

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Ibn Khaldoun de 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

THEME :

**L'effet de l'irrigation sur les comportements physico-chimiques et microbiologiques
des sols dans la région de Sebaine - Tiaret -**

Présenté par : M^{me} : BENYAMINA AMAL

M^{me} : ZITOUNI KHALDIA

Membres du jury :

Président : M^{me} BOUCHENAFI NADIA.

M^r OUADAH SAHRAOUI.

Promotrice : M^{me} OULBACHIR KARIMA

Année universitaire : 2017 - 2018



Remerciement

« Celui qui ne remercie pas les agents, ne remercie pas le Dieu »

Je remercie Dieu qui m'a guidé tout le long de ce chemin afin de réaliser ce modeste travail.

Au terme de ce mémoire, je voudrais exprimer toute ma reconnaissance aux personnes qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce travail.

J'exprime toute ma reconnaissance à l'égard de Mme oulbachir.k, d'avoir accepté de diriger ce mémoire pour ses conseils, ses encouragements et pour la confiance qu'elle nous a témoignée aux cours de ce travail.

Nous n'omettrons pas tous ceux qui, durant notre cursus, nous ont éclairé dans les méandres tous mes enseignants de l'université Ibn Khaldoun.

J'adresse également mes sincères remerciements aux personnels du corps administratif, les membres de la station ITGC de Tiaret pour leurs soutiens, leurs aides et mes amis(es) qui ont contribué à la réalisation de ce mémoire.



Dédicace

Je dédie ce modeste travail :

_A mes très chers parents,

_A mon très cher époux,

_A mes frères et ma sœur,

_A mes neveux et nièces,

_A tous mes amis(es)

M^{me} : BENYAMINA AMAL

Dédicace

Je dédie ce modeste travail :

_A mes très chers parents,

_A mon très cher époux ABDELKADER,

_A mes très chers fils : MAMADOU et FARIDO,

_A mes frères et ma sœur,

_A mes neveux et nièces,

_A tous mes amis(es).

M^{me} : ZITOUNI KHALDIA

Liste des abréviations

AFES :	Association Française pour l'étude du sol.
CE :	Conductivité Electrique.
CEC :	Capacité d'échange cationique.
CIRAD :	Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement.
CPVQ :	Conseil des productions végétales au Québec.
FAO :	Food and Agriculture Organization.
GIP :	Groupement d'intérêt public.
Ha :	Hectare.
INRA :	Institut Nationale de la Recherche Agricole.
INSID :	Institut national du sol et de drainage.
ITAB :	Institut technique de l'agriculture biologique.
ITGC :	Institut technique de grandes cultures.
MO :	Matière organique.
NPP :	Nombre le plus probable.
OGA :	Oxytetracyclique Glucose Agar.
PCC :	Précédent cultural céréales.
PCF :	Précédent cultural fourrage.
PCL :	Précédent cultural légumineuses.
pH :	Potentiel d'hydrogène.
T :	Tonne.
UFC :	Unité formant une colonie.
UNIFA :	Union des Industries de la Fertilisation.
µs :	Micro siemens.

Eléments chimiques

C :	Carbone.
CaCO₃ :	Carbonates de calcium.
CO₂ :	Dioxyde de carbone.
CuSO₄ :	Sulfate de cuivre.
Fe₂(SO₄) :	Sulfate ferrique.
H :	Hydrogène.
H₂O :	Molécule d'eau.
HCl :	Acide chlorhydrique.
K₂HPO₄ :	Hydrogénophosphate de potassium.
K₂SO₄ :	Sulfate de potassium.
KCl :	Chlorure de potassium.
MgCl₂ :	Chlorure de magnésium.mm
MgSO₄ :	Sulfate de magnésium.
MnSO₄ :	Sulfate de manganèse.
N :	Azote.
N₂ :	Diazote.
Na₂CO₃ :	Carbonate de sodium.
Na₂HPO₄ :	Hydrogénophosphate de sodium.
NaCl :	Chlorure de sodium.
NaNO₃ :	Nitrate de sodium.
NaOH :	Hydroxyde de sodium.
NH₄(SO)₄ :	sulfate d'ammonium.
NH₄⁺ :	Ammonium.
NO₂⁻ :	Nitrites.
NO₃⁻ :	Nitrates.
O :	Oxygène.
P :	Phosphore.
PO₄³⁻ :	Phosphate.
S :	Soufre.
S.C	Sol cultivé
S.N	Sol nu
S.N.C :	Sol non cultivé

Liste des figures

Fig N°01: La complexité externe et interne du sol.	02
Fig N°02 : Exemples d'associations organominérales observées au microscope électronique.	03
Fig N°03 : Trois arrangements possibles entre les vides du sol.	04
Fig N°4: Les différents systèmes d'irrigation.	11
Fig N°5 : Réseau d'irrigation par aspersion avec deux rampes mobiles (à déplacement manuel)	14
Fig N°6 : Schéma d'un asperseur.	14
Fig N°7: Situation géographique de la zone d'étude.	21
Fig N°8: Situation locale de la zone d'étude.	22
Fig N°9: Diagramme ombrothermique de la station de Tiaret.	26
Fig N°10 : Emplacement de la station de Tiaret dans le Climagramme D'Emberger.	27
Fig N°11 : Protocol expérimental.	30
Fig N°12 : Préparation des suspensions.	38
Fig N°13 : Techniques d'ensemencement sur les milieux solides.	39
Fig N°14 : Technique d'ensemencement dans les milieux liquides.	40
Fig N°15 : Variations du taux d'humidité des sols.	43
Fig N°16 : Variation du pH eau des sols.	44
Fig N°17 : Variation du pH kcl des sols.	44
Fig N°18 : Variation de la CE des sols.	45
Fig N°19 : Variation du CT (%) des sols.	46
Fig N°20 : Variation du CA des sols.	46
Fig N°21 : Variation du taux de la MO des sols.	47
FigN°22 : Evolution des champignons des sols.	49
Fig N° 23: Evolution des bactéries aérobies des sols.	50
Fig N° 24: Evolution des actinomycètes des sols.	51
Fig N° 25: Evolution des azotobacters des sols.	52
Fig N° 26: Evolution des ammonifiants des sols.	53
Fig N° 27: Evolution des nitrifiants des sols.	54
Fig N° 28: Evolution des dénitrifiants des sols .	55

Liste des photos

Photo N° 01 :(A, B). Bactéries du sol.	08
Photo N° 02 : L'échantillonnage par une tarière pédologique.	28
Photo N°03: Séchage des échantillons de sol.	29
Photo N°04: Broyage et tamisage des échantillons.	29
Photo N°05: Echantillons de sol pesés et séchés à l'étuve.	31
Photo N° 06 : Densité apparente.	32
Photo N°07: Mesure du pH d'un échantillon de sol à l'aide d'un pH mètre.	33
Photo N°08 : Analyse granulométrique par la méthode de la pipette de Robinson.	34
Photo N°09 : mesure du calcaire total par le calcimètre de Bernard.	35
Photo N°10 : Dosage du calcaire actif.	35
Photo N°11 : Le dosage de carbone organique.	36
Photo N°12: Milieux de culture solides.	37
photo N°13: Milieux de culture liquides.	37
Photo N°14: Aspect macroscopique des colonies des champignons.	49
Photo N°15 : Aspect macroscopique des colonies des bactéries aérobies.	50
Photo N°16: Aspect macroscopique des colonies d'actinomycètes.	51
Photo N°17 : Aspect macroscopique des colonies des azotobacters.	52
Photo N°18 : Détection de la présence des ammonifiantes par le réactif de Nessler.	53
Photo N°19 : Détection des nitrifiants et des dénitrifiants par le papier tournesol.	55

Liste des tableaux	
Tableau N°1: La classification du sol selon la CaCO ₃ .	06
Tableau N°2: Distribution des microorganismes en fonction du sol.	07
Tableau N°3: Classification des actinomycetes.	08
Tableau N°4: Superficies des GPI équipées, irrigables et irriguées par grande région.	12
Tableau N°5: Répartition territoriale des superficies de PMH selon le mode d'irrigation.	13
Tableau N°6: Evolution des surfaces irriguées de 2000 à 2008.	13
Tableau N°7: Principales différence entre eaux de surface et eaux souterraines.	20
Tableau N°8: Données climatiques au cours de l'essai (ITGC, 2018).	25
Tableau N°9: Caractérisation physico-chimique des sols étudiés.	42
Tableau N°10 : Analyse granulométrique des sols étudiés.	42
Tableau 11 : Echelle d'interprétation du pH eau.	43
Tableau N°12: Normes d'interprétation du taux du calcaire du sol.	45
Tableau N°13 : Résultats de l'analyse microbiologique des sols (milieux solides).	48
Tableau N°14 : Résultats de l'analyse microbiologique des sols (milieux liquides).	48

Sommaire	
Liste des abréviations	
Liste des figures	
Liste des photos	
Liste des tableaux	
INTRODUCTION GENERALE	01
PREMIERE PARTIE : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE	
Chapitre I : Le sol et ses propriétés	
I.1 : Définition	02
I.2. Les propriétés physico-chimiques du sol	03
I.2.1. La structure du sol	03
I.2.2. La texture du sol	04
I.2.3. La porosité	04
I.2.4. Conductivité hydraulique	04
I.2.5. pH de sol	04
I.2.6. La capacité d'Echange Cationique	05
I.2.7. La température du sol	05
I.2.8. La matière organique dans le sol	05
I.2.9. Calcaire total (ou carbonates totaux)	06
I.2.10. Disponibilité en eau du sol	06
I.2.11. La salinité du sol	06
I.3. Les organismes du sol	07
I.3.1. La microflore du sol	07
I.3.1.1. Les bactéries	07
I.3.1.1.1. L'importance dans le sol	08
I.3.1.1.2. La densité bactérienne	08
I.3.1.2. Les actinomycètes	08
I.3.1.2.1. L'importance dans le sol	08
I.3.1.3. Les champignons	09
I.3.1.3.1. L'importance dans le sol	09
I.3.1.4. Les algues	09

I.3.1.4.1. L'importance dans le sol	09
I.3.1.5. Les protozoaires	09
I.3.1.5.1. L'importance dans le sol	09
I.3.2. L'activité microbienne dans le sol	10
Chapitre II : L'irrigation	
II.1. Généralités	11
II. 2.L'irrigation en Algérie	12
II.3. Le choix des techniques d'irrigation	13
II.4. Irrigation par aspersion	14
II.4.1.Conditions d'utilisation	15
II.4.1.1. Cultures recommandées	15
II.4.1.2.Pentes adéquates	15
II.4.1.3.Types de sol appropriés	15
II.4.2. Avantages et inconvénients de l'irrigation par aspersion	15
II.5. Eléments de bases d'une conduite de gestion de l'irrigation	17
II.5.1.Les éléments de calcul	17
II.5.1.1.Evaluation de la qualité de l'eau d'irrigation	17
II.5.1.1.1.Les paramètres chimiques	17
II.5.1.1.2.Les paramètres physiques	17
II.5.1.1.3.Les paramètres biologiques	17
II.5.1.2.Le sol	17
II.5.1.3.Détermination des besoins en eau des cultures	18
II.5.1.3.1.Calcul des besoins en eau de la culture	18
II.5.1.3.2.Coefficient cultural k_c	18
II.5.1.3.3.Évapotranspiration de référence ET_0 (mm)	18
II.5.1.4.Calcul des besoins en eau d'irrigation.	18
II.5.1.4.1.Besoin net en eau d'irrigation.	18
II.5.1.4.2.Besoin brut en eau d'irrigation.	19
II.5.2.Calendrier d'irrigation.	19
II.5.3. Les eaux d'irrigation.	19

II.5.3.1.Ressources hydriques naturelles.	19
II.5.3.2. Eaux de surface	20
Deuxième PARTIE : Etude expérimentale	
Chapitre I : Présentation de la zone d'étude.	
I.1. Caractéristique de la station d'étude	21
I.1.1. Localisation géographique	21
I.1.2. Localisation de l'essai	21
I.1.2.1. Situation régionale	21
I.1.2.2. Situation locale	22
I.2. La géologie	22
I.3. La géomorphologie	22
I.4. L'occupation des sols	23
I.5. Répartition des sols	23
I.5.1. Les vertisols	23
I.5.2. Les sols fersialitiques	23
I.5.3. Les sols calcimagnésiques	23
I.6. Le climat	24
I.6.1. La Température	24
I.6.2. Les précipitations	24
I.6.3. Phénomènes secondaires	24
I.6.3.1. Les orages	24
I.6.3.2. L'enneigement et la gelée blanche	25
I.6.3.3. La neige	25
I.6.3.4. La grêle	25
I.7. Synthèse climatique	26
I.7.1. Diagramme Ombrothermique de Gaussen et Bagnouls	26
I.7.2. Quotient pluviométrique D'Emberger	26
Chapitre II : Matériels et méthodes	
II.1. But de l'essai	28
II.2. Echantillonnage et conservation des échantillons de sols	28

II.2.1. Le prélèvement des échantillons	28
II.2.2. Périodes d'échantillonnage et horizon de prélèvement	29
II.2.3. Préparation des échantillons	29
I.2.4. Méthodes	30
II.3. Analyses physico-chimiques et microbiologiques	31
II.3.1. Les analyses physico-chimiques	31
II.3.1.1. L'humidité	31
II.3.1.2. La densité apparente	31
II.3.1.3. Le pH	32
II.3.1.4. La conductivité électrique	33
II.3.1.5. Analyse granulométrique	33
II.3.1.6. La texture	33
II.3.1.7. Le calcaire total	34
II.3.1.8. Le calcaire actif	35
II.3.1.9. Dosage du carbone organique	36
II.4. Analyses microbiologiques	36
II.4.1. Dénombrement indirect	37
II.4.2. Méthode d'analyse microbiologique	37
II.4.2.1. Préparation des milieux de culture	37
II.4.2.2. Mode opératoire	37
II.4.2.3. Préparation des suspensions dilutions	38
II.5. Les analyses des microflores telluriques	38
II.5.1. Ensemencement	38
II.5.1.1. Les bactéries aérobies	39
II.5.1.2. Les Azotobacter, les champignons et les actinomycètes	39
II.5.1.3. Les ammonifiants, nitrifiants et dénitrifiants	40
II.6. Incubation	40
II.7. La lecture des résultats:	40
II.7.1. Les germes ammonifiants	41
II.7.2. Les germes nitrifiants	41
II.7.3. Les germes dénitrifiant	41

Chapitre III Résultats et discussions	
III.1. Caractérisation physico-chimique des sols de la région de sebaïne	42
III.1.1. Analyse granulométrique	42
III.1.2. L'humidité de sol	43
III.1.3. Le pH de sol	43
III.1.4. La conductivité électrique (μs)	44
III.1.5. Le calcaire total	45
III.1.6. Le carbone organique et la matière organique :	46
III.2. Caractérisation microbiologique des sols (Région de sebaïne) :	48
III.2.1. Résultats de l'analyse microbiologique des sols	48
III.2.1.1. Résultats de l'analyse microbiologique des sols (milieux solides).	48
III.2.1.2 Résultats de l'analyse microbiologique des sols (milieux liquides).	48
III.2.2. Discussion de l'analyse microbiologique des sols	48
III.2.2.1. Discussion de l'analyse microbiologique des sols (milieux solides).	48
III.2.2.1.1. Discussion des résultats des champignons	48
III.2.2.1.2 .Discussion des résultats des aérobies	50
III.2.2.1.3. Discussion des résultats des actinomycètes	51
III.2.2.1.4. Discussion des résultats des azotobactères	52
III.2.2.2. Discussion de l'analyse microbiologique des sols (milieux liquides).	53
III.2.2.2.1. Discussion des résultats des ammonifiants	53
III.2.2.2.2. Discussion des résultats des nitrifiants et des dénitrifiants	54

Références bibliographiques	
Annexes	
Milieux de culture en microbiologie.....	Annexe I
Modes opératoires.....	Annexe II
Echelles d'interprétation des résultats.....	Annexe III

Introduction générale

Le sol est une ressource naturelle difficilement renouvelable et particulièrement sensible aux facteurs anthropiques. L'intensification de l'agriculture, couplée à une utilisation accrue des ressources en eaux de surface et souterraine, est jugée responsable de la détérioration de certains paramètres de qualité des sols. Le climat des régions arides et semi-arides est caractérisé par une aridité marquée due à l'influence combinée d'un manque de précipitation et d'une forte demande climatique en eau résultant d'un régime thermique aride. Dans ces régions ; l'eau est l'un des principaux facteurs limitant la production agricole. Lorsque les ressources en eau sont disponibles ; on a recours à la pratique de l'irrigation.

Une telle action, pour qu'elle soit profitable, suppose une bonne maîtrise des processus hydriques au sein du complexe climat-sol-plante, à différentes échelles d'espace et de temps. L'approvisionnement en eau d'irrigation dans ces zones constitue l'un des facteurs déterminants de l'expansion de la production, aussi bien de l'intensification des cultures que dans l'extension de la surface irriguée (**BEKHOUCHE et al, 2016**).

En Algérie, seulement 4% de la surface agricole utile (SAU) est irriguée en raison du manque d'eau. L'agriculture reçoit le plus faible quota des ressources en eau suite à un déficit hydrique chronique (**Abdoul et al, 2012**).

La décision d'irriguer ne dépend pas uniquement des paramètres agronomiques au niveau des cultures. Les choix stratégiques, faits au niveau de l'exploitation agricole avant la campagne, sont souvent déterminants, la gestion de l'irrigation doit intégrer l'ensemble des moyens disponibles et des contraintes de l'exploitation. Une analyse de la démarche à mettre à cette échelle est donc nécessaire. Elle conduit à recenser et à préciser la place des différents outils de maîtrise de l'irrigation (**Lépode et al, 2003**).

Notre travail a pour objectif d'évaluer et de déterminer l'effet de l'irrigation sur les comportements physico-chimiques et microbiologiques du sol sous condition semi- aride.

Notre travail se résume comme suit :

- ✓ La première partie est réservée à une étude bibliographique
- ✓ La deuxième partie est consacrée aux matériels et méthodes utilisés ainsi nous présentons les résultats obtenus avec des discussions, cette partie est composée de trois chapitres :
- ✓ Une conclusion générale.

