la capsule avec l'échantillon à l'étuve (105°C) pendant 24heures.
- ✚ Peser la capsule avec l'échantillon.

Le pourcentage de l'humidité se déduit des pesées suivantes :

- ✚ Capsule vide : P
- ✚ Capsule + terre sécher à l'air : P1.
- ✚ Capsule + terre sécher à 1105°C : P2.

$$(\%) H = (P1 - P2).100/ (P - P1)$$

IV.3. Le pH

Le principe consiste à mesurer la force électromotrice d'une solution aqueuse du sol à l'aide d'un pH-mètre. La mesure du pH sert à déterminer la basicité, l'acidité ou la neutralité d'un sol. Il s'exprime selon une échelle de 0 à 14. Les valeurs faibles indiquent une acidité, les valeurs supérieures à 7 correspondent à un caractère basique.

pH (sol - eaudistillée) :

- Peser 20g de sol broyée et tamisée à 2mm dans un bécher de 100ml.
- Ajouter 50ml d'eau distillée.
- Agiter pendant quelques minutes à l'aide de l'agitateur magnétique.
- Après l'étalonnage de pH mètre (par les solutions tampon) introduire avec précaution l'électrode de verre dans la suspension (l'échantillon).
- Lire le pH quand l'aiguille est stabilisée.

IV.4. La conductivité électrique

La mesure de la conductivité permet d'obtenir rapidement une estimation de la teneur globale en sels dissous. On détermine la conductivité sur une solution d'extraction aqueuse (rapport sol/eau est égale à 1/5) exprimée en millisiemens par centimètre (mS/cm) à l'aide d'un conductivimètre.

L'estimation de la teneur globale en sels dissous a été faite à l'aide de l'échelle de salure des sols suivante :



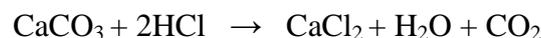
▪ Mesure de la conductivité

- Peser 10g de terre broyer et tamisée à 2mm dans un bécher de 100 ml et ajouter 50 ml d'eau distillée.
- Agiter pendant quelques minutes dans l'agitateur magnétique.
- Laisser en repos une demi-heure.
- Mesure la conductivité en notant la température.

IV.5. Le calcaire

IV.5.1. Le calcaire total

Le dosage du calcaire total contenu dans un échantillon de sol est déterminé par le calcimètre de BERNARD, Il est fondé sur la réaction caractéristique du carbonate de calcium (CaCO_3) au contact de l'acide sulfurique (HCl).



Il s'agit de comparer le volume de CO_2 dégagé par le contact d' HCl avec un poids précis de sol avec celui dégagé par le contact d' HCl avec CaCO_3 pur et sec en qualité connue, les conditions de température et de pression restant inchangées.

$$\text{Calcul (\% CaCO}_3) = \frac{P_T \cdot V_1}{V \cdot P}$$

Ou :

P_T : poids de CaCO_3 pur.

P : poids de sol.

V_1 : volume de CO_2 produit par le sol.

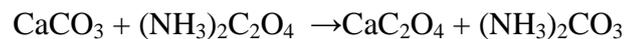
V : volume de CO_2 produit par le CaCO_3 pur.

Si la teneur en CaCO_3 supérieur ou égale à 5% il sera nécessaire d'étudier le calcaire actif.

II.5.2. Le calcaire actif

Le calcaire actif est une partie de calcaire totale qui se dans le sol à des dimensions très fines.

Pour doser le calcaire actif, ont exploité la propriété du calcaire à se combiner aux oxalates d'ammonium par précipiter sous forme d'oxalate de calcium.



L'oxalate précipité est élémi né par la filtration, l'oxalate en excès est dosé par permanganate de potassium.

Réactif

- ✚ Oxalate d'ammonium : (0.2N).
- ✚ Permanganate de potassium : (0.1N).
- ✚ Acide sulfurique pur.

Mode opératoire

- ✚ Peser 10g de sol broyé et tamisé à 2mm.
- ✚ Ajouter 250ml oxalate d'ammonium (0.2N).
- ✚ Agiter pendant deux heures dans l'agitateur mécanique.
- ✚ Filtrer en écartant les premiers millilitres du filtrat.
- ✚ Prélever 20ml de filtrat.
- ✚ Verser 5ml de l'acide sulfurique pur, et chauffer à une température de 60°C.
- ✚ Titrer par le permanganate de potassium (0.1N) jusqu'à coloration rose.

Soit n : le volume de permanganate de potassium obtenus.

- ✚ De la même façon titrer 20ml d'oxalate d'ammonium (témoin).

Soit N : le volume de permanganate de potassium obtenu.

Calcul :

$$(\%) \text{CA} = (N - n) \cdot 1.25$$

Ou :

CA : le calcaire actif.

IV.6. La matière organique

La détermination organique : de la teneur en matière organique a été obtenue par le dosage du carbone.

Le taux de la matière (%) **MO** = **1.72 x C**

Ou :

MO :Matière organique.

C :Carbone organique.

IV.6.1. Le carbone organique

Méthodes d'ANNE

Réactif

- Dichromate de potassium (08%).
- Acide sulfurique pur.
- Sel de Mohr (0.25N)
- Diphénylamine (0.5%).
- Acide phosphorique pur (H_3PO_4).