Première partie
Synthèse bibliographique

Chapitre I : Le sol et ses propriétés

I.1 : Définition :

Le sol est une entité naturelle ; c'est-à-dire dont l'existence initiale ne dépend pas de l'homme, superficielle est souvent meuble résultant de la transformation au contact de l'atmosphère et des êtres vivants (biosphère), d'un matériau minérale (lithosphère) issue le plus souvent d'une roche sous-jacente, sous l'influence de processus physique, chimique et biologique. Pour la géotechnique, le sol est constitué de tous les matériaux plus au moins meuble, couverture pédologique et altérite, qui se situe au-dessus de la roche non altérée du point de vue fonctionnel, et le produit de l'altération, du remaniement et de l'organisation des couches supérieure du croute terrestre sous l'action du vié, de l'atmosphère et des échanges d'énergies qui s'y manifestent. La norme iso 11074 définit de la façon suivants (les différentes fonctions de sol : contrôle des cycles des éléments et de l'énergie en tant que compartiment des écosystèmes, support des plantes, des animaux et de l'homme, base des constructions et des immeubles, production agricole, rétention de l'eau et des dépôts, constitution d'une réserve génétique (**Girard et al 2005**).

La connaissance de l'activité biologique d'un sol permet donc d'approcher la dynamique d'évolution du sol et les capacités d'échanges entre le sol et la plante (**I.T.A.B, 2002**).

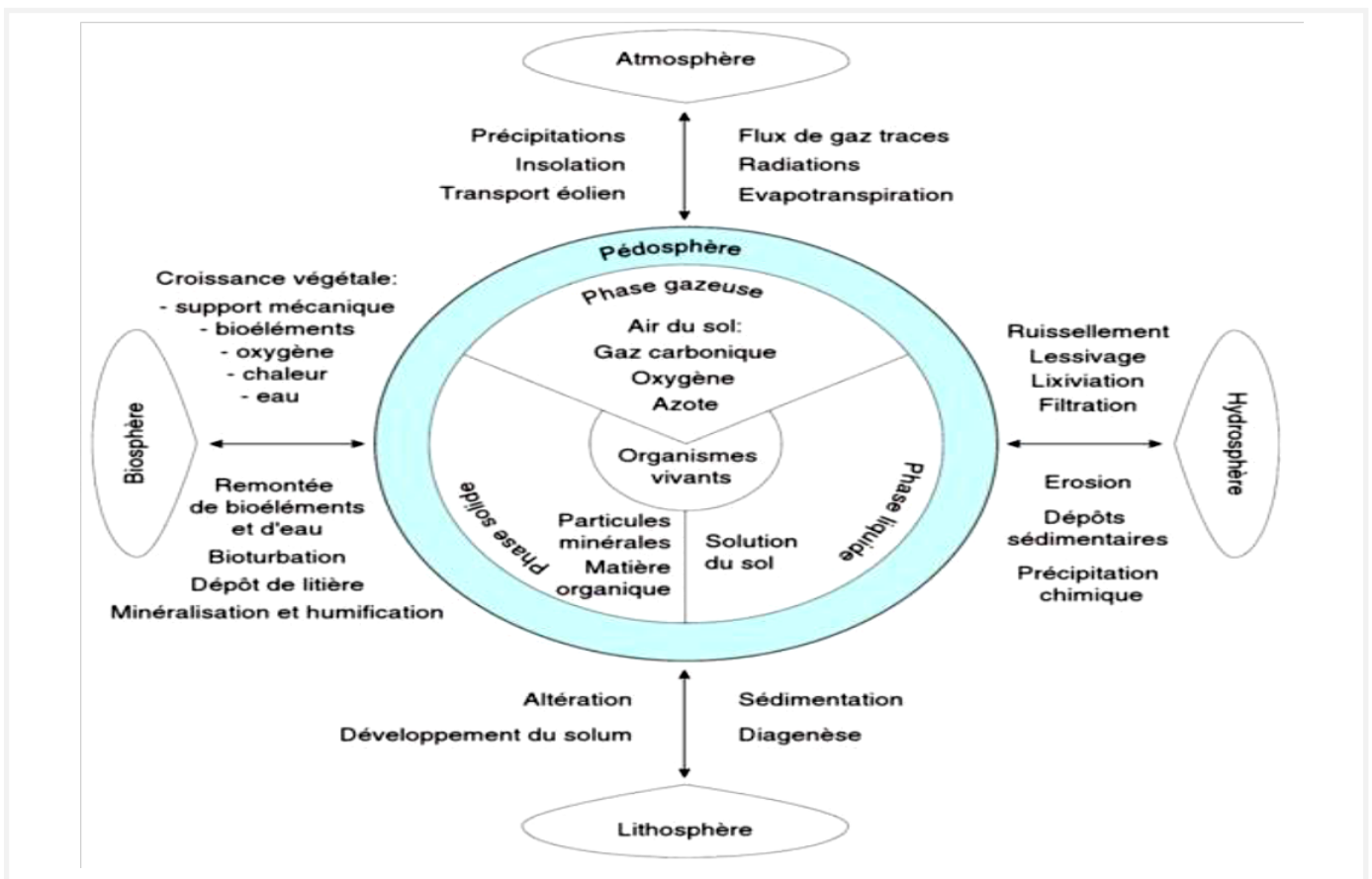


Fig N°01: La complexité externe et interne du sol (GOBAT et al, 2010).

I.2. Les propriétés physico-chimiques du sol :

I.2.1. La structure du sol :

la structure du sol fait référence à la taille, la forme, la disposition des constituants solides (minéraux et organiques), des constituants gazeux (vides), à la continuité des pores, leur capacité à retenir et transférer les fluides et les substances organiques et inorganiques, à sa capacité de servir de support de la croissance et le développement des racines. Il est donc clair que la structure du sol peut se décrire à plusieurs échelles (particules minérales, agrégats, pédon, parcelle). Son influence sur les processus hydriques, tels que la rétention de l'eau, l'infiltration et le transfert préférentiel, dépend donc de l'échelle considéré (Claudia, 2015).

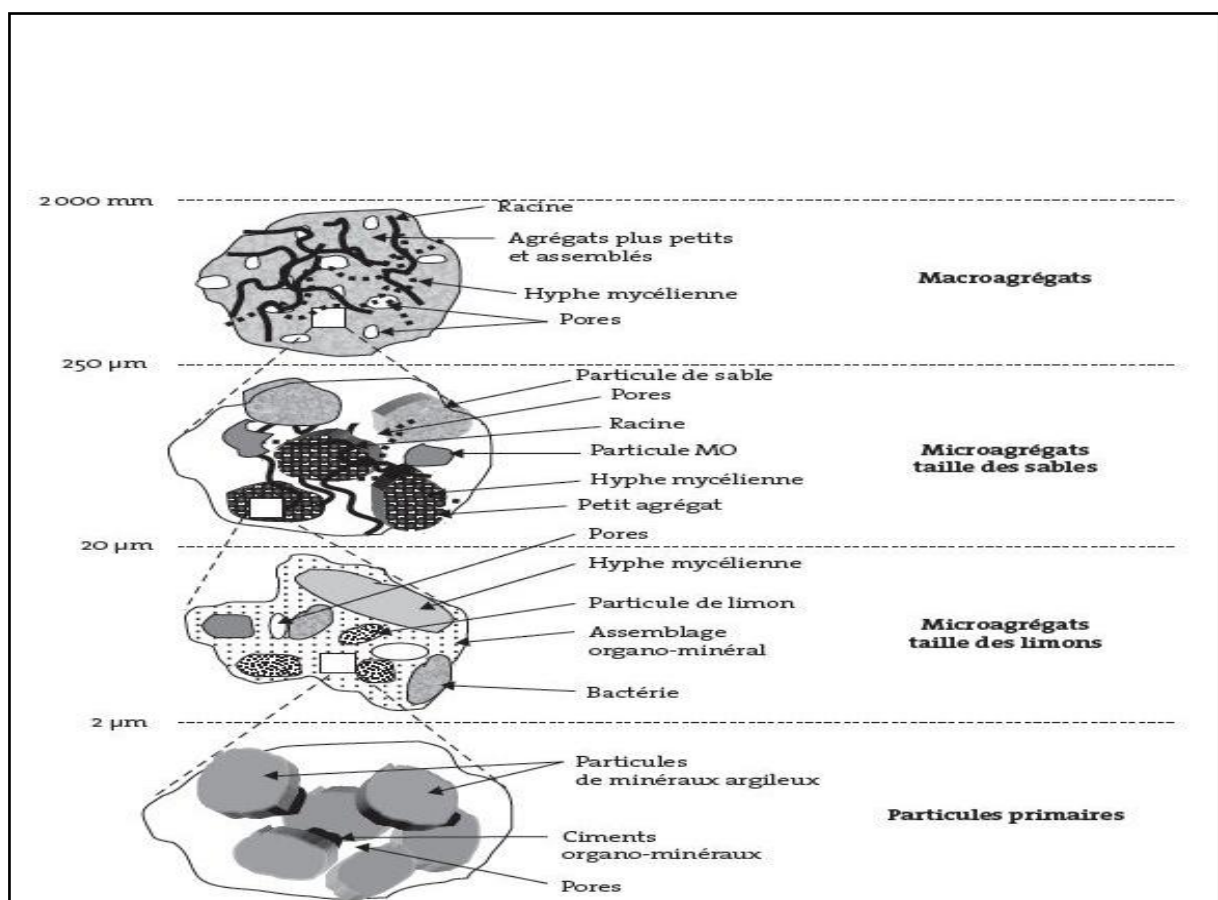


Fig N°02 : Exemples d'associations organominérales observées au microscope électronique (AIT ABDERRAHIM, 2016)

I.2.2. La texture du sol :

La **texture** reflète la part respective des constituants triés selon leur taille. On distingue La **texture minérale** qui est la proportion des sables, limons et argiles mesurés par l'analyse granulométrique, et la **texture organique** qui reflète la proportion de fibres et de matériel fin micro agrégé dans matériaux holorganiques (**Jean ,2010**).

I.2.3. La Porosité :

Les « vides » du sol, autrement dit la porosité occupé par l'air ou par l'eau. Sans oublier qu'ils sont temporairement occupé par les animaux du sol qui se déplacent, à la fois utilisateurs et fabricants de certains de ces vides (**Baize et al 2013**).

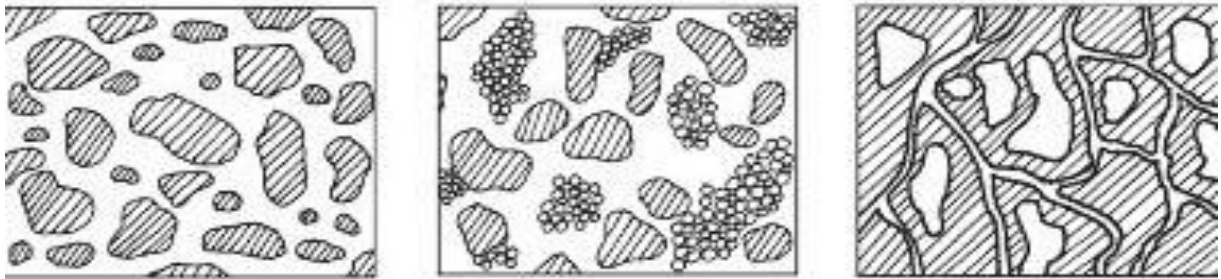


Fig N°03 : Trois arrangements possibles entre les vides du sol (**GOBAT et al, 2010**).

I.2.4. Conductivité hydraulique :

Parr et bernard(1990) ont donné de la perméabilité la définition qualitative ci-après : qualité ou état d'un milieu poreux lié à cette faculté de conduire ou de transmettre des fluides, pour la définir quantitativement, on emploie le terme l'AISS(1976) comme la constante de proportionnalité entre l'écoulement et la pente motrice totale.

De nombreux facteurs influent sur la perméabilité : la température, qualité de l'eau et divers facteurs tel que l'utilisation des terres et les normes d'aménagement qui modifient fortement les caractéristiques du sol mais ne sont pas inhérent au sol lui-même.

I.2.5. pH de sol :

Le niveau d'acidité correspondant au degré d'acidité ou d'alcalinité (absence d'acidité) de l'humidité dans le sol. On peut comparer un sol extrêmement acide à du vinaigre un sol extrêmement alcalin à du savon. Naturellement, le niveau d'acidité influence la croissance des racines de plantes. Le niveau d'acidité est indiqué par le symbole pH un sol acide a un pH inférieur à 6. C'est un sol qui contient beaucoup de H^+ . Un sol alcalin (c'est-à-dire un sol non- acide) a un pH supérieur 7 .un sol au PH compris entre 6 et 7 est nature : entre acide et alcalin. Un pH de 4 à 10 est extrême, la plupart des sols ont un PH compris entre 5 et 9 (**Taura, 2005**).

I.2.6. La capacité d'échange Cationique :

La plupart des particules du sol ont une charge négative. Elles attirent donc les substances nutritives présentes dans le sol sous forme de cations chargés positivement. Les cations ont une liaison peu serrée. Il y a un échange constant de cations entre les particules et la solution du sol. La capacité du sol à retenir des substances nutritives chargées positivement est appelée capacité d'échange cationique. La CEC est déterminée par la proportion de différents groupes de textures et d'humus. Les particules d'argile retiennent beaucoup de substances nutritives et donnent donc une CEC élevée ; le sable et le limon retiennent peu de cations et n'ont que peu d'influence sur la CEC. L'humus retient beaucoup de substances nutritives. Même s'il ne constitue qu'une petite partie du sol, il a une grande influence sur la CEC (Taura, 2005).

I.2.7. La température du sol :

La température du sol est un autre facteur physique important de la fonction milieu biologique du sol. Elle a une influence sur l'ensemble des phénomènes dans le sol.

Les phénomènes physiques : la rétention et la circulation de l'eau dépendent de la température par la viscosité de l'eau et les tensions interfaciales ; le transport des substances gazeuses en dépend par la volatilisation et la diffusion moléculaire ; le transport des solutés en dépend par la diffusion moléculaire.

Les transformations chimiques et leurs vitesses sont une fonction de la température, croissante pour la transformation abiotique, à maximum pour les transformations biotiques.

Le développement et la croissance racinaire, le développement et l'activité des micro-organismes sont très dépendants de la température (Raoul, 2003).

I.2.8. La matière organique dans le sol :

La matière organique ne représente que 2% à 5% du poids total de sol, mais elle joue un rôle considérable dans le maintien de la fertilité des sols en agriculture biologique. Elle augmente la capacité de rétention de l'eau par le sol et l'activité biologique du sol.

On peut distinguer quatre types de matière organique dans le sol :

-la matière organique fraîche formée de racines, de résidus de végétaux et de déjections animales est peu décomposée et se repère facilement dans le sol.

-La matière organique transitoire, qui est en cours d'évolution.

-La matière organique stable, formée de grosses molécules complexes comme l'humus.

-Le sol contient également une autre forme de matière organique : la matière organique vivante, qui est responsable de l'évolution des trois catégories de matière organique précédente. Elle est constituée de macro-organismes (vers, insectes, acariens, etc.) et de micro-organismes (champignons, les bactéries, les algues, etc.) (Amand et al, 2009).

I.2.9. Calcaire total (ou carbonates totaux) :

Selon **Aubert, (1922)** le dosage du calcaire total fait à l'aide du calcimètre de BERNARD.

Le principe de la méthode est fondé sur la réaction suivante :

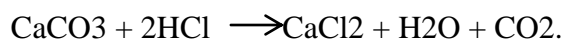


Tableau N°01 : La classification du sol selon la CaCO₃ (Denis, 2000)

% CaCO ₃	Teneur
< 1%	Horizon non calcaire
1 à 5	Horizon peu calcaire
5-25	Horizon modéré calcaire
25-50	Horizon fortement calcaire
50 à 80%	Horizon très fortement calcaire
> 80%	Horizon excessivement calcaire

I.2.10. Disponibilité en eau du sol :

La capacité d'un sol à retenir l'eau à fournir aux végétaux est en relation directe avec la hauteur et la fréquence des arrosages et constitue de ce fait un critère important pour juger de l'aptitude d'un sol à être irrigué. L'eau disponible correspond à la proportion du volume d'eau comprise dans le sol qui peut être facilement absorbée par les racines des plantes (environ 50 à 75 pour cent de l'humidité disponible). L'humidité totale disponible est ordinairement considérée comme la différence entre la teneur en eau du sol à la capacité au champ et au point de flétrissement (**PARR et BERNARD., 1990**).

I.2.11. La salinité du sol :

La salinité exerce un effet osmotique sur les micro-organismes, qui ont aussi des besoins en sels comme le NaCl, KCl et MgCl₂. Les fortes concentrations ont tendance à dénaturer les protéines, c'est-à-dire à casser la structure tertiaire des protéines qui est essentielle à l'activité enzymatique. La plupart des micro-organismes ont des besoins limités en sels et sont inhibés par des teneurs en NaCl supérieures à 2%, sauf les espèces halophiles (bactéries, champignons, algues) qui croissent en milieux salins et supportent bien des teneurs en NaCl de 15% (**BIDAUD, 1998**).

I.3. Les organismes du sol :

I.3.1. La microflore du sol :

La microflore du sol ou microflore tellurique est profondément modifiée notamment sous l'influence des exsudats racinaires et des rapports des débris tissulaires.

La biomasse microbienne recouvre l'ensemble de microorganismes de sol (Bactéries, champignons, actinomycètes, algues et protozoaires) qui sont responsables des processus vitaux et qui déterminent eux-mêmes l'équilibre et l'évolution du sol (Oulbachir, 2010).

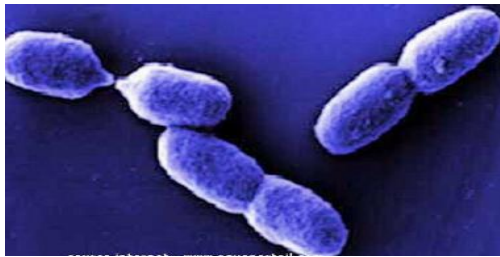
Tableau N°02: Distribution des microorganismes en fonction du sol. (NOUMEUR, 2008)

Profondeur (cm)	Bactéries aérobies/g de sol $\times 10^3$	Bactéries anaérobies/g de sol $\times 10^3$	Actinomycètes/g de sol $\times 10^3$	Champignons/g de sol $\times 10^3$	Algues/g de sol $\times 10^3$
3-8	7800	1950	2080	119	25
20-25	1800	379	245	50	5
35-40	472	98	49	14	0.5
65-75	10	1	5	6	0.1
135-145	1	0.4	-	3	-

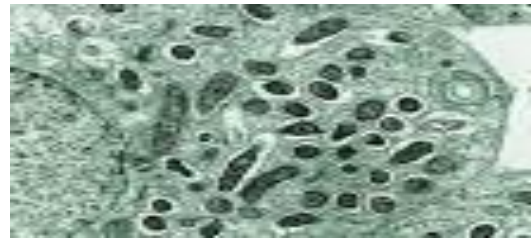
I.3.1.1. Les bactéries :

Les bactéries sont les micro-organismes les plus abondants et métaboliquement les plus actifs du sol. En fonction des propriétés du sol, tous les types physiologiques bactériens sont représentés : autotrophes et hétérotrophes, mésophiles, thermophiles et psychrophiles, aérobies et anaérobies.