Mode opératoire :

- ✚ Peser 1g de sol broyé et tamisée à 0.2mm dans un erlenmeyer de 500ml.
- ✚ Ajuster 10ml de Dichromate de potassium.
- ✚ En suite ajouter rapidement 20ml d'acide sulfurique et agiter bien.
- ✚ Laisser reposer pendant 30min.
- ✚ Ajouter 200ml d'eau distillé.
- ✚ Prélever 20ml et introduire dans un erlenmeyer de 250ml, dilué à 150ml.
- ✚ Ajouter 1ml de H_3PO_4 et 3 gouttes de diphénylamine.
- ✚ Titrer en agitant avec la solution de sel de Mohr (0.2N), la couleur obtiennent bleu vert.

Soit : (N : le nombre de millilitre de sel de Mohr versés).

- ✚ Procéder à un témoin en remplaçant la terre par 1g de sable calciné (en trois répétitions).

Soit : (n : le nombre de millilitre de sel de Mohr versés)

Calcul : (%) **C** = $0.9975 \times t (N - n)$

Troisième Partie

Résultats & Discussion

I. Résultats des analyses physico-chimiques

I.1. Analyses granulométrique

Tableau 02: Résultats des analyses granulométriques.

Echantillon	Granulométrie			Texture
	Argile %	Limons %	Sable %	
Sol irrigué	40,33	35,94	23,73	Argileuse
Sol non irrigué	20,72	39,61	39,66	Limoneuse

D'après le tableau 02, on remarque que la fraction dominante dans le premier prélèvement (sol irrigué) est la fraction argileuse (40,33%), d'autre part le deuxième prélèvement (sol non irrigué) est dominé par les limons (39,66%). Donc le sol irrigué est de texture argileuse quia une grande capacité de rétention d'eau, mais la plus grande partie de cette eau est étroitement liée et n'est pas disponible par les végétaux.

Par contre le sol non irrigué est de texture limoneuse qui est souvent sec, pauvre en substances nutritives et très drainant. Il est peu apte à transporter l'eau jusqu'aux couches profondes par capillarités.

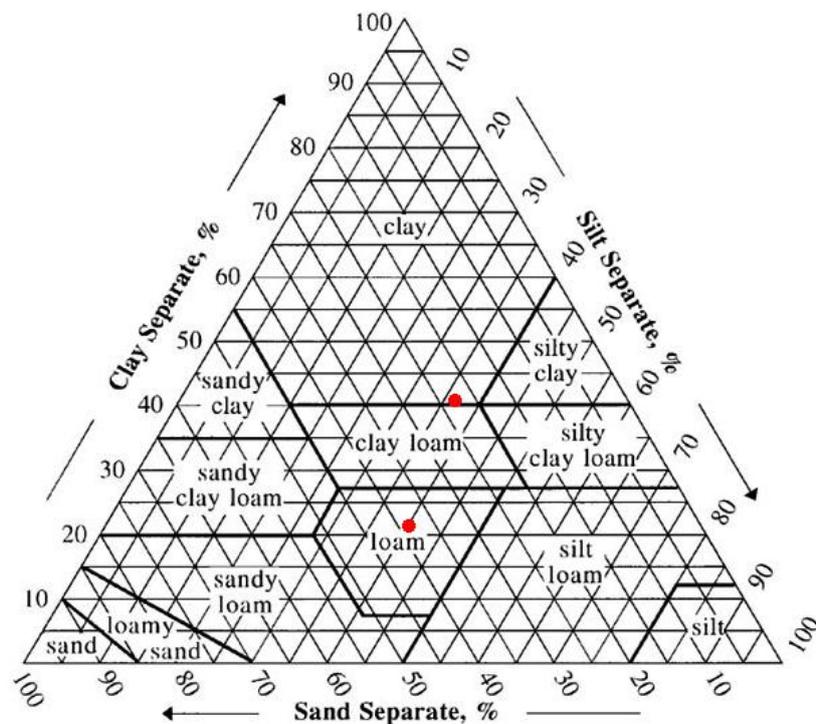


Figure 09 : Texture du sol étudié selon le triangle textural.

Les résultats des analyses physico-chimiques obtenus sur deux échantillons de sol sont présentés dans le tableau 03.

Tableau 03 : 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	1,82	8,72	500	483	0,32	0,55	23,33	6,75
Sol non irrigué	0,91	8,43	797	770	0,24	0,42	20,42	6,00

I.2. Humidité (%)

L'humidité du sol permet de préserver la vie de la faune du sol, d'améliorer la germination et la croissance des végétaux. Le suivi de l'humidité du sol est donc déterminant en agronomie et améliore les décisions d'irrigation. Apporter seulement l'eau nécessaire à la plante au bon moment, des rendements optimaux des cultures, une meilleure qualité des récoltes, une résistance des plantes aux maladies, une plus grande valorisation de l'eau et une diminution du coût de l'irrigation (Isabelle B., 2003).

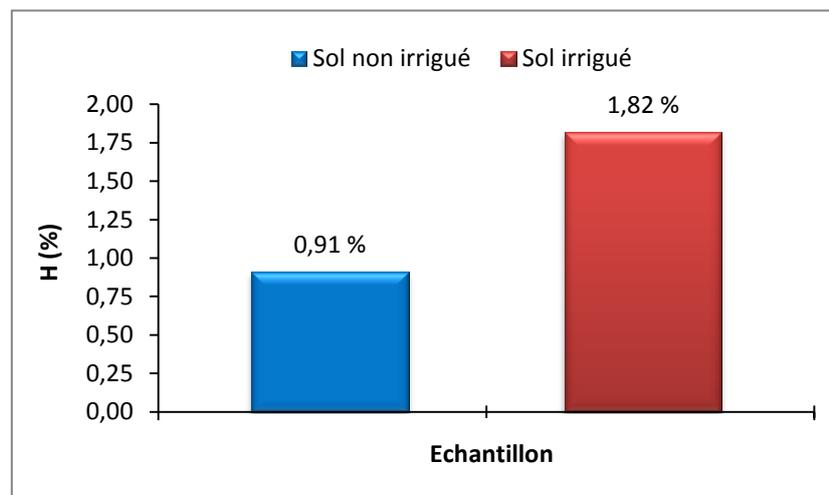


Figure 10 : Variation de l'humidité des sols étudiés.