On estime d'ailleurs que tous les groupes de bactéries connus pourraient être isolés d'un échantillon du sol, si les techniques et les milieux adéquats sont utilisés. Ce qui ne signifie pas que le sol soit le milieu naturel de toutes les bactéries. Par sa nature de milieu ouvert et sensible aux facteurs de l'environnement, le sol est le réceptacle d'apport continu de microorganismes exogènes qui disparaissent ou survivent en situation de dormance, en raison des conditions défavorables d'un milieu qui n'est pas le leur. Mais certains d'entre eux peuvent ponctuellement s'implanter. Les bactéries du sol sont dominante GRAM positif (NOUMEUR,2008)



A. Azotobacter



b. Rhizobium

Phot N°01: (A, B) Bactéries du sol (DARI ,2013).

I.3.1.1.1. L'importance dans le sol :

Les bactéries sont des régulatrices essentielles des équilibres gazeux du sol et des cycles biogéochimiques, directement ou non les bactéries agissent sur l'ensemble de la biocénose (Jean-michel et al, 2010).

I.3.1.1.2. La densité bactérienne :

Elle est exprimée en nombre de cellule bactérienne par gramme de sol. Elle est importante dans les horizons de surface ou des conditions favorables ; température, l'humidité aération et nourriture (Dommergues et al, 1970).

I.3.1.2. Les actinomycètes :

Les actinomycètes présentent des ressemblances à la fois avec les eubactéries et les champignons. Elles se caractérisent par leur structure mycélienne, leur appareil nucléaire primitif, avec leur production aux organes de fructification (ATEF, 2007).

I.3.1.2.1. L'importance dans le sol :

La présence des actinomycètes est très importante dans le sol car elles sont capables de dégrader les substances organiques non biodégradables par les champignons et les bactéries. (Dommergues et al, 1970).

Familles	Genres
Mycobacteriacées	Mycobactérium
Actinomycetacées	Nocardia Actinomyces
Streptomycetacées	Streptomyces Micromonospora
Actinoploneacées	Actinoplanes

Tableau N°03 : Classification des actinomycètes (Dommergues et al, 1970).

I.3.1.3. Les champignons :

Les champignons du sol sont très variés, champignons inférieurs, moisissures, champignons formant des fructifications. Tous sont des hétérotrophes, qu'ils utilisent des aliments organiques comme sources de carbone. Ils sont formés de filaments ramifiés visibles à l'œil nu en période humide (**Martine, 2013**).

I.3.1.3.1. L'importance dans le sol :

Ils sont capables de décomposer les résidus organiques et sont polyvalents. Ils interviennent aussi dans la phase de décomposition de la matière organique (**Bouzara et al, 2017**).

I.3.1.4. Les algues :

Les algues constituent un ensemble hétérogène d'organismes photosynthétiques allant des formes microscopiques unicellulaires à des formes géantes multicellulaires ayant l'apparence de plantes. Les algues se subdivisent en deux groupes distincts :

- Algues bleu-vert appelées aussi Cyanophycées ou cyanobactéries, ces organismes procaryotes renfermant des espèces capables de fixer l'azote moléculaire.
- Algues eucaryotes, elles-mêmes subdivisées en fonction de la nature de leur système pigmentaire : algues vertes, algues brunes, algues rouges (**DOMMERGUES, 1977**).

I.3.1.4.1. L'importance dans le sol :

Bien que typiquement aquatiques et jouant à ce titre un rôle considérable dans la fixation du dioxyde de carbone atmosphérique par les océans, les algues sont aussi présentes dans tous les sols, les formes terrestres, toutes microscopiques, sont particulièrement résistantes à la dessiccation.

Elles polluent rapidement à la surface du sol dès que l'humidité est suffisante (**Davet, 1996**).

I.3.1.5. Les protozoaires:

Les protozoaires sont, dans leur majorité, aérobies mais certains peuvent se développer en anaérobiose. Ils ne sont cependant pas rares dans le sol où l'on rencontre des représentants de tous les groupes à formes libres, les flagellés et les rhizopodes sont les plus fréquents (**Davet, 1996**).

I.3.1.5.1. L'importance dans le sol :

D'après (**Dommergues et al, 1970**) leur cycle de vie comporte deux phases :

Une phase d'activité.

Une phase de repos.

La distribution des protozoaires dans le sol est en général, calquée sur celle des bactéries, ce qui s'explique par le fait que les bactéries constituent la base de leur alimentation

I.3.2. L'activité microbienne dans le sol :

La microflore du sol est pour sa majeure partie constituée de microorganismes qui tirent l'énergie qui leur est nécessaire des réactions d'oxydation de composés organiques (**Pesson, 1971**).

Comme dans tous les milieux naturels, l'activité de ces microorganismes ne se manifeste que s'ils sont présents en nombre suffisant et si leur exigence nutritionnelle est satisfaites (**Bonneau et al, 1979**).

Chapitre II : L'irrigation

II.1. Généralités :

Selon (NITCHEU et al, 2009), 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. Selon le glossaire international d'hydrologie, l'irrigation c'est un apport artificiel d'eau sur des terres à des fins agricoles. L'irrigation peut aussi avoir d'autres applications ou objectifs sous d'autres cieux: l'apport d'éléments fertilisants soit au sol, soit par aspersion aux feuilles (fertilisation foliaire), dans la culture hydroponique, l'irrigation se confond totalement avec la fertilisation.

L'irrigation de surface regroupe l'ensemble des techniques d'arrosage dans lesquelles la répartition de l'eau à la passerelle se fait entièrement à l'air libre, par simple écoulement à la surface du sol. La répartition de l'eau est assurée à la topographie du terrain et à la propriété hydraulique du sol (ruissellement, infiltration et capillarité) (Abdoul et al, 2012).

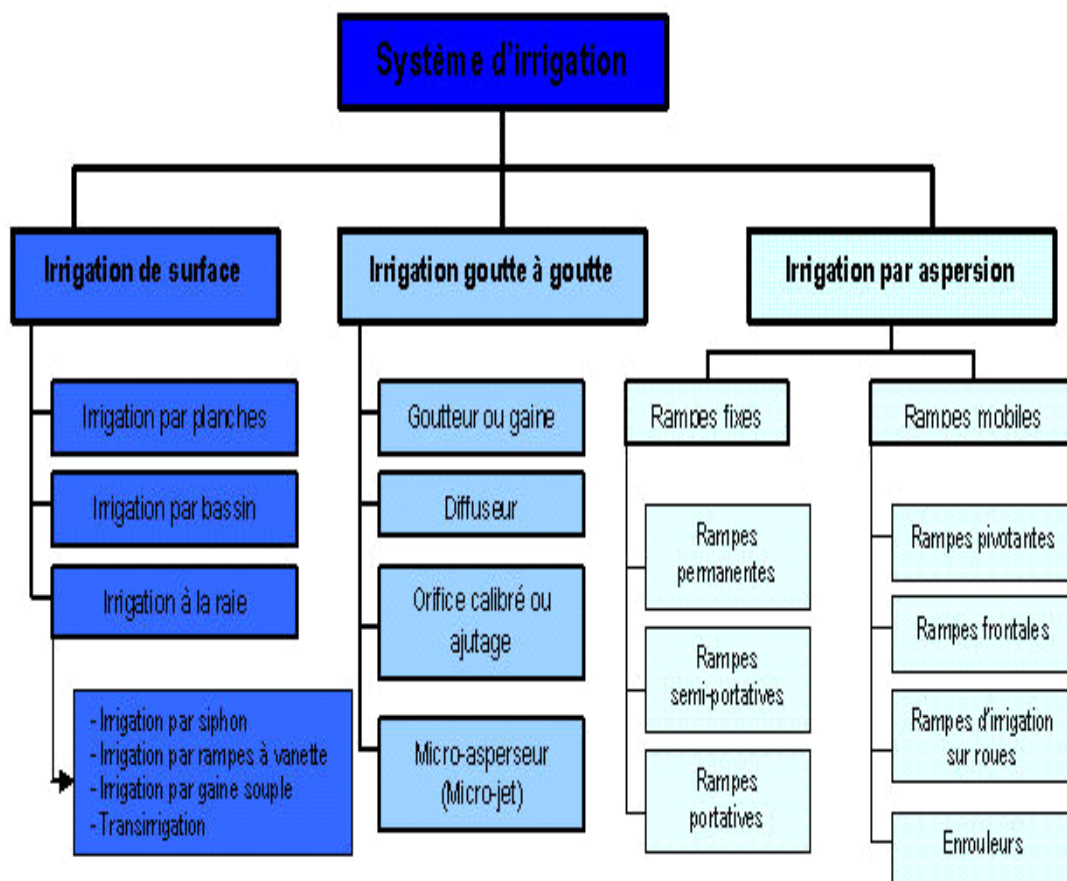


Fig N°04: Les différents systèmes d'irrigation (BOUKHALFA, 2013)

II. 2.L'irrigation en Algérie :

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

a. Des grands périmètres irrigués (GPI) relèvent de l'Etat sont gérés par l'Office National des Irrigations et du Drainage. Ces périmètres sont irrigués à partir de barrages pour la plupart et de forages dans le Nord du pays (tableau 01). Dans le Sud l'irrigation des périmètres est assurée à partir de forages profonds dans les grandes nappes souterraines de l'albien. Leur superficie totale équipée actuelle est de l'ordre de 200.000 ha. La surface irrigable représente environ 150.000 ha (nettement inférieure à la surface équipée en raison des pertes occasionnées par la dégradation des sols). La surface effectivement irriguée est de l'ordre de 40.000 ha seulement. Des programmes de remise en état et de rénovation des systèmes de distribution sont en cours pour accroître cette surface. Les cultures pratiquées dans les GPI (en 2008) sont en grande partie l'arboriculture (64,6 % des surfaces irriguées), le maraîchage (28,5 %), des cultures industrielles (6,1 %) et le reste céréales et fourrages. Il y a lieu de remarquer le faible développement des cultures industrielles malgré la vocation des GPI pour ces spéculations, probablement dû à l'absence de valorisation par les filières de transformation. Faiblesse également de la production des cultures fourragères (**Benblidia, 2011**).

Tableau N° 04 : Superficies des GPI équipées, irrigables et irriguées par grande région (Benblidia, 2011).

Région	Superficies équipées (ha)	Superficies irrigables	Superficies irriguées	Proportion équipées	Irrigables/ équipées	Irriguées/ équipées
Oranie	28.930	13.500	9459.50	15.2	46.7	32.7
Chélif	75.438	61.383	11513.54	39.6	81.4	15.3
Algérois	440.88	34.963	3717.11	23.1	79.3	8.4
Constantinois	34.612	30.446	8460.42	18.1	88.0	24.4
Sahara	7660	6939	6772	4.0	90.6	88.4
Total	190.28	147.231	39922.57	100	77.2	20.9

b. De la « Petite et Moyenne Hydraulique » ou PMH : il s'agit d'exploitations petites et moyennes constituées de petits périmètres et aires d'irrigation qui se sont remarquablement développés depuis une dizaine d'années à l'initiative de l'Administration et surtout, à l'initiative de producteurs privés. La PMH englobe toutes les formes de développement de l'irrigation autres que celles délimitées dans le cadre des GPI dont la gestion relève de l'ONID (tableau 05).

Tableau N° 05 : Répartition territoriale des superficies de PMH selon le mode d'irrigation (**Benblidia, 2011**).

Région	SAU irriguée (ha)	Gravitaire%	Aspersion%	Localisé%	Citernage%
Nord	221.200	62	22	15	0.9
Hauts Plateaux	258.482	64	16	20	0.4
Sud	216.482	70	7	23	0.0
Total	696.380	65	15	19	0.4

Tableau N° 06 : Evolution des surfaces irriguées de 2000 à 2008(**Bilan 2000-2008 MADR in Benblidia 2011**).

Année	Superficie Irriguée totale (ha)	Système d'irrigation (ha)		
		Gravitaire	Aspersion	Goutte à goutte
2000	350.000	275.000	70.000	5000
2001	617.427	458.421	102.978	56.028
2002	644.978	433.561	127.570	83.877
2003	722.320	485.019	138.301	99.000
2004	793.334	516.108	159.739	117.487
2005	825.206	524.503	153.006	147.697
2006	835.590	481.046	175.056	179.488
2007	907.293	557.327	183.182	166.784
2008	928.955	583.002	185.080	160.873

II.3. Le choix des techniques d'irrigation:

Le choix d'une technique d'arrosage repose sur un ensemble de critères variés et complexe:

- _ Pente du terrain.
- _ Nature du sol (perméabilité).
- _ Les ressources en eau (disponibilité, qualité et débit).
- _ Nature des cultures.
- _ Les facteurs socio-culturels.
- _ Rentabilité de l'opération (**Abdoul et al, 2012**).

II.4. Irrigation par aspersion :

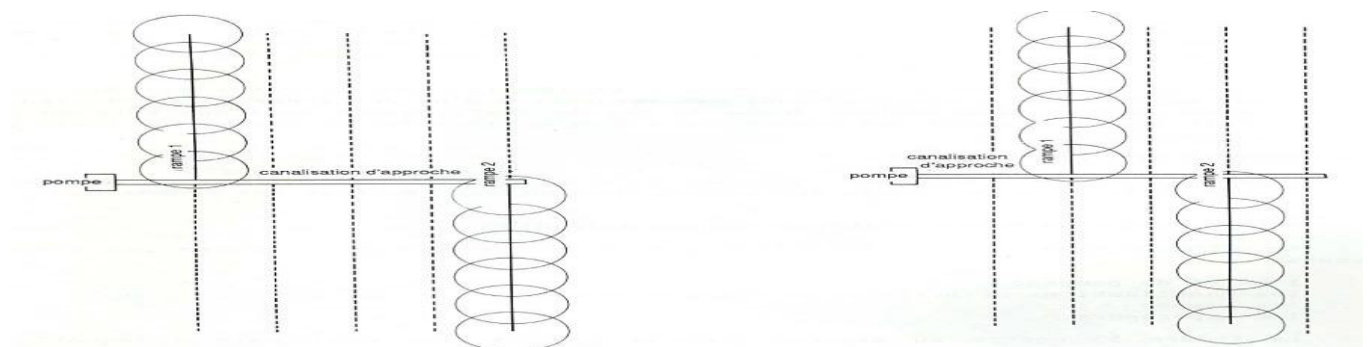
La technique d'irrigation par aspersion est conçue sur le modèle de la pluie naturelle. L'eau est refoulée sous pression dans un réseau de conduites, ensuite elle est diffusée par des asperseurs rotatifs sous la forme d'une pluie artificielle (**Brouwer, 1990**).

À partir de la prise d'irrigation, l'agriculteur dispose d'une canalisation d'approche alimentant les rampes sur lesquelles sont montés les asperseurs (**figure N°5**).

Il existe deux grandes catégories d'arrosage par aspersion en fonction du matériel utilisé:

_Les rampes mobiles.

_Les rampes fixes.

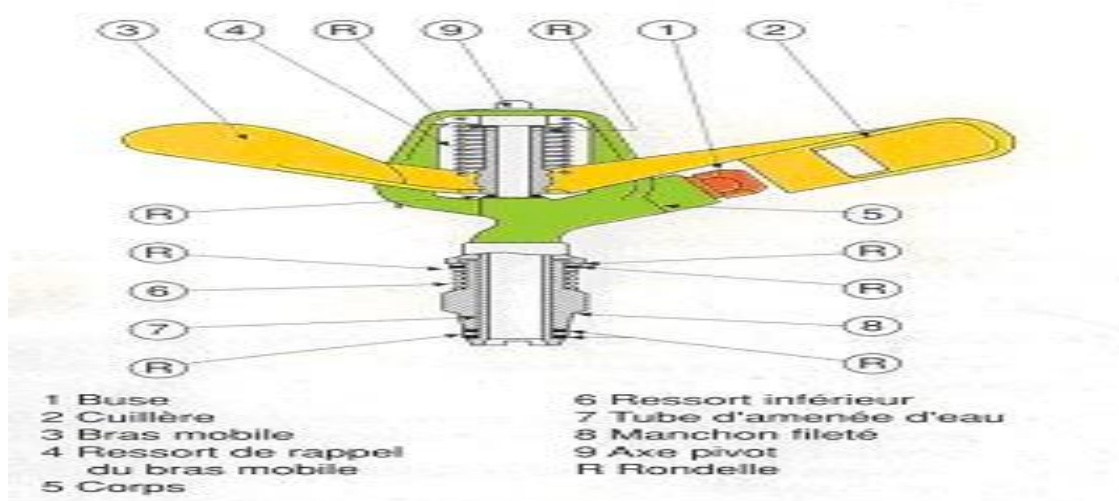


Rampes 1 et 2 en premier poste

Rampes 1 et 2 en deuxième poste

Fig N° 05 : Réseau d'irrigation par aspersion avec deux rampes mobiles (à déplacement manuel) (**Brouwer,1990**).

Une installation d'irrigation sous pression est généralement composée d'un équipement fournissant la pression nécessaire à son fonctionnement, d'appareils de mesure et de control de débit, et d'une conduite principale amenant l'eau jusqu'aux conduites secondaires et tertiaires. D'autres éléments peuvent être utilisés, notamment filtre ou une batterie de filtres et un dispositifs d'adjonction d'éléments fertilisants (**Azougagh, 2001**).



- 1 Buse
- 2 Cuillère
- 3 Bras mobile
- 4 Ressort de rappel du bras mobile
- 5 Corps
- 6 Ressort inférieur
- 7 Tube d'amenée d'eau
- 8 Manchon fileté
- 9 Axe pivot
- R Rondelle

Fig N° 06 : Schéma d'un asperseur (**BEKHOUCHE et al,2017**).

II.4.1. Conditions d'utilisation :

L'irrigation par aspersion consiste à fournir l'eau nécessaire aux cultures sous une forme analogue à la pluie naturelle. L'eau est mise sous pression, généralement par pompage, pour être ensuite distribuée au moyen d'un réseau de canalisations.