D'après les résultats présentés dans la figure 10, nous remarquons qu'un taux d'humidité 1.82% pour le sol irrigué, alors qu'il est faible pour le sol non irrigué 0.91%. Cette teneur en eau dans le sol irrigué peut s'expliquer par la présence des eaux d'irrigation et la fraction argileuse qui influe sur la capacité de rétention du sol par la présence de la matière organique dans le sol.

I.3. Le pH

D'après (Thomas L, 2016): Le pH de l'eau est un indicateur incontournable, exprime l'acidité d'un sol ; Un sol dit « acide » ne permet pas aux engrais une efficacité optimale. Il en sera de même pour un sol trop « basique », comme par exemple pour la disponibilité de certains oligo-éléments (Bore, Manganèse, ...).

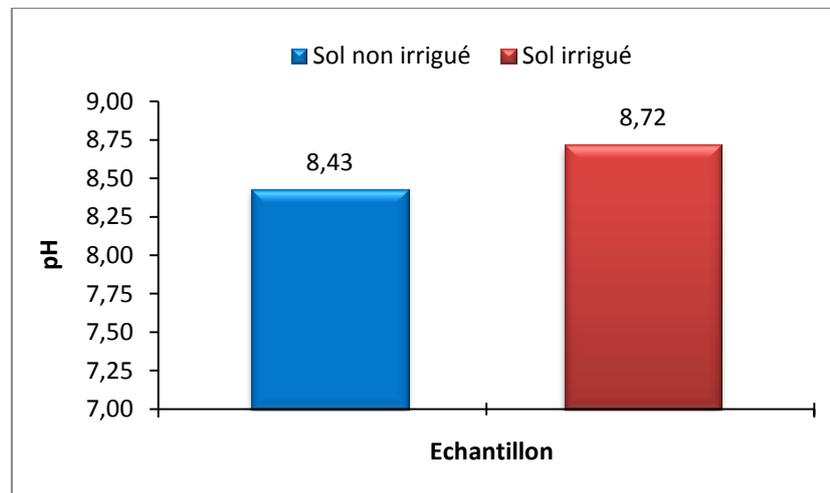


Figure 11 : Variation du pH des sols étudiés.

Dans la figure 11 on remarque que la teneur de pH dans le sol irrigué est supérieure par rapport au sol non irrigué ; ces résultats peuvent être expliqués par l'effet des eaux d'irrigation sur les propriétés physico-chimiques des sols.

La figure 11 montre que le pH du sol étudié varie entre 8,72 pour le sol irrigué et 8,43 pour le sol sans irrigation, nous avons enregistré la valeur maximale de pH (8,72) pour le sol irrigué. Les résultats obtenus indiquent que le sol a un pH modérément alcalin ainsi que l'influence des eaux d'irrigation sur ce paramètre. Cette alcalinité est en fonction du calcaire présent dans le sol.

I.4. La conductivité électrique

La détermination de la salinité d'un sol est fondée sur le principe de l'extraction d'un électrolyte dont on mesure la concentration en éléments dissous par diverses méthodes (résidu sec, bilan ionique). La physico-chimie des solutions d'électrolytes fournit les éléments nécessaires au calcul de la conductivité électrique d'une solution à partir de sa composition chimique, en considérant notamment la conductivité molaire équivalente des ions (Robinson et Stocks, 1970). Cependant, cette approche nécessite une analyse chimique complète de la solution ainsi que de nombreux calculs (Montoroi J.P., 1997).

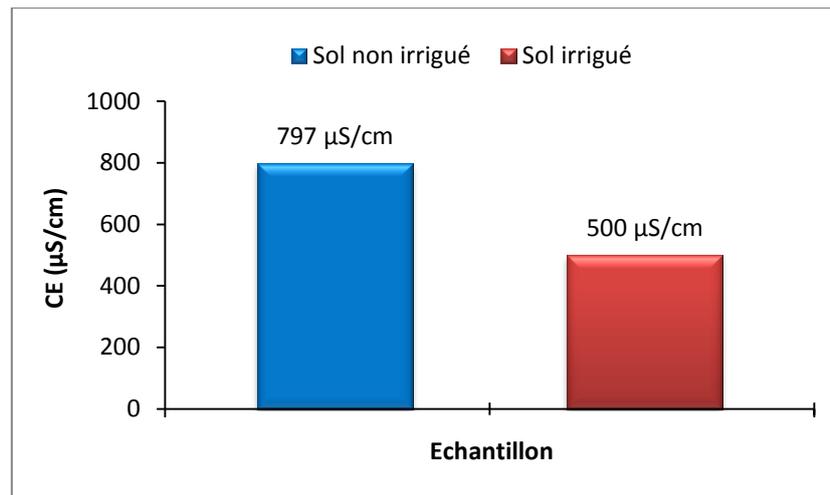


Figure 12 : Variation de la conductivité électrique des sols étudiés.