La distribution d'eau est faite au moyen de rampes d'arrosage équipées d'asperseurs. L'eau sort sous la forme d'un jet et se répartit en gouttelettes d'eau qui tombent sur le sol. Le choix du dispositif de pompage, des asperseurs et la bonne gestion de l'eau doivent garantir la distribution uniforme de l'eau d'irrigation (**Brouwer, 1990**).

II.4.1.1. Cultures recommandées :

L'irrigation par aspersion convient aux cultures en lignes, de plein champ et à l'arboriculture. La distribution de l'eau peut se faire sur ou sous frondaison. Cependant, les asperseurs géants sont à éviter dans le cas des cultures délicates telles que la salade, car les grosses gouttes d'eau risquent de provoquer le dépérissement des plantes. (**Brouwer, 1990**)

II.4.1.2. Pentes adéquates :

L'irrigation par aspersion s'adapte à toutes les pentes de terrain cultivable, qu'elles soient uniformes ou irrégulières. Les rampes d'arrosage portant les asperseurs doivent suivre autant que possible les courbes de niveau. Cette disposition a l'avantage de minimiser les variations de pression le long de la rampe et de garantir un arrosage uniforme. (**Brouwer, 1990**)

II.4.1.3. Types de sol appropriés :

La technique d'irrigation par aspersion est la meilleure pour les sols sableux à taux d'infiltration assez fort, sans pour autant ignorer qu'elle s'adapte parfaitement à la plupart des types du sol. La pluviométrie moyenne des asperseurs (en mm/h) doit être inférieure au taux d'infiltration permanent du sol, pour éviter le ruissellement des eaux en surface.

Cette technique est à écarter pour l'irrigation des cultures sur des sols à encroûtement rapide. Au cas où on ne peut pas recourir à d'autres techniques d'irrigation, les asperseurs doivent être choisis de sorte que la distribution de l'eau soit en pluie fine. On doit éviter l'emploi des asperseurs à fortes pressions délivrant une forte pluie (grosses gouttes). (**Brouwer, 1990**)

II.4.2. Avantages et inconvénients de l'irrigation par aspersion :

Parmi les avantages de l'irrigation par aspersion, on peut citer :

- Besoins en main-d'œuvre généralement faibles (mais très variables selon le degré d'automatisation).
- Absence de nivellement préalable. Cependant, la pente générale du sol ne doit pas en principe dépassé 10 %.
- Possibilité d'arroser tous les types de sol. On peut obtenir la même efficacité d'arrosage sur les sols les plus sableux que sur les sols les plus argileux, grâce à la large gamme des intensités

pluviométriques offertes par les différents matériels. La pluviométrie maximale admissible varie en effet en fonction du type de sol, de la couverture du sol et de la pente.

- Possibilité de contrôle précis des doses appliquées, ce qui permet un bon rendement des arrosages (à condition que la technique soit bien maîtrisée par les irrigants).
- Bon rendement des réseaux de canalisation qui, avec une bonne efficacité d'arrosage à la parcelle, réduit les consommations en eau par rapport à l'irrigation de surface.
- Automatisation très poussée permise par le réseau sous pression.
- Possibilité de réaliser des arrosages à faible dose et à cadence rapide (levée de semis en l'absence de pluie : cultures de contre-saison, céréaliculture en zone désertique).
- Facilité de mesure des consommations d'eau, permettant la facturation au volume.
- Possibilité de mélanger, facilement, des engrais et pesticides à l'eau d'irrigation.
- Suppression des surfaces perdues en emprises de canaux et rigoles.
- Oxygénation de l'eau projetée en pluie, favorable dans le cas d'utilisation d'eaux résiduaires réductrices.

Le matériel gêne rarement les façons culturales et est constitué de structures souples, mobiles, adaptables à tous les cas particuliers (**BEKHOUCHE et al, 2017**)

Par ailleurs les inconvénients peuvent être ainsi résumés :

- Le coût d'investissement initial est très élevé (moteur, pompe, tuyaux,, asperseurs, contrôleur de pression, vannes, etc...)
- Le coût d'opération est élevé à cause des besoins en énergie pour le pompage et pour le Le coût d'investissement initial est très élevé (moteur, pompe, tuyaux,, asperseurs, contrôleur de pression, vannes, etc...)
- Besoin d'une main-d'œuvre pour le déplacement des tuyaux (il y'a des systèmes autopulseurs).
- L'application de l'eau peut être fortement affectée par le vent.
- Les plantes élevées telles que la canne nécessite un équipement appropriée.
- Les feuilles mouillées peuvent être l'origine de certaines maladies.
- Très souvent l'eau peut subir des sédiments en suspension, c'est pour cela qu'il faut les filtrer à fin d'éviter l'obstruction des asperseurs.
- L'eau d'irrigation doit être de bonne qualité pour éviter des problèmes de salinité (**HUMBERTO ,1980**).

II.5. Eléments de bases d'une conduite de gestion de l'irrigation :

II.5.1. Les éléments de calcul :

Les éléments de calcul peuvent varier légèrement selon les modes de distribution ou d'irrigation. Mais de manière générale, il est important de connaître la ressource disponible, l'évaluation de la qualité des eaux, le type de sol, puis évaluer les besoins en fonction des différentes spéculations.

II.5.1.1. Evaluation de la qualité de l'eau d'irrigation :

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

II.5.1.1.1. Les paramètres chimiques :

D'après l'**U.S.S.L (1954)** et **SERVANT (1978)**, la détermination de la qualité chimique de l'eau se base sur la concentration totale en sels dissous (exprimé en CE), le rapport du sodium aux autres cations (exprimé en SAR), la présence du bore et autres éléments toxiques et parfois la qualité de carbonate par rapport à celle de la somme.

II.5.1.1.2. Les paramètres physiques :

Sont jugées non seulement par la présence des matières en suspension en quantités variables qui peuvent être nuisibles (pouvoir colmatant). En effet, la température de l'eau (plus 50°C) peut provoquer des brûlures et des destructions sur les jeunes plantes irriguées traditionnellement par submersion, et voir même détruire la microflore du sol (**DUBOST, 1988**).

II.5.1.1.3. Les paramètres biologiques :

Problèmes de bactéries et autres éléments dangereux qui peuvent avoir un impact sur les sols, les plantes, l'environnement ainsi que sur les consommateurs (hommes ou animaux).

II.5.1.2. Le sol :

Les caractéristiques du sol jouent un rôle majeur dans la planification de l'irrigation. La rétention en eau diffère suivant le type de sol, les sols à texture grossière (comme le sable) retiennent moins l'eau disponible pour les cultures que les sols à texture fine, comme l'argile (**LEBOEUF, et al., 2009**). Le taux d'infiltration et la capacité de rétention sont spécifiques à chaque sol, la connaissance des conditions d'humidité est importante.

II.5.1.3.Détermination des besoins en eau des cultures :

II.5.1.3.1 Calcul des besoins en eau de la culture :

En matière d'irrigation, on cherche à placer les plantes dans des conditions de production optimales et en base l'irrigation sur la valeur de l'évapotranspiration maximale (ET_m) qui est une valeur ponctuelle liée à l'ET₀ qui est relative à une région par un coefficient cultural, donnée par la formule de base de l'approche climatique :

$$ET_m = k_c \times ET_0$$

- **ET_m** : évapotranspiration maximale d'une culture (mm),
- **k_c** : coefficient cultural,
- **ET₀** : évapotranspiration de référence (mm).

II.5.1.3.2.Coefficient cultural k_c :

Qui dépend du stade de la culture et des conditions climatiques, il est généralement inférieur à 1 (COSANDEY et ROBINSON, 2000).

II.5.1.3.3.Évapotranspiration de référence ET₀ (mm) :

La détermination des besoins en eau des cultures implique la détermination de l'ETP. Il existe différentes formules de calcul de l'ETP et le choix dépendra des données météorologiques existantes (OLLIER et POIREE, 1983). ETP est estimée :

- Par des formules prenant en compte des données météorologiques. Ces formules sont basées sur des données climatiques, on en cite: formule de **THORNTHWAITE (1954)**, formule de **PRIMAULT (1962)** et formule de **TURC (1961)** et sur le bilan énergétique on en cite: formule de **PENMAN (1984)** et **MONTEITH (1956)**.
- Par des mesures sur bacs évaporométriques.

$$ETP \text{ ou } ET_0 = K_{bac} * E_p \text{ bac.}$$

- Par des mesures cases lysimétriques.

$$ETP \text{ ou } ET_0 = P - D - [\Delta] S.$$

II.5.1.4.Calcul des besoins en eau d'irrigation :

Noté (BI) est déterminant la quantité totale d'eau, par unité de surface, dont une culture a besoin pour se développer normalement dans les conditions du terrain. Le besoin en eau d'irrigation se divise à leur tour en :

II.5.1.4.1.Besoin net en eau d'irrigation :

Quantité qui doit être effectivement consommée par la plante. Elle est exprimée en mm/j, mm/mois ou toute unité de temps. Il est calculé par la formule suivante :

$$B_n = ET_m - P_e - R$$

- **Pe** : fraction des précipitations stockées dans la zone racinaire (Pluie efficace)
- **R** : ruissellement de l'eau de la pluie

II.5.1.4.2. Besoin brut en eau d'irrigation :

Volume d'eau qui doit être délivré par le réseau ou prélevé sur la ressource en eau. Il s'agit d'une majoration des besoins nets pour tenir compte :

$$\mathbf{BI\ brut = BI / eff}$$

- **BI** : besoin en eau d'irrigation - **eff** : l'efficacité d'irrigation, exprime le rapport adimensionnel entre la hauteur d'eau d'irrigation effectivement requise par la culture.

II.5 .2. Calendrier d'irrigation :

Un calendrier peut être établi pour n'importe quel système d'irrigation; cependant, la fréquence des arrosages et la quantité d'eau utilisée varient d'un système à l'autre. D'après (**LEBOEUF, et al, 2009**), l'établissement d'un calendrier est le processus par lequel on détermine et planifie :

- le moment opportun d'irriguer;
- les besoins en eau de la culture;
- la fréquence des arrosages.

II.5.3. Les eaux d'irrigation :

II.5.3.1. Ressources hydriques naturelles :

Les réserves disponibles d'eaux naturelles sont constituées des eaux souterraines (infiltration, nappe), des eaux de surf ace retenues ou en écoulement (barrages, lacs, rivières) et des eaux de mer.

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

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

Nappes captives : plus profondes que les premières et séparées de la surface par une couche imperméable, l'alimentation de ces nappes est assurée par l'infiltration sur leurs bordures

La nature du terrain sous lequel se trouvent ces eaux est un déterminant de leurs compositions chimiques, cependant elles sont appelées aussi les eaux propres car ils répondent en général aux normes de potabilité. Pourtant, ces eaux sont moins sensibles aux pollutions accidentelles, elles perdent totalement leur pureté originale dans le cas de contamination par des polluants (**Cardot, 1999**).

II.5.3.2. Eaux de surface :

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

Le tableau 07 donne les éléments caractéristiques des eaux de surface par rapport aux eaux souterraines.

Tableau N° 07: Principales différence entre eaux de surface et eaux souterraines. D'après (Degremont, 1989)

Caractéristique	Eaux de surface	Eaux souterraines
Température	Variable suivant saisons	Relativement constante
Turbidité	Variable, parfois élevée	Faible ou nulle (sauf en terrain karstique)
Couleur	Liée surtout aux MES sauf dans les eaux très douces et acides (acides humiques)	Liée surtout aux matières en solution (acides humique...)
Minéralisation globale	Variable en fonction des terrains, des précipitations des rejets ...	Sensiblement constante en général nettement plus élevée que dans les eaux de surface de la même région
Fer et Manganèse dissous	Généralement absents	Généralement présents
Nitrates	Peu abondants en général	Teneur parfois élevée
Micropolluants minéraux et organiques	Présents dans les eaux de pays développés, mais susceptibles disparaître rapidement après suppression de la source	Généralement absents mais une pollution accidentelle subsiste beaucoup plus longtemps
Eléments vivants	Bactéries, virus	Ferro bactéries fréquentes

Deuxième partie
Etude expérimentale

CHAPITRE I
PRESENTATION
DE LA ZONE D'ETUDE

I.1. Caractéristique de la station d'étude :

I.1.1. Localisation géographique :

La ville de Tiaret est localisée au Nord-Ouest de l'Algérie, sur les hauts plateaux Ouest entre la chaîne tellienne au Nord et la chaîne atlasique au sud. Elle s'étend sur une superficie de 20.399,10 km², et est délimitée par les villes de Tissemsilt et Relizane au nord, la ville de Laghouat au Sud, les villes de Mascara et Saida à l'Ouest et par la ville de Djelfa et Media à l'Est.

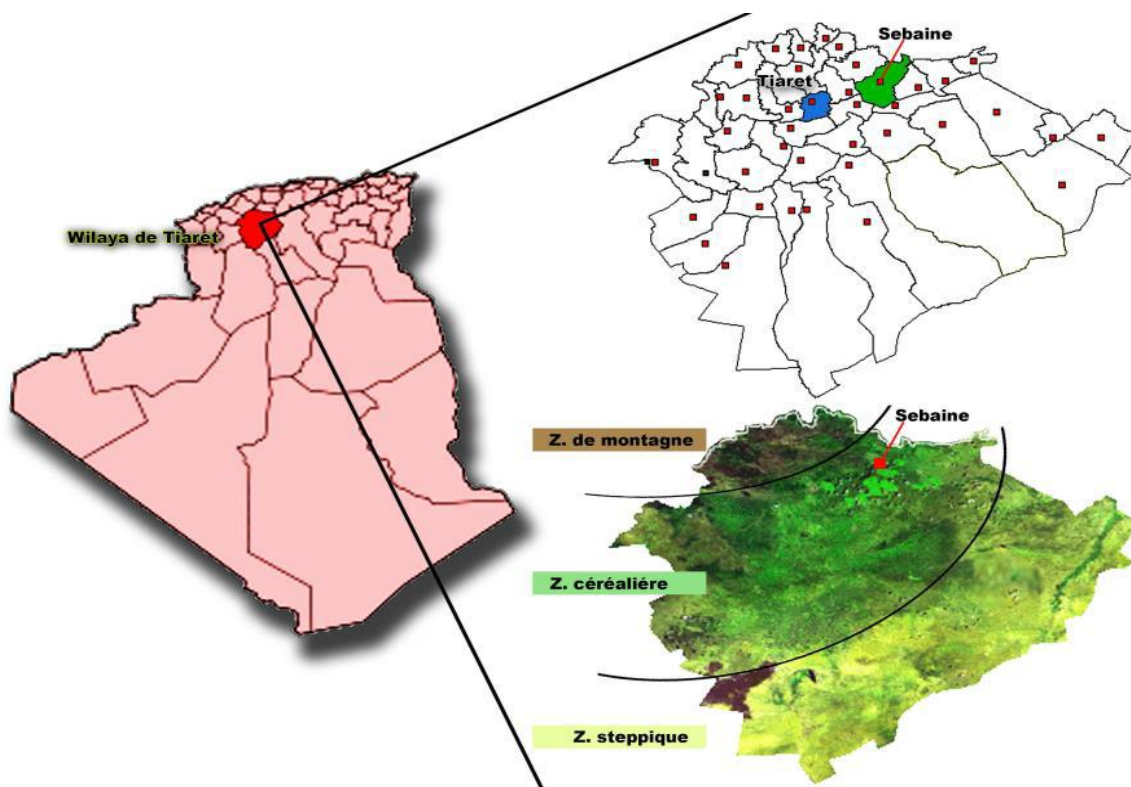


Fig N° 07 : Situation géographique de la zone d'étude (TAHANI, 2009).

I.1.2. Localisation de l'essai :

I.1.2.1. Situation régionale :

Nous avons réalisé notre essai dans la région de Tiaret, sur des parcelles de l'ITGC située dans la commune de Sebaine, Daïra de Dahmouni, à environ 37km du chef-lieu de la wilaya de Tiaret. La zone d'étude se trouve à une altitude de 980m, avec les coordonnées suivantes :

Latitude : 35°24'8.1''N

Longitude : 1°34'29.4''E

I.1.2.2. Situation locale :

La zone d'étude se situe à l'est du chef-lieu de la wilaya de Tiaret, dans la commune de Sebain. Elle occupe une superficie de 600ha environ. Elle est limitée au sud par Nahr- Ouassel, à l'est par la piste reliant la makabra « sidi-raïs » à Nahr-Ouassel, à l'ouest par la route communale reliant Taslemt à Sebain et au nord par la route nationale N° 14 reliant Tiaret-Tissemsilte.



Fig N° 08: Situation locale de la zone d'étude.

I.2. La géologie :

Le matériel géologique qu'on retrouve dans la zone d'étude, comprend :

Le miocène supérieur : calcaire organogène, calcaire marneux, marnes et rares lames de grès micacés.

Le miocène inférieur : marnes grises ou brunes très plastiques, argiles, grès et conglomérats calcaires.

Le quaternaire constitué d'alluvions le long d'oued Nahr-Ouassel et de dépôts de pente anciens et moyens.

I.3. La géomorphologie :

La zone d'étude se trouve sur le versant nord de la vallée de Nahr-Ouassel. Il s'agit d'un glacis plus au moins ondulé à aspect collinaire.

I.4. L'occupation des sols :

La couverture pédologique de la zone d'étude est réservée aux nouvelles souches d'orges variété de Saida.