D'après la figure 12, la conductivité électrique du sol non irrigué est de 797 $\mu\text{S}/\text{cm}$, tandis que dans le sol irrigué est de 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$, nous remarquons la diminution de la conductivité électrique est importante dans le sol irrigué (500 $\mu\text{S}/\text{cm}$) ceci s'explique par une minéralisation rapide de la matière organique sous l'effet des eaux d'irrigation.

Les eaux d'irrigation provoquent l'infiltration des sels dissous dans le sol et diminuent le taux de salinité du sol, on déduit que ces résultats vérifient l'influence des eaux d'irrigation sur la conductivité électrique du sol.

Un sol est considéré salé, lorsque la conductivité électrique de l'extrait saturé est supérieure à 4 dS/m (400 mS/cm) à 25°C (Durand, 1983). Les résultats obtenus (figure 12), montrent selon ce dernier auteur que le sol étudié est non salé ($\text{CE} < 400\text{mS}/\text{cm}$).

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

Tous les sols contiennent une certaine quantité de sels solubles ; cependant ils ne sont pas tous considérés comme étant salés. Ils ne sont considérés comme tels que lorsque l'accumulation dans le sol des sels solubles atteint un niveau de concentration portant préjudice à la croissance des plantes. Le développement d'irrigation en zone aride et semi-aride demande un contrôle permanent de la salinité dans les sols et dans l'eau d'irrigation. (Lallemand-Barrès A., 1980).

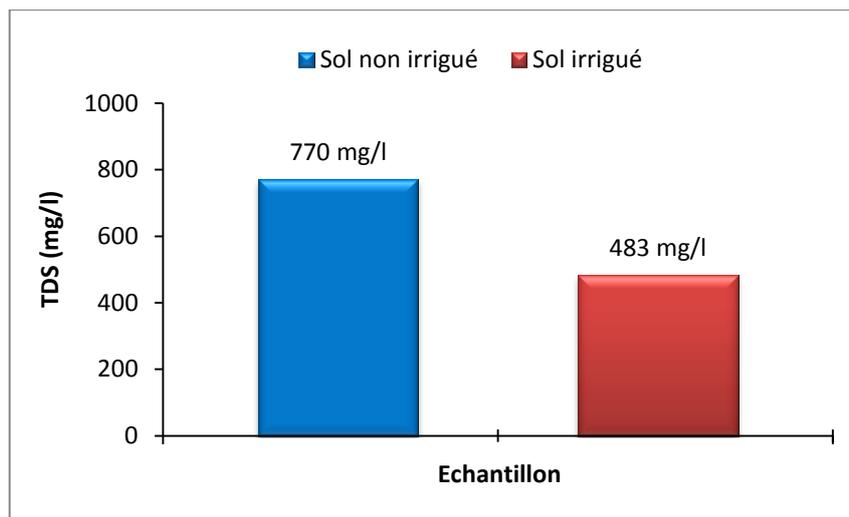


Figure 13 : Taux des sels dissous (TDS) des sols étudiés.

D'après les résultats obtenus (figure 13), nous remarquons que le taux des sels dissous dans sol irrigué (483 mg/l) présente une valeur inférieure par rapport au sol sans irrigation (770 mg/l). Ces résultats pourraient notamment être expliqués par l'influence des eaux d'irrigation sur l'accumulation des sels solubles c'est à dire ces derniers se dissolvent et se déplacent avec l'eau vers la profondeur.

I.6. La matière 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 progressive des éléments nutritifs et l'augmentation de leur pouvoir absorbant en éléments minéraux apportés par les engrais (Callot et *al.*, 1982 in Djebli A., 2013).

Tableau 04 : Norme d'interprétation de la matière organique (méthode Anne ISO : 10693).

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

Selon les résultats obtenus (figure 14), nous constatons que les teneurs en matière organique varient entre 0.42 % enregistrée dans le sol témoin (sans irrigation) et 0.55 % dans le sol irrigué. Ce qui s'expliquerait par une minéralisation de la matière organique

accompagnée d'une accumulation de la teneur en calcaire total dans le sol qui influe sur la teneur en carbone dans le sol. En effet, d'après les normes d'interprétation de la matière organique (tableau 04), le sol étudié est pauvre en matière organique.

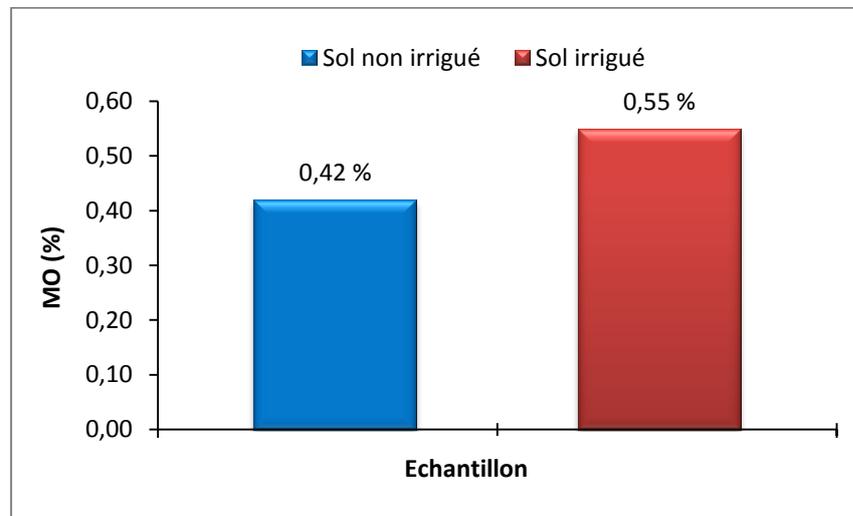


Figure 14 : Variation de la teneur en matière organique dans les sols étudiés.

La matière organique du sol est un indicateur important de la dégradation de la qualité des sols de part sa contribution dans la stabilité du sol, l'augmentation de la capacité de rétention en eau du sol, la fixation des éléments minéraux, et le substrat pour les microorganismes du sol. Le contenu en matière organique des sols est influencé globalement par les facteurs climatiques, la végétation, la texture du sol, les conditions topographiques, influençant le microclimat et le drainage et les pratiques culturales (El Oumlouki K., 2014).

I.6.1. Le carbone organique

Le carbone organique du sol, principal constituant des matières organiques, est une préoccupation d'intérêt majeur en raison des enjeux agronomiques (fertilité physique, chimique et biologique des sols) et environnementaux (qualité de l'eau, stockage de carbone, etc.) qui lui sont liés (Poitou-Charentes, 2012).

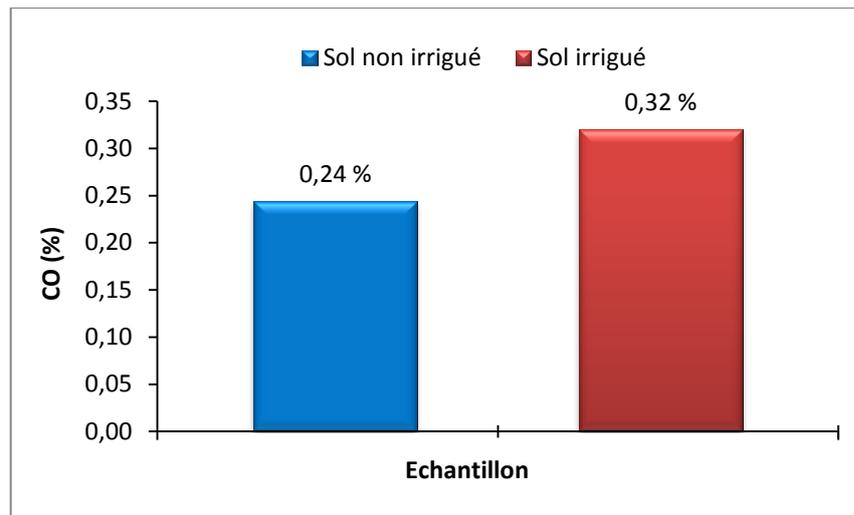


Figure 15 : Variation de la teneur en carbone organique dans les sols étudiés.

D'après les résultats obtenus dans la figure 15, nous avons noté une très faible teneur en carbone organique dans le sol sans irrigation (témoin) 0,24 %, mais cette teneur augmente légèrement dans le sol irrigué (0,32 %). Ce qui s'expliquerait par une minéralisation de la matière organique accompagnée d'une augmentation de la teneur en calcaire total (CaCO_3) qui a un effet sur la teneur du carbone organique dans le sol ce qui confirme l'effet significatif des eaux d'irrigation.

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. Teneur en calcaire

I.7.1. Le calcaire total (%)

D'après les résultats obtenus (figure 16), le calcaire total se trouve en quantité moyenne dans le sol et varie entre 20,42 % dans le sol sans irrigation et 23,33 % dans le sol irrigué, ce qui explique la basicité des sols étudiés.

Le calcaire (CaCO_3) est un élément constitutif des sols, il joue un rôle particulièrement important sur la structure du sol. Coagulation de l'argile formation d'humâtes de calcium intervenant dans la constitution des agrégats (Diehl R, 1975).

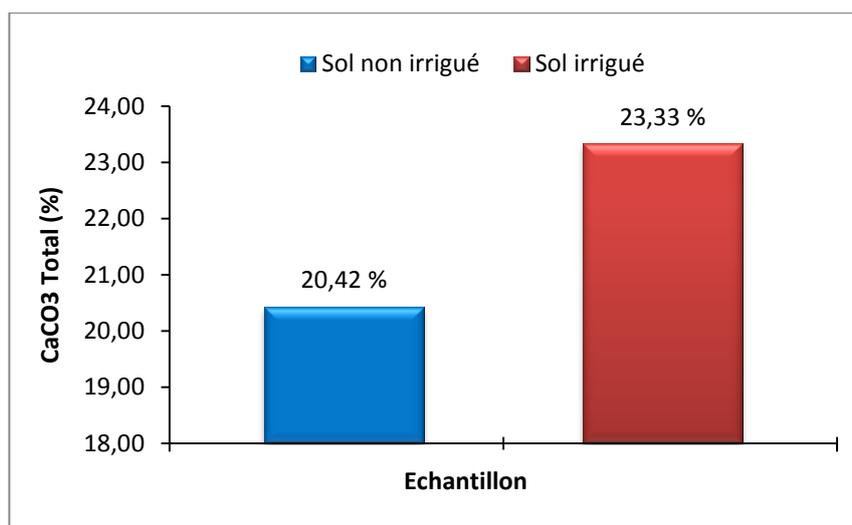


Figure 16: Variation de la teneur en calcaire total des sols étudiés.

Tableau 05 : Normes d'interprétation du taux du calcaire du sol (proposées par Geppa in 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

En comparant les valeurs obtenues à celles signalées par (Baize, 1988 in Djebli A 2013), (tableau 05), nous constatons que le sol étudié est modérément calcaire sur toutes les parcelles.