I.5. Répartition des sols :

La délimitation des principales classes des sols dans la région a été possible, en se basant sur les observations du terrain, l'interprétation des photographies aériennes, les travaux de Moumene 1993, et ceux du département de pédologie de L'ISA (Institut Supérieur d'Agronomie (ISA) de Tiaret /Algérie) de Tiaret de 1990 à 1998. On en déduit que la classe la plus dominante dans la zone d'étude, est la classe des Vertisols qui regroupe les vertisols proprement dit et / ou toutes les autres unités de sol à caractère vertique (isohumiques à caractère vertique, calcimagnésique à caractère vertique). Cette classe s'étend sur plus de 32% de la surface totale. **(Oulbachir, 2010).**

Les sols rouges méditerranéens peu lessivés et les sols bruns calcaires typiques à accumulation calcaire friable, s'étendent sur un peu plus de 13% de la zone étudiée, dans la zone de Sebain, Sidi Hosni et dans le secteur de Mellakou. **(Oulbachir, 2010).**

On a regroupé sous le nom des sols incultes, tous les terrains qui appartiennent à de affleurements rocheux, des maquis, des massifs forestiers ou des alluvions récentes. Les informations récoltées au niveau des services concernés, nous, permettent de donner un aperçu sur la nature des sols de la région. **(Oulbachir, 2010).**

I.5.1. Les vertisols :

Les vertisols représentent 10% de la surface agricole totale (SAT) de la commune, et de bon rendement de l'ordre de 45 Qx/ha, se localisent sur les berges d'oueds comme par exemple l'oued Tolba et l'oued Mina. **(Oulbachir, 2010).**

I.5.2. Les sols fersialitiques :

Les sols fersialitiques occupent la majeure partie de la surface agricole totale (SAT, environ 80%, leur rendement est de l'ordre de 18 à 20 Qx/ha et sont localisés à la partie Sud- Est et Sud-ouest de la commune. La décharge publique de Tiaret se trouve au niveau de ces sols fersialitiques à valeur agricole moyenne. **(Oulbachir, 2010).**

I.5.3. Les sols calcimagnésiques :

Les sols calcimagnésiques se localisent sur la partie Nord-Est de la commune. Au niveau de la petite juementrie, nous rencontrons les rendzines. Ces sols présentent de mauvaises propriétés physiques (abondance de cailloux rendant le sol difficile à travailler et l'insuffisance des réserves

d'eau en période sèche), et les propriétés chimiques sont défavorables : le calcaire actif est très abondant. (Oulbachir, 2010).

I.6. Le climat :

La croissance et le développement reproductif sont tributaires des aléas climatiques, l'étude de ce derniers nous permettra sans doute de voir leurs effets et de conclure quant aux influences des techniques culturales utilisées sur les paramètres du rendement de la culture. Elle est caractérisée par un climat continental à hiver froid et un été chaud et sec. La région de Tiaret est caractérisée par une pluviométrie moyenne de la zone d'étude, est à l'environ de 400mm/an.

I.6.1. La Température :

Le régime des températures est très influencé par l'altitude car celle-ci renforce les gelées d'hiver mais aussi elle adoucit les températures d'été (Couderc, 1973).

I.6.2. Les précipitations :

Les précipitations caractérisent la balance climatique d'une région, par leur intensité, leur fréquence et leur irrégularité, les pluies ont une influence énorme sur le modèle de la région. Selon l'étude faite par Hireche en 2007. Les précipitations enregistrées avant le semis sont non moins négligeables, ce qui fait que le stock d'humidité de sol est moyen. Les précipitations du mois février ont eu un effet avantageux, elles vont permettre un développement plus extensif du système racinaire (Baldy, 1973).

Les précipitations mensuelles enregistrées durant la période montaison, épiaison sont satisfaisantes, ce qui influence le poids des grains malgré les faibles précipitations enregistrées au mois d'Avril.

I.6.3. Phénomènes secondaires :

En plus de la température et de la pluviométrie d'autres facteurs sont pris en considération comme les orages, la neige et la gelée.

1.6.3.1. Les orages :

Les orages se caractérisent par de grosses averses pendant lesquelles une quantité importante d'eau tombe dans notre région.

Au niveau de notre zone d'étude, nous enregistrons une fréquence élevée, particulièrement durant les mois les plus chauds (de Mai à juin) secs orages sont accompagnés par la grêle.

Le phénomène d'orage est très nocif sur le plan géomorphologique, car des quantités importantes d'eau tombent en un temps très court, ce qui accélère le phénomène d'érosion.

1.6.3.2. L'enneigement et la gelée blanche :

Les gelées blanches constituent l'une des plus importantes caractéristiques du climat. C'est un phénomène très marquant et très visuel à l'œil nu. Elles constituent également un facteur limitant pour le développement de la végétation.

1.6.3.3. La neige :

La neige constitue un apport en eau appréciable surtout pour la végétation au début d'hiver.

L'utilité de la neige réside dans le fait de jouer le rôle de régulateur de l'écoulement superficiel et d'alimenter les nappes souterraines, en raison de l'infiltration lente et profonde de la neige dans le sol lors de sa fusion.

Les chutes de neige sont assez fréquentes mais leur épaisseur ne dépasse guère les 15cm.

1.6.3.4. La grêle :

Elle s'observe en saison hiver, elle accompagne souvent l'orage, le nombre moyen des jours de grêle est enregistré au mois de février.

Tableau N^o 08 : Données climatiques au cours de l'essai(ITGC,2018)

mois	Précipitation	Nombre de jours		HC Air température			Phénomènes Accidentelles (Nombre de Jours)				
	Somme	Rosée	Pluie	mini	maxi	moy	Gelée	Neige	Grêle	Brd	Sirocco
sep	7,4	0	7	14,17	29,54	21,86	0	0	0	0	0
Oct	23,2	1	2	7,73	23,39	15,56	0	0	0	1	0
Nov	21	2	6	3,46	17,49	10,47	10	0	0	1	0
Déc	69,6	9	16	1,21	9,77	5,49	12	0	0	2	0
Jan	20	5	8	1,38	12,86	7,12	8	T	0	2	0
Fev	37,8	1	13	0,12	10,19	5,15	11	4	0	0	0
Mars	113,8	0	19	4,30	13,89	9,10	2	2	1	0	3
avrl	162	7	12	6,2	18,13	12,17	3	0	1	1	0
total	454.8	25	83	38.57	135.26	86.92	46		2	7	0.37

I.7. Synthèse climatique :

I.7.1. Diagramme Ombrothèrmique de Gausсен et Bagnouls :

Le diagramme Ombrothèrmique de Gausсен et Bagnouls permet de calculer la durée de la saison sèche. Il tient compte de la pluviosité moyenne mensuelle et la température moyenne mensuelle qui sont portées sur des axes où l'échelle de la pluviosité est double de la tempéra

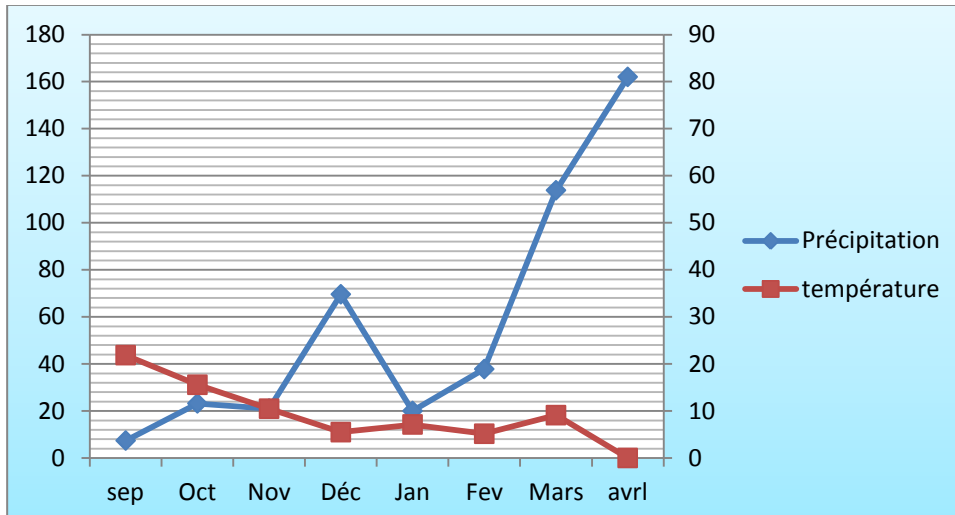


Fig N° 09 : Diagramme ombrothermique de la station de Tiaret.

D'après la figure N° 09, on constate que pour la station, la saison sèche est longue, elle comporte les mois: septembre , octobre, novembre, décembre et mai.

I.7.2. Quotient pluviométrique D'Emberger :

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

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

-En cordonnées le quotient pluviométrique (Q2) D'Emberger.

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

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

P:Pluviométrie moyenne annuelle en (mm).

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

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

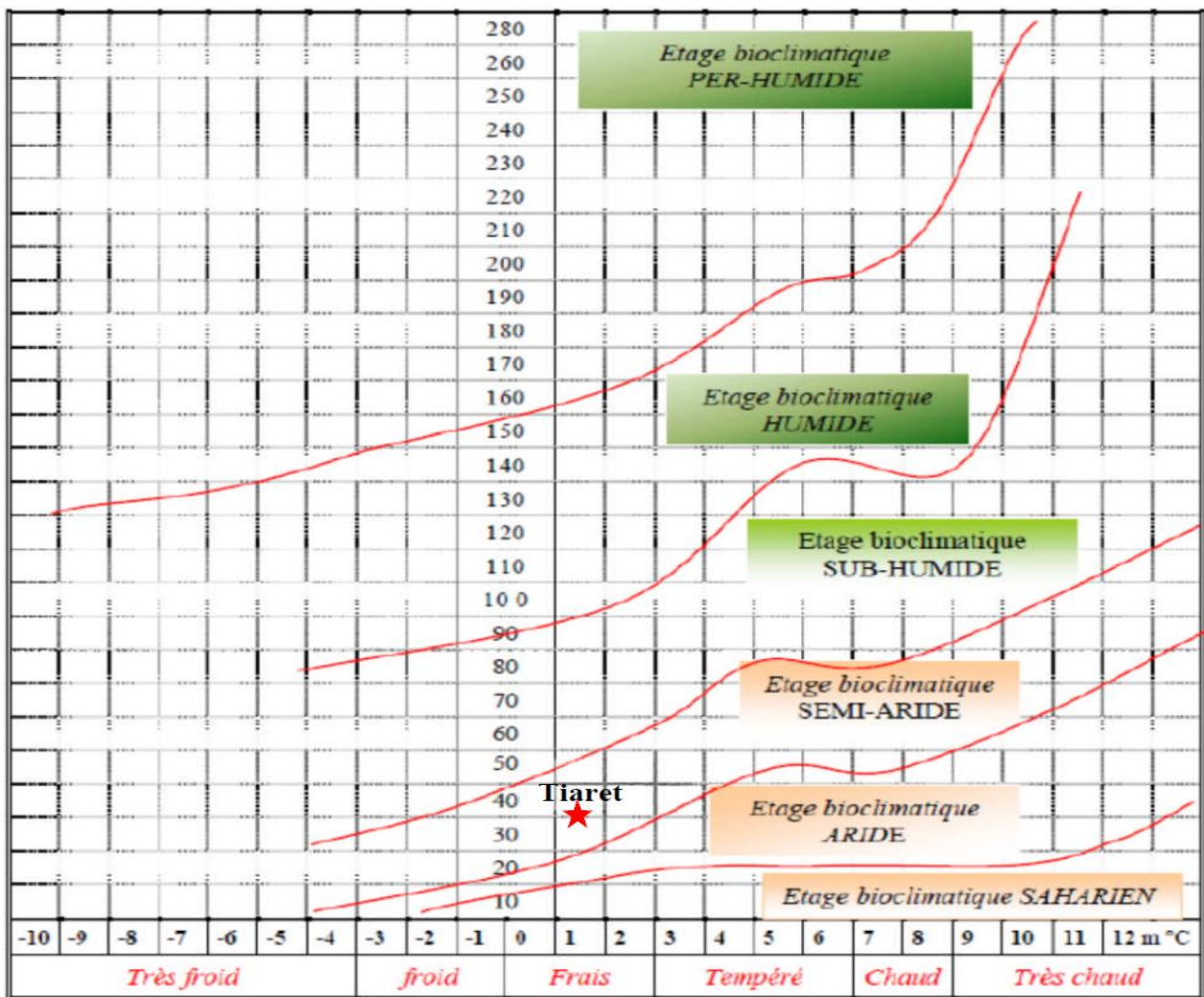


Fig N°10: Emplacement de la station de Tiaret dans le Climagramme D'Emberger (ITGC, 2018).

Suit à la représentation de la valeur de Q2 sur le climagramme, nous constatons que notre zone (station ITGC) qui est située pas loin de Tiaret, appartient à l'étage bioclimatique climatique semi-aride à hiver frais (figureN°10.).

Chapitre II : Matériels et méthodes

II.1. But de l'essai :

Le but de notre travail consiste à étudier le comportement biologique des sols, soit irriguée, soit non irriguée, à travers une évaluation et une détermination de la variation de la biomasse microbienne sous l'influence des techniques d'irrigation ainsi de faire des analyses physico- chimique des sols irriguée dans la région de sebaine.

II.2. Echantillonnage et conservation des échantillons de sols :

II.2.1. Le prélèvement des échantillons :

Le point difficile et en même temps essentiel pour la valeur des résultats de l'analyse est celui du choix des échantillons représentatifs de l'état microbiologique régnant dans le sol étudié. Avant de commencer l'échantillonnage nous devons examiner le terrain du point de vue de son uniformité (p.ex. l'uniformité de son niveau, genre de sol, de végétation, amendements appliqués, etc.).

En prélevant plusieurs échantillons pour obtenir un échantillon moyen, il faut naturellement choisir des sols aussi uniformes que possible. Il faut les prélever dans les mêmes conditions physiques (t°, humidité) et toujours le même jour (**SIMONART, 1957**).

L'échantillon doit représenter le mieux possible le sol de la parcelle. Cela n'est pas facile mais nécessaire pour que les résultats soient corrects. Il faut déterminer les endroits d'échantillonnage de la manière la plus aléatoire possible, en se déplaçant dans l'entièreté de la parcelle et qui peut être arpentée en "W" successifs, en serpentant ou en diagonale ou en zigzag (**ES-SKALLI, 2015**). On a réalisé le prélèvement grâce à une tarière sur quatre points de la parcelle en forme de diagonale, ces échantillons ont été mélangés par la suite dans un même sachet. Pour chaque type de parcelle le prélèvement a été effectué à trois niveaux de profondeurs successives (0cm-10cm), (10cm-20cm) et (20cm-30cm). Chaque échantillon a été clairement identifié par une référence inscrite sur une étiquette accrochée sur le sac lui-même.



Photo N° 02: L'échantillonnage par une tarière pédologique.

II.2.2. Périodes d'échantillonnage et horizons de prélèvement :

Les prélèvements ont été effectués le 16/04/2018 et dont les échantillons ont fait l'objet d'une caractérisation physico-chimique et une caractérisation microbiologique.

II.2.3. Préparation des échantillons :

Les échantillons du sol ont été broyés, tamisés à 0,2 mm et conservés dans des sachets en plastiques. Nous avons pris 03 échantillons séchés à l'air pendant 24 heures, broyés et tamisés à 0.2mm afin de réaliser la caractérisation de nos sols.



Photo N°03: Séchage des échantillons de sol.



Photo N° 04: broyage et tamisage des échantillons.

I.2.4. Méthodes :

Le protocole expérimental est représenté dans la figure N°11 comme suite :

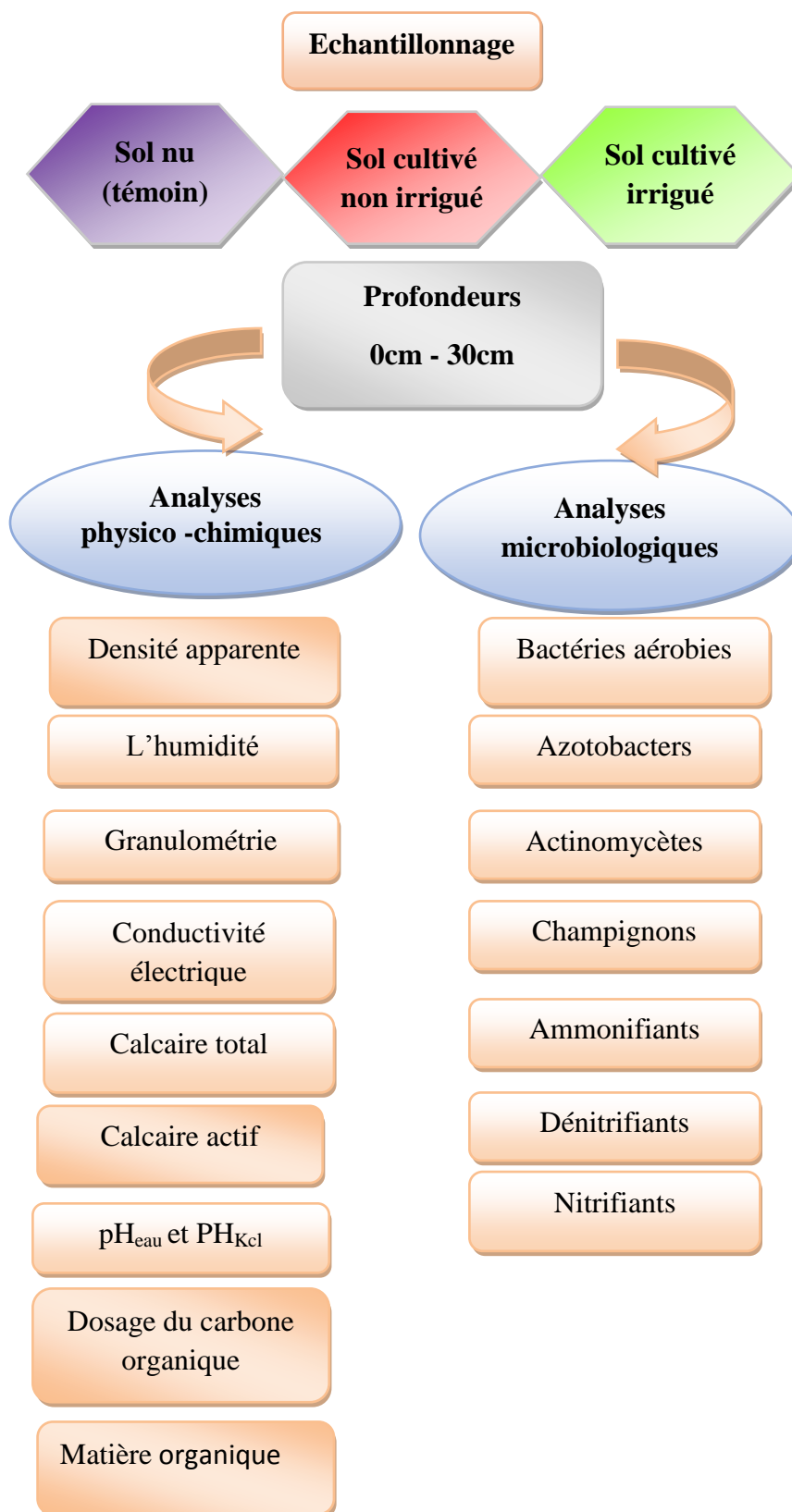


Fig N°11 : Protocol expérimental.