Cette quantité du carbonate augmente sous l'effet des eaux d'irrigation. Tandis qu'elle augmente dans le sol irrigué (figure 16). Cette augmentation peut être expliquée par la précipitation du CaCO_3 dans le sol en présence d'argile. Ces résultats révèlent que l'eau d'irrigation influe sur le taux d'accumulation du calcaire dans le sol.

I.7.2. Le calcaire actif (%)

Les résultats présentés dans la figure 17 montrent que le taux du calcaire actif dans le sol sans irrigation est 6,00 %. Tandis que cette teneur en dans le sol irrigué est 6,75%. Le taux de calcaire actif varie dans le même sens que le calcaire total (Gautier, 1988).

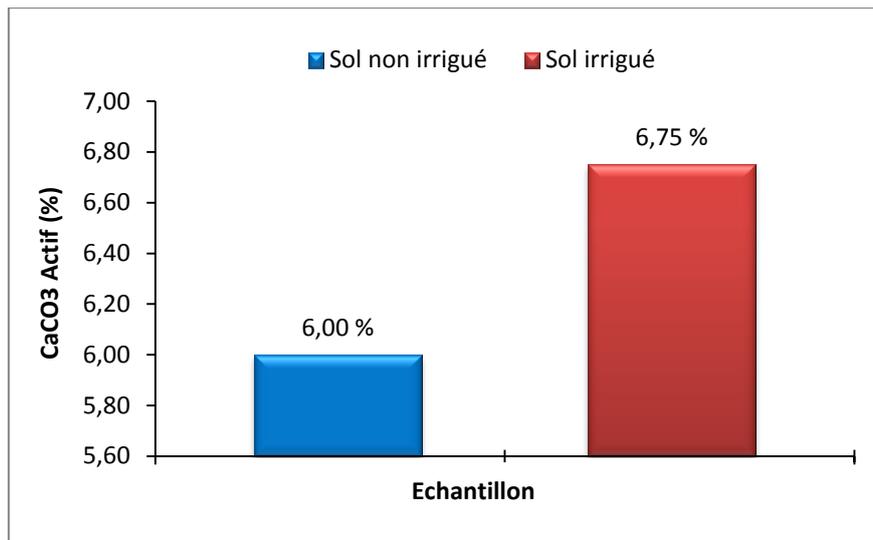


Figure 17: Variation de la teneur en calcaire actif des sols étudiés.

D'après les résultats obtenus (figure 17). On observe légère augmentation de la teneur en calcaire actif dans le sol irrigué. D'après la comparaison de ces résultats avec celles du sol sans irrigation, on remarque que l'eau d'irrigation a un effet positif sur l'accumulation du calcaire dans le sol. Le lessivage par les eaux d'irrigation, des calcaires actifs responsables de l'alcalinité du sol est également une explication souvent invoquée (Solis et *al.*, 2005).

Conclusion Générale

Conclusion générale

Les sols steppiques sont caractérisés par la présence d'accumulation calcaire, la faible teneur en matière organique et une forte sensibilité à l'érosion et à la dégradation. Il résulte de l'union de la matière minérale provenant de la roche mère décomposée et de la matière organique fraîche provenant des débris organiques décomposée en humus. Dans le sol, le carbone organique est considéré comme des constituants fondamentaux de la matière organique.

L'objectif de cette étude étant de mettre en évidence l'effet des eaux d'irrigation sur le stock de carbone organique du sol. A cet effet, nous avons mené une série d'analyses physiques et chimiques sur des échantillons de sols prélevés dans un sol irrigué et un sol sans irrigation (témoin).

L'analyse des paramètres physico-chimiques a montré que l'apport d'eau d'irrigation a un effet sur les propriétés physico-chimiques du sol.

Le suivi des parcelles au cours de notre étude nous a permis de mettre en évidence l'effet des eaux d'irrigation sur le stock de carbone organique dans le sol. Les résultats des analyses physico-chimique montrent que, le sol étudié à une texture argileuse à limoneuse, un pH légèrement alcalin, une conductivité électrique faible, une teneur modérément élevée en calcaire (CaCO_3) et pauvre en matière organique. Les résultats obtenus au niveau des parcelles irrigué et sans irrigation montrent une légère augmentation de la teneur en carbone organique, c'est-à-dire que l'apport d'eau d'irrigation entraîne une minéralisation de la matière organique qui provoque l'augmentation de ce dernier dans le sol. On en déduit que ces résultats vérifient l'influence des eaux d'irrigation sur les propriétés physico-chimiques et le stock de carbone organique du sol.

Il est important de mentionner la nécessité de poursuivre cette étude dans le temps pour mieux étudier l'impact des eaux d'irrigation sur le stock en carbone organique du sol dans les mêmes conditions, ce travail pourrait être complété par une étude à plus long terme. Le prolongement de l'essai pourrait permettre de suivre l'évolution des paramètres physico-chimiques et la minéralisation du carbone organique du sol sous l'effet des eaux d'irrigation.

Références Bibliographiques

Références Bibliographiques

- AFES., 2017.** Les sols ... une définition ? L'association française pour l'étude du sol.
- Arifou K., 2013.** Mémoire de fin d'étude Master 2 GEEFT ; (recommandation GISSOL 2005) p3.
- Baize D., 1988.** Guide des analyses courantes en pédologie Pub INRA, Paris.
- Bernoux M. & Chevallier T., 2013.** Le carbone dans les sols des zones sèches. Des fonctions multiples indispensables. Les dossiers thématiques du CSFD. N°10.décembre 2013. CSFD/Agropolis International, Montpellier, France. 40 pp.
- Boughendjioua Z., 1998 :** Evaluation quantitative des retombées de litière sous chêne liège (P.N.E.K) : Mémoire d'Ing. Ecol. I.S.N- Annaba.
- Callot G Chamayout., Maertens C etSaalsacil L., 1982.** Mieux comprendre les interactions Sol-racines : indice sur la nutrition minérale I.N.R.A, 325p
- Callot G., chamagou H., Maertens C., Salsac L., 1982.** Mieux comprendre les intractions entre sol-racines, incidences sur la nutrition minérale., INRA, paris., 325 p.
- Calvet R., Chenu C., Houot S., 2011.** Les matières organiques des sols: Rôles agronomiques et environnementaux. 1ère éd. Paris: La France agricole.
- Clement et Francoise P.,1998.** Analyse chimique du sol ; Méthodes choisies ; 4eme Edition.
- Clement M et Francoise P., 1997.** Analyse physique des sols ;Méthodes choisies ; 3eme Edition.
- Diehl R., 1975.** Agriculture générale. 2ème Edt, Paris : J. B, Baillière.
- 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.
- Douard D., 2012.** Président de l'association de droit privé société nationale d'horticulture de France à Paris (www.jardiner-autrement.fr).
- Durand J. B., 1983.** Les sols irrigables étude pédologique., Ed Presse universitaire de france, Paris. France. 339p.
- Durand J.H., 1958.** Les sols irrigables (étude pédologique). p9.
- El OumloukiK., MoussadekR., ZouahriA., DakakH., Chatim., El amraniM., 2014.** Université Ibn Tofail, Faculté des Sciences, Département de chimie, Laboratoire de Procèdes et de Séparation, Kenitra, Maroc ; Étude de la qualité physico-chimique des eaux et des sols de la région Souss Massa, (Cas de périmètre Issen), Maroc.
- FAO., 2006.** Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture ; portail d'information sur les sols (propriétés de sol).
- FAO., 2012.** Le centre d'information sur l'eau, comment l'eau est-elle prélevée et utilisée dans le monde ; Source Aquastat – Base de données : <http://fao.org/nr/aquastat>.
- Fénelon P., 1941.** Mondialisation l'information géographique, volume 6, n°1, page 15/18.
- Gautier M., 1988.** La culture fruitière (vol.2). Agriculture d'aujourd'hui les productions fruitière.Ed: J.B. Bailliére, 481 p.

- Isabelle B., 2003.** Gérante AGRALIS, doctorante RSE (Sciences de Gestion) France.
- Isabelle C., 2003-2004.** MAPAQ Montérégie-Est ; analyse d'eau pour fin d'irrigation agri-
vision; page 4.
- Jean-Michel G., Michel A., Willy M., 2003.** Le sol vivant, deuxième édition revue et
augmentée, presses polytechniques et universitaires romandes, CH-1015 Lausanne ; page
13,14,15.
- Jean-Yves M., 2010.** Les constituants solides du sol, troisième version; janvier 2010. Page2.
- Laetitia C., Antonio B., Marion B., Dominique K., Coord., 2008.** Gestion durable des sols,
éditions Quae. Page 2.
- Lallemand-Barrès A., 1980.** Etude documentaire Décembre. Aménagement des sols salés
irrigation avec des eaux salés ; p1.
- Lareal, P., 1975.** Sol de la région lyonnaise. Thèse : université. Lyon 1, n° 75-13, 139-180
pp.
- Legros J.P., 2007.** Les Grands Sols Du Monde. Ed. Presses Polytechniques Et Universitaires
Romandes. Lausanne, 574 P.
- Michel-Claude G., Christan W., Jean-claude R., Jacques B., Jean-Louis Moral., 2011.**
Sols et environnement-2e édition, pp 4, 5, 6.
- Michel-Claude G., Christan W., Jean-Claude R., Jacques Berthelin., Jean-Louis
M., 2011.** Sols et environnement-2e édition, pp 259.
- Michel-Claude G., Christian S., Bernard J., 2011.** Etude des sols - Description,
cartographie, utilisation: (Français) Broché, 21 septembre 2011.
- Montoroi J.P., 1997.** Conductivité électrique de la solution du sol et d'extraits aqueux de sol
Application à un sol sulfaté acide salé de Basse-Casamance (Sénégal) Centre ORSTOM d'Ile-
de-France - Laboratoire des Formations Superficielles - 32, Avenue Henri Varagnat, 93143
BONDY Cedex.
- Montoroi J.P., 1997.** Etude et gestion des sols, France ; septembre ; PAGES :279-289.
- Nouar B., 2016.** Mémoire de Magister En Phytodynamique des écosystèmes
matorralsmenaces ; Université Aboubakr Belkaïd – Tlemcen. p55.
- Paul E. A. and Clark J. S., 1996:** Soil microbiology and biochemistry. Academic Press, San
Diego.
- Pierre B., Lauric C., 2019.** Le carbone organique dans le sol et sa dynamique ; potentialités
de stockage de carbone dans les sols. Paris France, page 63,64.
- Pierre P., 1998.** Les transferts des versants aux lits Université Paris 1. Panthéon Sorbonne,
page 2.
- Pierre P., 1999.** Géomorphologie structurale, Paris, A. Colin, coll. Synthèse, Géographie, 96
pp.
- Poitou-Charentes 2012.** Etude méthodologique JUIN 2012, Le carbone organique des sols
cultivés de Poitou-Charentes (Quantification et évolution des stocks) ; Document rédigé et
réalisé par M. VIGOT (CRA PC).