II.3. Analyses physico-chimiques et microbiologiques :

II.3.1. Les analyses physico-chimiques :

II.3.1.1. L'humidité :

L'humidité du sol est le facteur prioritaire du rendement. La première amélioration à apporter est donc l'irrigation ou le drainage, ou quelquefois les deux (GUET, 2003). L'humidité du sol est un facteur essentiel du régime d'infiltration, car les forces de succion sont aussi fonction du taux d'humidité du sol (MUSY et HIGY, 2004).

C'est la perte de poids après séchage à 105°C exprimée en pourcentage par rapport à la terre séchée à l'air %.

$$H = (P_{air} - P_{105^{\circ}C}) / P_{air} \times 100$$



Photo N°5: Echantillons de sol pesés et séchés à l'étuve.

II.3.1.2. La densité apparente :

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

- on pèse et mesure les dimensions des cylindres afin de déterminer ses poids et ses volumes (V en cm³).
- Le cylindre métallique de poids et volume connu est enfoncé verticalement et lentement dans le sol.
- Toute autour du cylindre on dégage la terre, on glisse à sa base une raclette pour éviter que la terre s'écoule du cylindre afin d'avoir un résultat plus précis.
- On met chaque échantillon séparément dans un sac en papier avec le numéro de parcelle et le système d'irrigation.

- On pèse l'échantillon (cylindre + sol) puis on retire l'échantillon du cylindre, le poids du sol est égale au poids de l'échantillon moins le poids du cylindre.
- Une fois l'échantillon extrait du cylindre, il est pesé après séchage à l'étuve à 105 °C pendant 24 heures (P en g).
- Connaissant le poids de l'échantillon à l'état sec et le volume du cylindre, on calcule la densité apparente (Da) par la formule :

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



Photo N° 6 : Densité apparente.

II.3.1.3. Le pH :

Le pH (eau) est déterminé sur une suspension de terre fine, le rapport liquide /terre extrait du rapport 1/5 est mesuré à l'aide d'un pH mètre, le pH est mesuré après 02 heures de rapport de suspension.

La lecture se fait à l'aide d'un pH-mètre (pH-mètre étant préalablement étalonné à l'aide d'une solution tampon de pH connu ; pH =7) (**SOLTNER, 2005**).

Le pH (Kcl) se fait de la même manière que le pH (eau) mais la mesure est prise après une nuit de contact entre la terre et la solution.



Photo N°07: Mesure du pH d'un échantillon de sol à l'aide d'un pH mètre.

II.3.1.4. La conductivité électrique :

Cette méthode consiste à mélanger l'échantillon de sol avec une quantité d'eau suffisante pour obtenir de fortes dilutions. Le rapport sol/eau est en général de 1/5 ou 2/5. La mesure de la conductivité électromagnétique (C.E.M) des sols est une méthode qui petit à petit s'est imposée pour la mesure de la salinité des sols (**De Jong et al, 1979; Williams et Hoey, 1982**).

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

II.3.1.5. Analyse granulométrique :

Par la méthode internationale en utilisant la pipette de robinson qui permet de connaître la répartition des particules minérales inférieures à (2mm), selon la classe de grosseur, il s'agit de déterminer la répartition des particules d'un échantillon selon les différentes fractions granulométriques.

Selon cette méthode, la destruction de la matière organique est faite par l'eau oxygénée (H₂O₂), la dispersion des particules est réalisée par addition de pyrophosphate de sodium. Le prélèvement des argiles et limons a été effectué par la pipette de Robinson ; les sables ont été récupérés par tamisage. La composition granulométrique est exprimée en pourcentage (%). Cette analyse sert à déterminer la texture du sol par l'utilisation du triangle textural (**Baize, 1988**).

II.3.1.6. La texture :

La texture du sol est la composition élémentaire d'un échantillon définie par les proportions relatives des éléments constitutifs groupés par classe de dimension après avoir été individualisés.

La texture est déterminée par analyse granulométrique d'une prise d'essai de terre fine.

Elle a pour but de déterminer le taux de différentes fractions de particules minérales qui sont classées dans le système international en quatre classes :

Argile ($0,2\mu$), Limon (2 à 20μ), Sable (20 à 200μ), Sable grossier (200 à 2000μ).

On procède alors en deux étapes :

Destruction de la MO qui joue le rôle de ciment entre les agrégats par attaque à H_2O_2 (eau oxygéné).

La dispersion des argiles par addition d'hexamétaphosphate de sodium, en absence de ciment particulier, une longue agitation dans l'eau suffit selon la loi de stock. Plus une particule est grosse et plus elle tombe vite dans l'eau sachant que : la température de l'eau influe sur cette vitesse.

Après une dernière agitation homogénéisant d'un échantillon de poids connu ($20g$) dans une allonge pleine d'eau, la sédimentation peut se donner libre sous la seule action de la gravité.

Après 43 secondes de sédimentation on effectue un premier prélèvement à une certaine profondeur, ce prélèvement correspond au poids P1 des argiles plus l'ensemble de limon plus hexamétaphosphate de sodium.

Un deuxième prélèvement après 04 minutes 48 secondes après agitation violente donnera le poids P2 des argiles plus limon fin.

Le troisième prélèvement après 06 heures de sédimentation, correspond au poids P3 des argiles.

Un dernier prélèvement permet de déterminer le poids des sables.



Photo N°8: Analyse granulométrique par la méthode de la pipette de Robinson.

II.3.1.7. Le calcaire total :

Le calcaire est du carbonate de calcium ; il se présente sous la forme de particules plus ou moins grosses ; du point de vue purement granulométrique ces particules sont analogues aux autres grains de sable mais du point de vue chimique elles sont différentes. En effet, les plus fines et les plus poreuses d'entre elles peuvent libérer du calcium qui tend à neutraliser les acides et donc à rendre les terres plus basiques (**POUSSET, 2002**).

Le calcaire total a été déterminé par la méthode volumétrique à l'aide du Calcimètre de Bernard. L'échantillon est attaqué à l' HCl 37%, on mesure le volume de CO_2 dégagé ; un mol de

CO₂ correspondant à un mol de CaCO₃. Le CO₂ dégagé est comparé à celui obtenu par le poids connu de carbonate de calcium pur (**BEDJADJ, 2011**).



Photo N°9 : Mesure du calcaire total par le calcimètre de Bernard.

II.3.1.8. Le calcaire actif :

Le CaCO₃ actif (%) est déterminé par la méthode DROUINEAU - GALLET en utilisant l'oxalate d'ammonium qui se combine au calcium du calcaire facile à dissoudre (calcaire actif) pour former des oxalates de calcium insolubles. L'excès d'oxalate d'ammonium est ensuite dosé par une solution de permanganate de potassium en milieu sulfurique (**BENSEGHIR, 2006**). (Voir le protocole dans l'annexe).



Photo N°10 : Dosage du calcaire actif.

II.3.1.9. Dosage du carbone organique :

Le carbone organique est dosé par la méthode ANNE. Le carbone organique d'une prise d'essai est oxydé par du bichromate de potassium en excès, en milieu sulfurique, l'excès de bichromate non réduit par le carbone organique est alors titré par une solution de sel de Mohr qui réduit le bicarbonate en présence de diphénylamine dont la couleur passe du bleu foncé au bleu vert (**DARI, 2013**). (Voir le protocole dans l'annexe).

Pour calculer la teneur en matière organique du sol (MO %, ou g/100 g de sol sec), la teneur en carbone du sol (C %, ou g/100 g de sol sec) est multipliée par un coefficient de valeur 1,72 (**VAN DE KERCHOVE et al, 2006**).

$$\text{Matière organique \%} = \text{C \%} \times 1,72$$



Photo N°11 : Le dosage de carbone organique.

II.4. Analyses microbiologiques :

L'estimation de la masse microbienne est indispensable pour étudier les flux dans le sol de certains éléments tels que le carbone et l'azote (**DARI, 2013**). Or, la plupart des techniques actuellement disponibles ne peuvent donner des valeurs absolues et des résultats fiables. Cependant ; il s'avère que les méthodes de technique pour nombre de germe sont les plus anciennes, mais leurs bases solides et les perfectionnements techniques importants qu'elles ont connus font qu'elles sont les plus utilisées.

L'évaluation quantitative de la microflore dans un sol donné peut s'effectuer directement par observation microscopique en fluorescence ou indirectement par inoculation dans des milieux de cultures convenables de suspension de sol à différentes dilutions.

Le mode direct permet, à la fois, une évaluation quantitative et qualitative de la microflore. Elle est facilement applicable aux eaux, par contre, elle est plus difficilement utilisable pour les sols, car les particules minérales et organiques gênent le comptage. D'autre part ; cette méthode ne permet pas un

isolement rapide de microorganismes que si l'on dispose d'un micromanipulateur pour cela, afin d'estimer la taille de ce compartiment vivant et d'évaluer les fluctuations de ces populations selon des conditions diverses. Nous avons envisagé la méthode indirecte qui nous permet d'accéder le mieux à ce paramètre (Oulbachir, 2010).

II.4.1. Dénombrement indirect :

Le principe de la méthode s'appuie sur des cultures en milieu liquide ou solide après ensemencement avec des suspensions dilutions du sol.

II.4.2. Méthode d'analyse microbiologique :

L'étude microbiologique a porté sur les échantillons du sol, broyés et tamisés à 2mm puis conservés à 4°C pendant une semaine, suite à la préparation des suspensions dilutions, différentes incubations ont été menées dans les mêmes conditions d'humidité et de température avec des manipulations diverses.

II.4.2.1. Préparation des milieux de culture :

La plupart des milieux de culture se présentent sous forme déshydratée, ce qui assure une composition constante, un stockage facile et une préparation simplifiée, tandis que d'autres doivent être préparés à partir de produits chimiques à des quantités bien étudiées.

II.4.2.2. Mode opératoire :

Lors de la reconstitution des milieux, la poudre est mélangée au volume d'eau préconisé, homogénéisée, puis dissoute totalement par chauffage grâce à un agitateur chauffant, le milieu est ensuite distribué dans des flacons ou des tubes à essais en vue d'être stérilisé par autoclavage (15 minutes à 120°C).



Photo N° 12 : Milieux de culture solides. **Photo N° 13:** Milieux de culture liquides.

II.4.2.3. Préparation des suspensions dilutions :

Selon son origine, l'échantillon peut être utilisé directement ou nécessiter une dilution (RENOUF *et al*, 2010). Dans le cas d'échantillons solides, comme le sol, on doit passer par une étape de préparation de l'échantillon, ici on a pesé 1g de sol séché et broyé à 2mm de diamètre, et on l'a dissout dans un tube contenant 9 ml d'eau distillée stérile, on a mélangé la solution pour l'homogénéiser, on a obtenu la dilution 10^{-1} (qui est aussi considérée comme la solution mère). On a transféré par la suite grâce à une pipette graduée stérile, 1ml de la dilution 10^{-1} dans un tube contenant 9 ml d'eau distillée stérile et on l'a bien agité pour l'homogénéiser, on a obtenu la dilution 10^{-2} . La même opération a été répétée jusqu'à être arrivé à la dilution 10^{-9} .

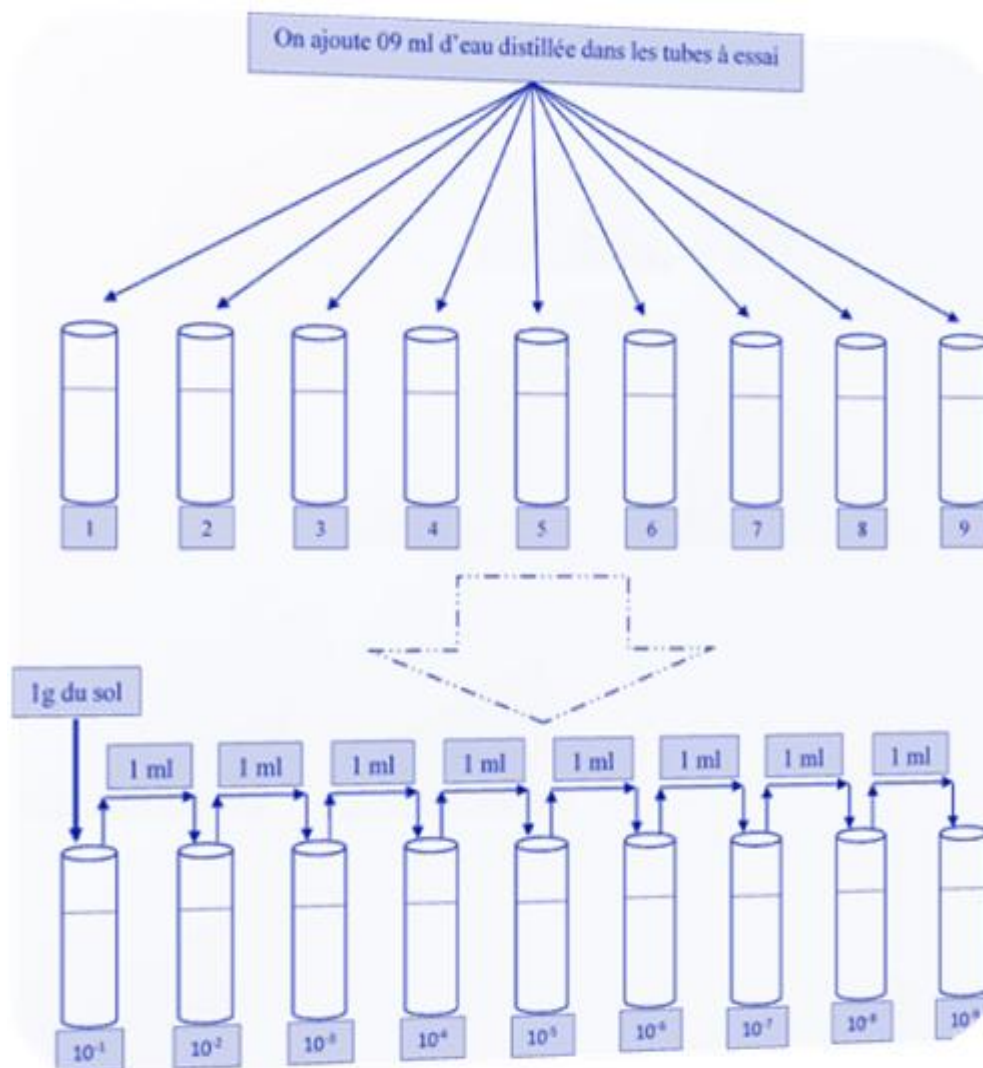


Fig N° 12 : Préparation des suspensions.

II.5. Les analyses des microflores telluriques :

II.5.1. Ensemencement :

Une série de dilutions de 10^{-1} à 10^{-7} est préparée. Pour la même dilution, on refait plusieurs essais, pour avoir un nombre moyen et augmenter la précision du dénombrement.

II.5.1.1. Les bactéries aérobies :

Le milieu gélosé nutritif est coulé dans la boîte de Pétri bien avant la manipulation afin que la surface soit bien sèche, et la gélose bien solidifiée. Puis 0,1ml de chaque dilution est étalée en surface, soit avec un étaleur en verre ou en plastique jetable (RENOUF *et al*, 2010). Dans notre cas, on a ensemencé la dilution 10^{-5} dans 03 boîtes de Pétri contenant le milieu gélosé destiné à la culture des bactéries aérobies.

II.5.1.2. Les azotobacter, les champignons et les actinomycètes :

L'ensemencement est fait dans la profondeur de la gélose. Pour cela 1ml ou 0,1 ml de chaque dilution est placé dans la boîte de Pétri vide. Puis le milieu gélosé liquéfié par chauffage jusque vers 40°C est coulé dans la boîte (RENOUF *et al*, 2010). Dans notre cas, on a ensemencé 1ml de la dilution 10^{-5} en profondeur à raison de 3 boîtes par milieu de culture. Le tout est homogénéisé en effectuant des rotations en 8.

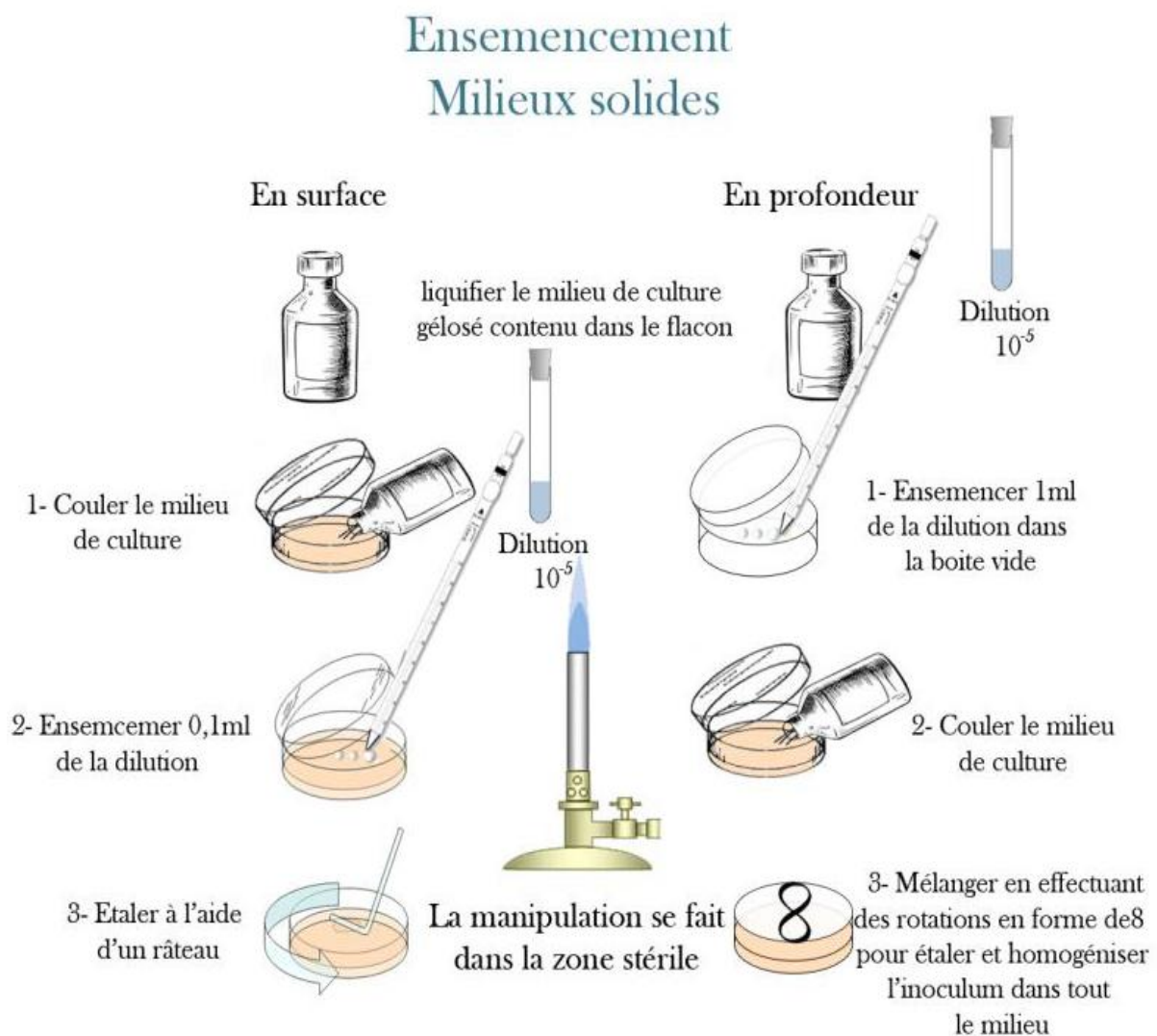


Fig N° 13 : Techniques d'ensemencement sur les milieux solides.

II.5.1.3. Les ammonifiants, nitrifiants et dénitrifiants :

Ensemencer les tubes contenant 05ml des milieux de cultures liquides avec 01ml des dilutions 10^{-5} , 10^{-6} , 10^{-7} à raison de 3 tubes pour chaque dilution.

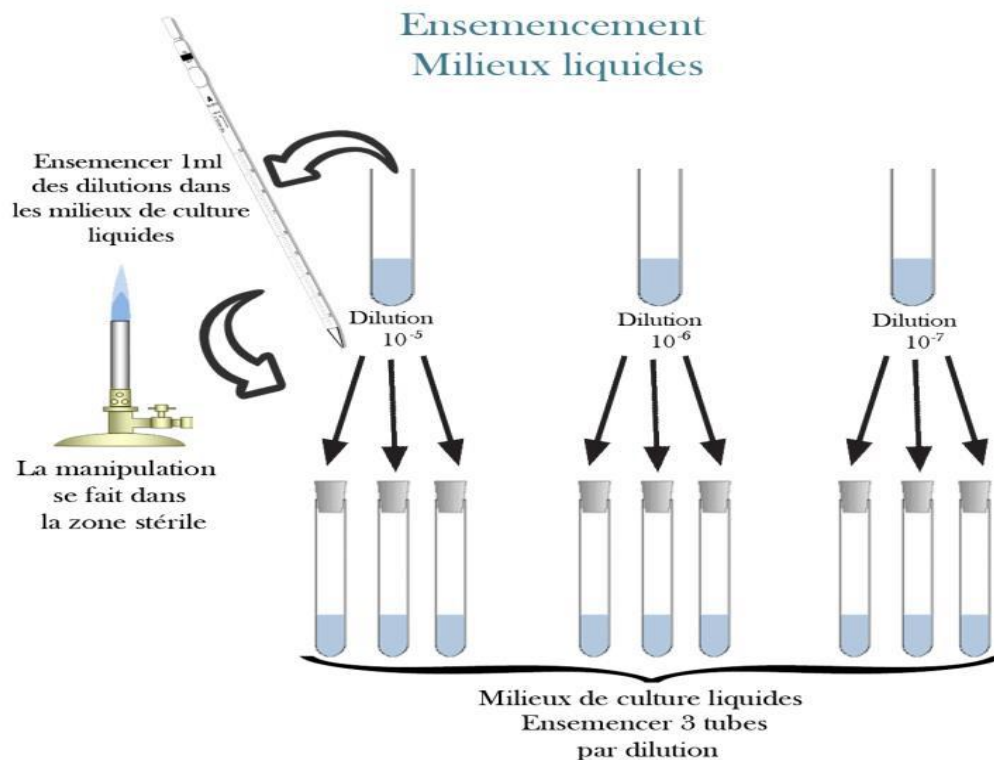


Fig N° 14: Technique d'ensemencement dans les milieux liquides.

II.6. Incubation :

Les bactéries aérobies, les *azotobacter*, les champignons et les actinomycètes

L'incubation se fait à la température de 28°C pendant 7 jours

Les ammonifiants, les nitrifiants et les dénitrifiants la lecture des résultats se fait après 21 jours.

II.7. La lecture des résultats :

Les calculs du nombre de germes dans 1g du sol pour les actinomycètes, azotobactères, champignons et les bactéries aérobies sont faits par la relation suivante :

$$N = (\Sigma \text{ colonies} / n) \times K \times Cs$$

N : nombre total des germes exprimés en germes/gramme du sol (UFC/g) ;

$30 \leq \Sigma \text{ colonies} \leq 300$;

n : nombre des boîtes comptées ;

K : l'inverse de facteur dilution (d) ;

Cs : coefficient de sécheresse = $1 / \{1 - H (\%) \}$.

II.7.1. Les germes ammonifiants :

Les lectures sont faites après 21 jours par l'addition de réactif de Nessler Tube (+) = Trouble jaune ou bien orange. Tube (-) = pas de coloration.

Déterminer le nombre de germes ammonifiants par gramme du sol à l'aide de la table de Mac-Crady.

II.7.2. Les germes nitrifiants :

La lecture des résultats se fait après 21 jours à l'aide du Zinc en poudre, plus quelques gouttes de NaOH, on chauffe en mettant en même temps un papier tourne sol sur le tube.

Le résultat est positif lorsque le papier tournesol vire au bleu on détermine le nombre de tubes positif et on calcule le nombre par gramme de terre.

II.7.3. Les germes dénitrifiants :

La lecture des résultats dénitrifiants à la même façon que les nitrifiants, seulement les tubes où le papier tourne sol vire au bleu, sont les tubes (+) et là où le papier ne vire pas sont les tubes (-).

Le dénombrement des germes dans 1g du sol est fait par la relation suivante :

N : Nombre totale des germes exprimés en germes/ml du sol (UFC/ml) ;

NPP : Nombre caractéristique lu dans la table de Mac Crady

K : L'inverse de facteur dilution correspondant

V : Volume de l'inoculum (1 ml en général)

Résultats et discussions

III.1. Caractérisation physico-chimique des sols de la région de sebaïn :

Les résultats des analyses physiques et chimiques sont exprimés dans le Tableau N°9 ci-dessus:

	S.N	S.C.N.I	S.C.I
Humidité(%)	20.12	26.3	37
pH eau	7.4	7.2	6.91
pH kcl	6.2	6.80	6.62
Conductivité électrique (µS)	110	288	135
Calcaire total(%)	13.63	19.09	16.17
Calcaire actif(%)	1.88	2.5	1.5
Carbone(%)	1.22	1.71	2.62
Matière organique(%)	2.11	2.94	4.5

Tableau N°9: Caractérisation physico-chimique des sols étudiés.

On déduit que les résultats présentent des variations des paramètres physico-chimiques qui sont influencées par ;

- L'application de l'irrigation par aspersion ou son absence sur le sol.
- De même la présence ou l'absence de culture.

III.1.1 . Analyse granulométrique :

L'analyse granulométrique permet de donner les différents pourcentages des différentes particules de sol, l'appréciation de la texture a été effectuée suivant la méthode de la pipette de Robinson, les résultats sont illustrés dans le **tableau N°10**.

	Texture	Argile %	Limon fin %	Limon grossier %	Sable fin %	Sable grossier %
S.C. I	SL	23.42	11.12	16.44	36.54	10.25
S.C. N. I	LS	18.88	16.53	27.76	28.29	7.84

Tableau N°10 : Analyse granulométrique des sols étudiés.

D'après les résultats présentés par le tableau N°10, nous déduisons que nos sols a une texture limono - sableuse et sablo - limoneuse.

D'après (FAO ,1990) les sols de toutes classes texturales (sauf peut- être les sables grossiers) sont irrigables par méthodes ou une autre quant l'opération se justifie économiquement et rien n'empêche la pénétration des racines.

III.1.2. L'humidité de sol :

L'humidité dans le sol **cultivé irrigué** est supérieure que dans le sol **cultivé nom irrigué** en outre, la présence de résidus en surface qui limitent le phénomène d'évaporation et la vitesse d'infiltration. Il s'avère que le sol présente une bonne rétention en eau

En outre la capacité de rétention d'eau d'un volume de sol augmente avec la quantité d'argile et de limon qu'il contient (**BRABANT, 1991**).

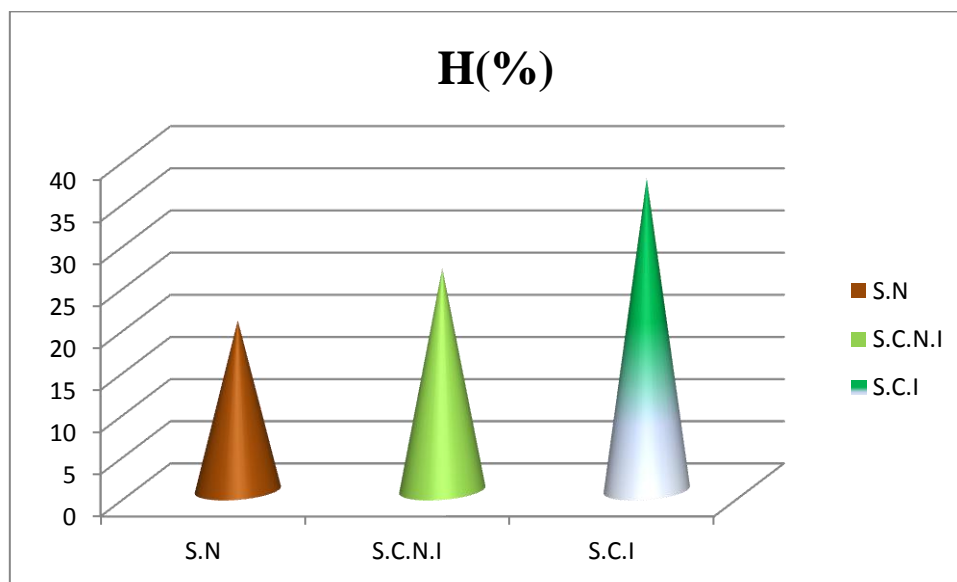


Fig N°15 : Variations du taux d'humidité des sols.

III.1.3. Le pH de sol :

Il est important de savoir avant toute l'interprétation que le pH n'est pas une caractéristique stable du sol. Le pH varié avec la saison (**Delaunois, 1976**).

Le pH est le premier indicateur de toute évolution physico-chimique des sols. Il s'agit d'un paramètre relativement facile à mesurer. Selon l'échelle d'interprétation du pH eau signalé par (**BAIZE ,2000**).

Tableau N° 11 : Echelle d'interprétation du pH eau (**BAIZE ,2000**).

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

Selon les résultats enregistrés dans le **Tableau N°11**, le pH de nos sols s'avère moyennement alcalin, il varie entre 6.2 à 7,4, le pH de sol **cultivé nom irrigué** est supérieur au pH du sol **cultivé irrigué**, il représente un milieu favorable pour l'activité des certains microorganismes (**FAUGIER, 2010**).

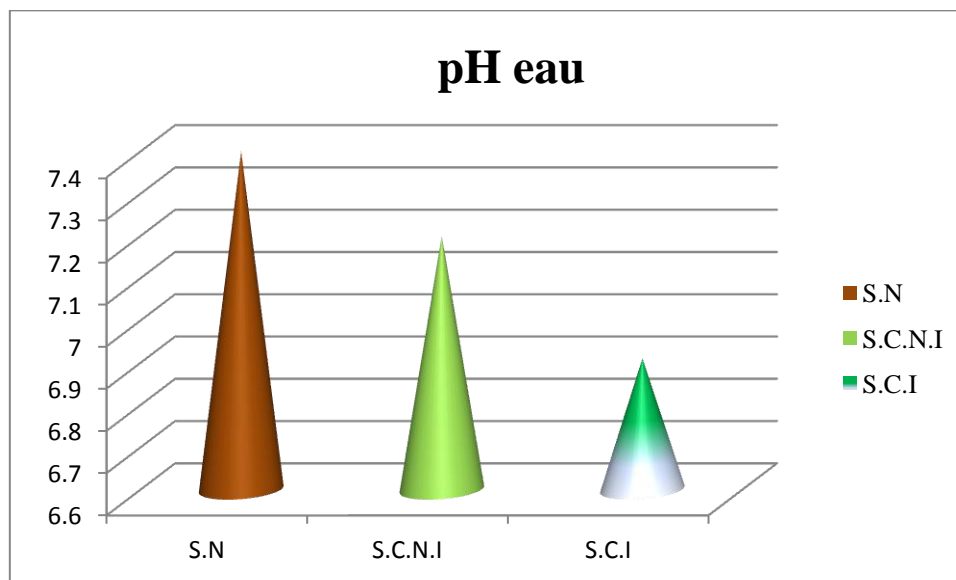


Fig N°16 : Variation du pH eau des sols.

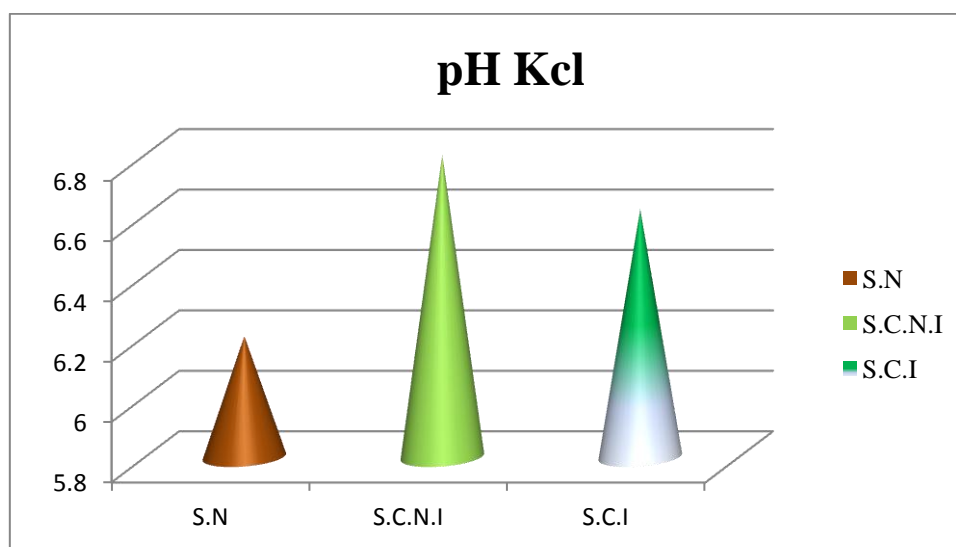


Fig N°17 : Variation du pH kcl des sols.

III.1.4. La conductivité électrique (μs) :

Dans l'évaluation des sols irrigables, l'intérêt des valeurs de la CE est double : d'une part elle permet de mesurer la productivité potentielle du sol en fonction de sa capacité à retenir et à fournir des éléments nutritifs ; et d'autre part, elles fournissent une indication sur la nature des minéraux argileux en présence.

Les résultats des échantillons montrent que la CE varie entre 110 (μS) et 288 (μS), alors selon le **tableau N°9** un sol avec une $CE \leq 500 \mu\text{S/cm}$, est un sol non salé, et l'effet de cette dernière sur le rendement est négligeable donc nos sols sont considérés non salés (**DURAND, 1983**).

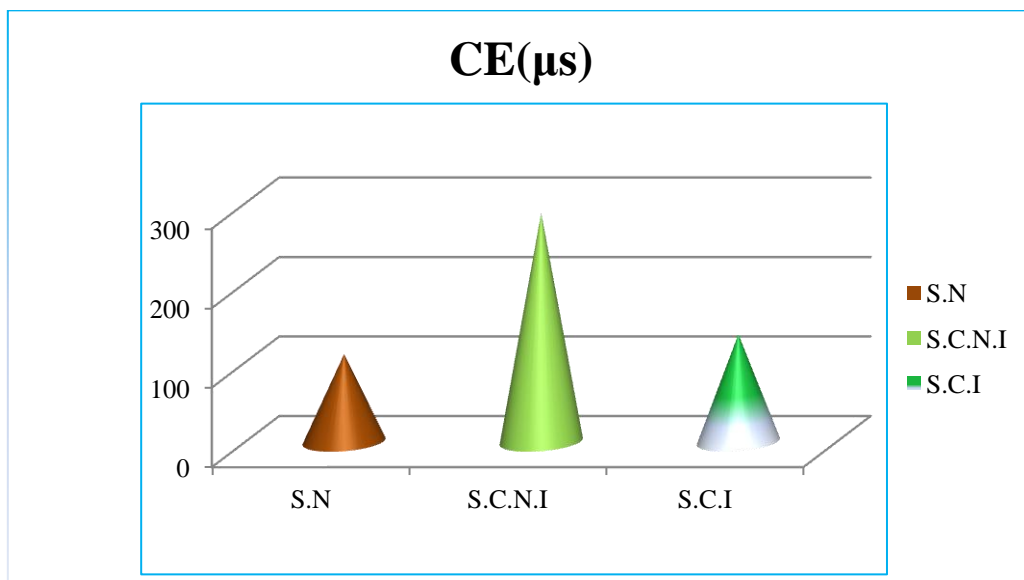


Fig N°18 : Variation de la CE des sols.

La figure N°18 indique que la conductivité électrique est influencée par les eaux d’irrigation, elle augmente dans la parcelle cultivé non irriguée, tandis qu’elle diminue dans le sol cultivé irrigué.

Cette diminution peut être expliquée par l’eau qui entraîne la dissolution de sels calcaires dans le sol.

III.1.5. Le calcaire total :

Nous remarquons que la teneur en calcaire de nos sols varie entre 13.63% et 19.09%, quant au calcaire actif sa teneur est comprise entre 1.5 et 2.5. Le taux du calcaire dans les sols influence la conductivité électrique d’une façon indirecte et le pH du sol de façon direct.

Le calcaire total dans le sol cultivé non irriguée est supérieure que les sols cultivé irrigué.