- Rachel B., Israël B., Joël S., Reagan W., 2015.** Colorado High Plains Irrigation Practices Guide.
- Richard E., 2013.** Le carbone dans les sols des zones sèches ; Édition scientifique et iconographie Isabelle Amsallem, Agropolis Productions; CSFD/Agropolis International, décembre. Page 7.
- Robinson R.A. et Stokes R.H., 1970** - Electrolyte solutions. The measurement and interpretation of conductance, chemical potential and diffusion in solutions of simple electrolytes. 5th edition, London Butterworths, Bath, 571p.
- Roger D., 2006.** La science agricole ; Le climat et les sols agricole, 1 er Edition, Canada ; France.
- Roger D., 2006.** Le climat et les sols agricoles ; éditions Berger A.C 2006, page ; 117.
- S.E.E.E., 2007.** Secrétariat d'Etat auprès du Ministère de l'Energie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement, chargé de l'Eau et de l'Environnement., Normes de Qualité Eaux destinées à l'irrigation.
- Société Nationale d'Horticulture de France., 2015.** Publié le 9 septembre 2015 à 19:11, mis à jour le 7 juin 2018 à 22:31.
- Solis C., Andrade E., Mireles A., Reyes-Solis I.E., Garcia-Calderon N., Lagunas-Solar M.C., Pina C.U., 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., 1996.** Les Bases de la production végétale-Phytotechnie générale–Tome 1 Le Sol. Angers, Collection Sciences et Techniques Agricoles, 18ème Edition.
- Soltner D., 2004.** Distribution Liquid Et Voie Métabollique Chez Quatres Bactéries *GramnégativeHydrocarbonoclaste*. Variation En Fonction De Sources De Carbone. Docteur De L'université PARIS 6.
- Sophie G., 2019.** Institut du végétal ; le site partenaire des agriculteurs français, www.arvalis-infos.fr. Paris, 04 juillet 2019.
- Tarchoune M., 2015.** Mémoire de master sur les écosystèmes de OuedTouil. p25.
- Thomas L., 2016.** Analyses de sol et pHeau Le chaulage, quelle stratégie adopter ? FICHE N° 88. Chambre d'Agriculture des Vosges.
- Tran X.T, 2010.** Estimation de l'état hydrique des sols en Afrique de l'ouest par télédétection spatiale, Thèse. Université de Grenoble. Pp : 25.
- Velde., 1995.** Origine and mineralogy of clays. Clays and the environment. Springer.
- Xavier B., Ismahane El.B, Pierre L.C.** Techniques de l'ingénieur, génie écologique ; Environnement (réf. Internet ti800) ; page 63,64.
- Gobat J., Aragno M., Matthey W., 2003.** Le sol vivant, second edn. Lausanne: Presses polytechniques et universitaires romandes.

Annexes

Annexes



Annexe 01 : Echantillonnage.



Annexe 02 : Echantillons de sol.



Annexe 03 : GPS Annexe 04 : Calcimètre de BERNARD



Annexe 05 :Filtration et Titrage.



Annexe 06 : Analyses granulométrique.



Annexe 07 : Mesure du pH et de la conductivité électrique.

Résumé :

Les sols steppiques sont caractérisés par la présence d'accumulation calcaire, la faible teneur en matière organique et une forte sensibilité à l'érosion et à la dégradation. L'objectif de cette étude est d'étudier l'effet des eaux d'irrigation sur le stock de carbone organique du sol, en se basant sur l'analyse physico-chimique du sol irrigué et sans irrigation. A cet effet, nous avons étudié les principaux paramètres du sol (humidité, pH, carbone organique, matière organique, calcaire). Les échantillons analysés ont été prélevés au niveau de chaque parcelle à une profondeur 0-30cm. Les résultats obtenus montrent que le sol étudié est influencé par l'eau d'irrigation qui influe sur la majorité des paramètres étudiés tel que la teneur en eau, le pH, la conductivité électrique, le CaCO₃ et accélère la minéralisation de la matière organique qui influe sur le stock de carbone organique du sol.

Mots clés: Sol, eaux d'irrigation, propriétés physico-chimiques, carbone organique, influence.

ملخص:

التربة الكلسية تتميز بتراكم الكلس، نقص في المواد العضوية و حساسية لظاهرة الانجراف. الهدف من هذه الدراسة هو دراسة تأثير مياه السقي على تخزين الكربون العضوي في التربة، نعتمد في هذه الدراسة على التحليل الفيزيو-كيميائية للتربة المسقية و بدون سقي. لهذا قمنا بدراسة الخصائص الأساسية للتربة (الرطوبة، درجة الحموضة، الكربون العضوي، المواد العضوية، و الكلس). العينات التي تم تحليلها على مستوى كل قطعة أخذت على عمق 0-30سم. النتائج المحصل عليها تبين أن التربة تأثرت بمياه السقي التي أثرت على غالبية المعايير ككمية المياه، درجة الحموضة، الناقلية الكهربائية، كمية الكلس، و تزيد تحليل المواد العضوية الذي يؤثر على مخزون الكربون العضوي في التربة.

الكلمات المفتاحية: تربة، مياه السقي، خصائص فيزيو- كيميائية، كربون عضوي، تأثير.