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

Tableau N°12: 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

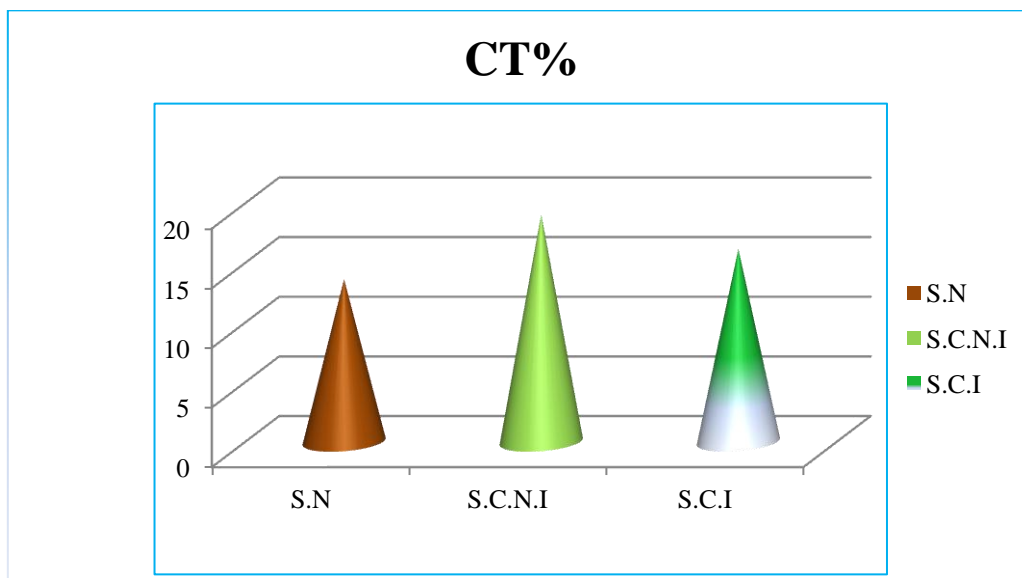


Fig N°19 : Variation du CT (%) des sols.

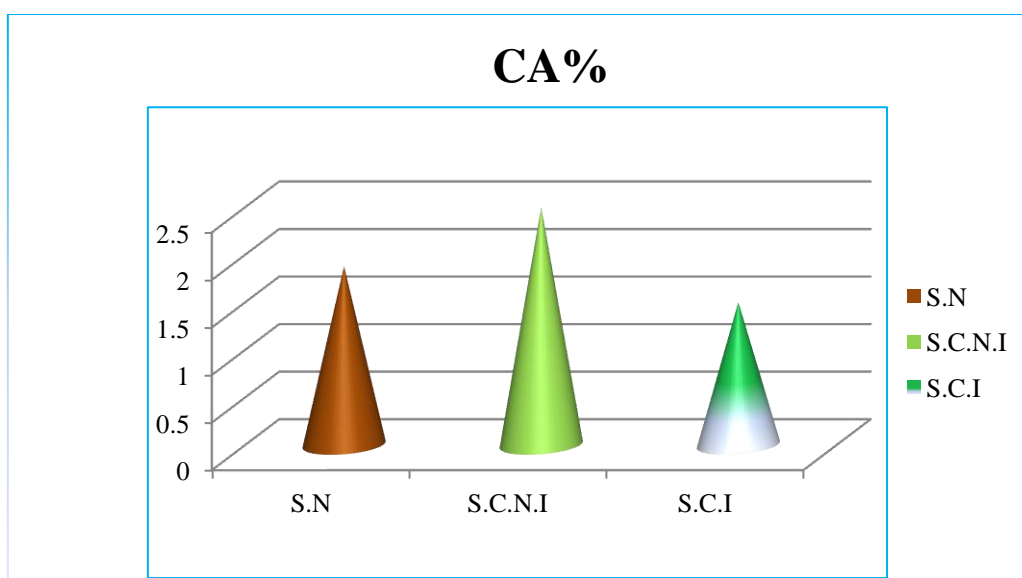


Fig N°20: Variation du CA des sols .

D'après les résultats obtenus nous remarquons que le taux de calcaire actif est plus faible qui coïncide avec une période de précipitations qui pourraient probablement les solubiliser. Ces résultats révèlent que l'eau d'irrigation influe sur le taux de dissolution du calcaire dans le sol. L'eau est susceptible de dissoudre le calcaire, en faible quantité, mais son pouvoir dissolvant est renforcé par la présence de CO₂ dissous qui accroît l'acidité.

III.1.6. Le carbone organique et la matière organique :

D'après (Michel, 1997), la matière organique est une source d'énergie, il en faut de grandes quantités dans le sol pour soutenir les besoins des populations bactériennes. La MO est une source importante d'éléments nutritifs pour les plantes et la connaissance de sa teneur totale dans le sol renseigne sur sa potentialité fertilisante. La matière organique a également un rôle important dans la « fabrication » des agrégats. Autrement dit sur l'élaboration de la structure du sol instable. Le taux de la

matière organique dans le sol dépend des quantités des résidus et des débris qui, soient d'origine végétale, ou animale, présents dans le sol.

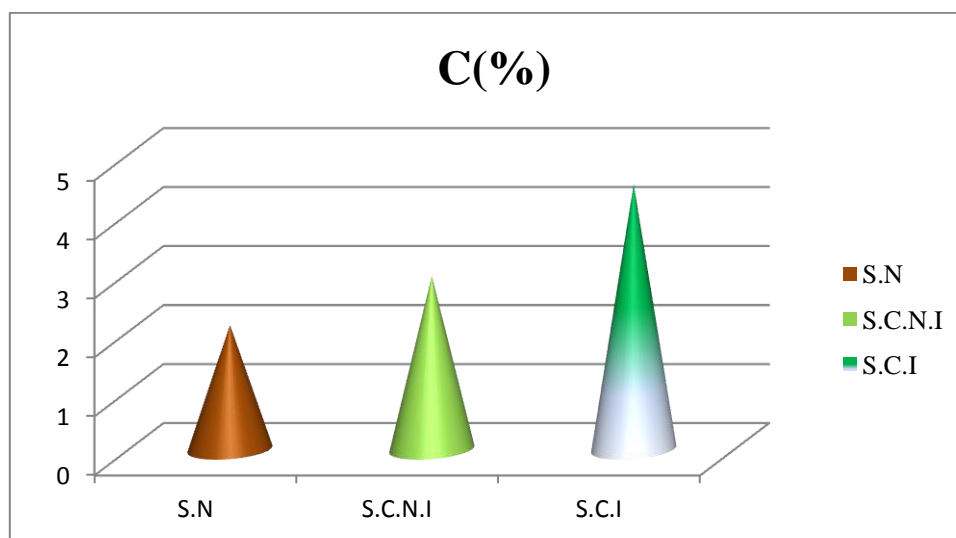


Fig N°21 : Variation du taux de la MO des sols.

Nos sols s'avèrent moyennement riche en matière organique. Ce qui s'expliquerait par une forte minéralisation de la matière organique accompagnée d'une augmentation de la teneur en calcaire total qui influe négativement sur la teneur en carbone dans le sol. **La figure N°21** montre que la teneur en carbone organique dans le sol cultivé non irrigué est inférieure par rapport le sol cultivé irrigué. On peut déduire que la matière organique est plus abondante dans les résidus provenant de cultures céréalières.

Dans notre travail nous avons constaté que le carbone organique (matière organique) du sol augmente sous l'effet d'irrigation (**figure N°21**) ce qui confirme l'effet significatif d'irrigation ainsi, selon (CPVQ, 2000), la paille des céréales constitue une excellente source de matière organique.

III.2. Caractérisation microbiologique des sols (Région de sebaïne) :

III.2.1. Résultats de l'analyse microbiologique des sols :

III.2.1.1. Résultats de l'analyse microbiologique des sols (milieux solides) :

	Champignons /g	Bactéries aérobies/g	Azotobacters/g	Actinomycètes/g
S.N	139.7x10 ⁶	203.8x10 ⁶	174.60x10 ³	254.6x10 ³
S.C.N.I	353.8x10 ⁶	407.9x10 ⁶	298.1x10 ³	201.3x10 ³
S.C.I	412.69x10 ⁶	396.82 x10 ⁶	183.7x10 ³	380.95x10 ³

Tableau N°13 : Résultats de l'analyse microbiologique des sols (milieux solides).

III.2.1.2 Résultats de l'analyse microbiologique des sols (milieux liquides) :

	Germes Ammonifiants microorganismes/g	Germes Nitrifiants microorganismes/g	Germes Dénitrifiants microorganismes/g
S.N	4 x 10 ⁵	2 x 10 ⁵	3 x 10 ⁵
S.C.N.I	16.0 x 10 ⁵	3.0 x 10 ⁵	20.0 x 10 ⁵
S.C.I	≥ 140 x 10 ⁵	≥ 140 x 10 ⁵	≥ 140 x 10 ⁵

Tableau N°14: Résultats de l'analyse microbiologique des sols (milieux liquides).

III.2.2. Discussion de l'analyse microbiologique des sols :

III.2.2.1 Discussion de l'analyse microbiologique des sols (milieux solides) :

III.2.2.1.1. Discussion des résultats des champignons :

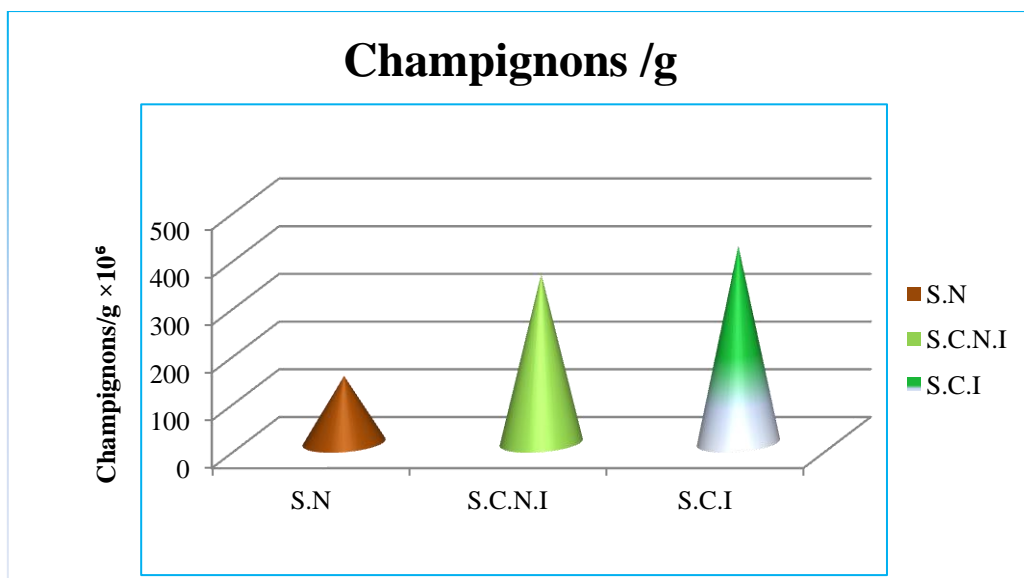
On constate que les champignons sont plus nombreux dans le sol **C.I** et moins nombreux dans le sol **C.N.I**. Le nombre des champignons est moins important que celui des bactéries ou des actinomycètes dans le sol. Cette augmentation peut être expliquée par la particularité que possèdent les champignons vis-à-vis de l'acidité. En effet les champignons préfèrent des milieux acides où ils ne rencontrent pas la concurrence des bactéries (**MOREL, 1989**).

Quant à la sensibilité à la salinité, les champignons sont les microorganismes les plus sensibles (**DOMMARGUES et MANGENOT, 1970**).

Donc le taux de salinité diminue le nombre de champignons dans le sol sous céréale qui présente une CE de 288(μS) qu'elle est diminuée sous l'effet de l'irrigation.



Photo N°14 : Aspect macroscopique des colonies des champignons.



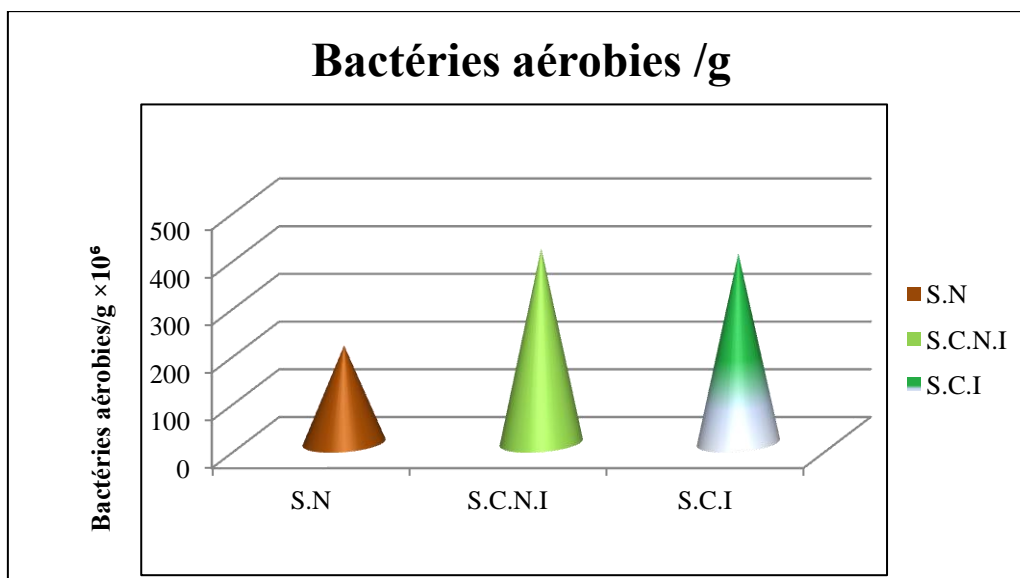
FigN°22 : Evolution des champignons des sols.

III.2.2.1.2 Discussion des résultats des aérobies :

Le sol **cultivé non irrigué** présente un nombre élevé des bactéries aérobies par rapport au sol **cultivé irrigué** et au sol **nu** qui un sol bien aéré se reconnaît par sa texture, sa structure, sa porosité et l'allure des racines, d'une manière générale ; la densité des bactéries aérobies est relativement plus importante dans le sol **C.N.I** où la température était relativement plus élevée et a servi comme facteur favorable à la croissance bactérienne par rapport au sol **C.I**.



Photo N°15 : Aspect macroscopique des colonies des bactéries aérobies.



FigN°23 : Evolution des bactéries aérobies des sols.

III.2.2.1.3. Discussion des résultats des actinomycètes :

Il s'avère que la densité des actinomycètes évolue dans le sol C.I par rapport au sol C.N.I



Photo N°16: Aspect macroscopique des colonies d'actinomycètes .

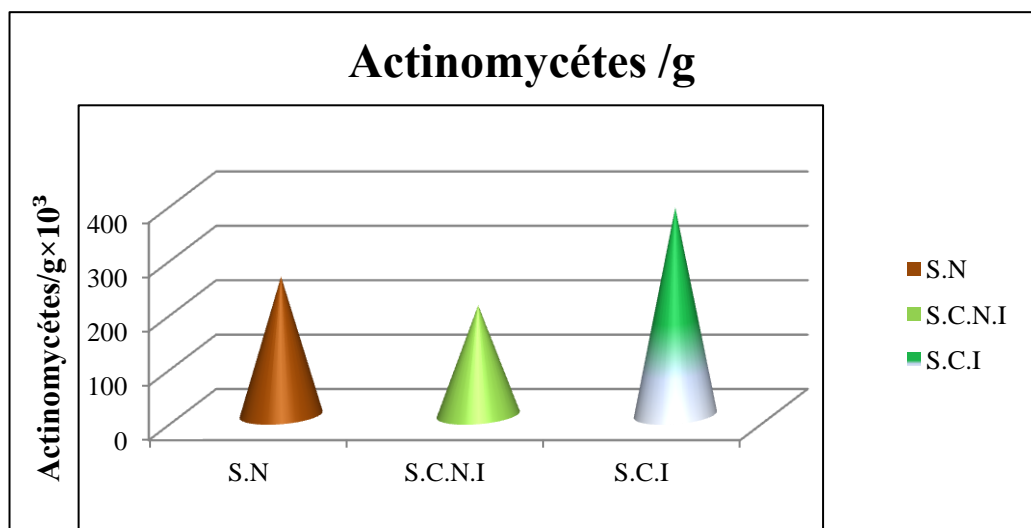


Fig N°24 : Evolution des actinomycètes des sols.

III.2.2.1.4. Discussion des résultats des azotobacters :

On remarque que le taux des azotobacters présents dans le sol **cultivé non irrigué** est supérieur à celui présent du sol **cultivé irrigué**.

Les azotobacters sont manifestés une certaine tolérance vis-à-vis des conditions de température pendant le premier prélèvement ce qui relève de l'écologie microbienne des azotobacters.



Photo N°17 : Aspect macroscopique des colonies des *azotobacters*.

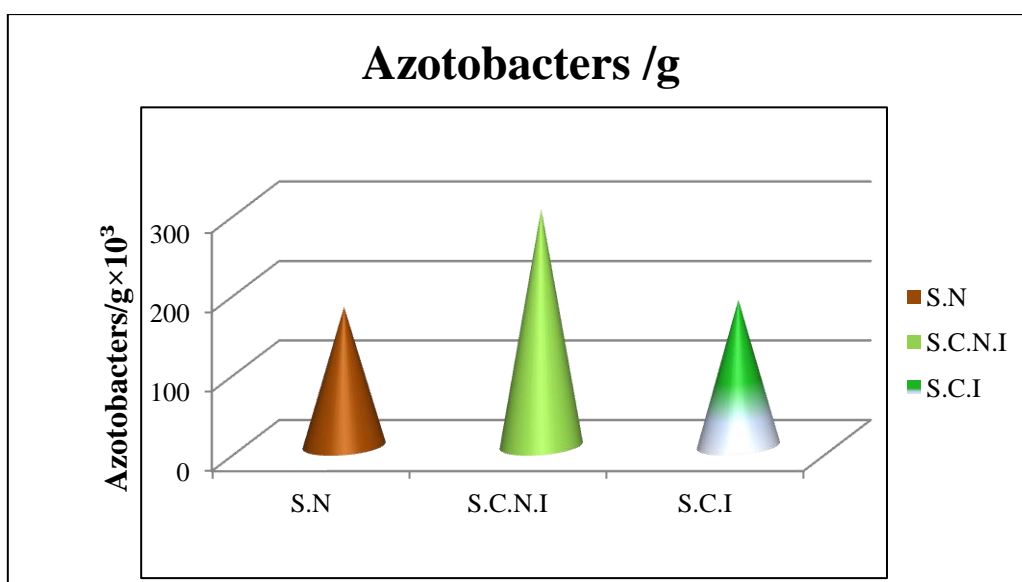


Fig N° 25: Evolution des **azotobacters** des sols.

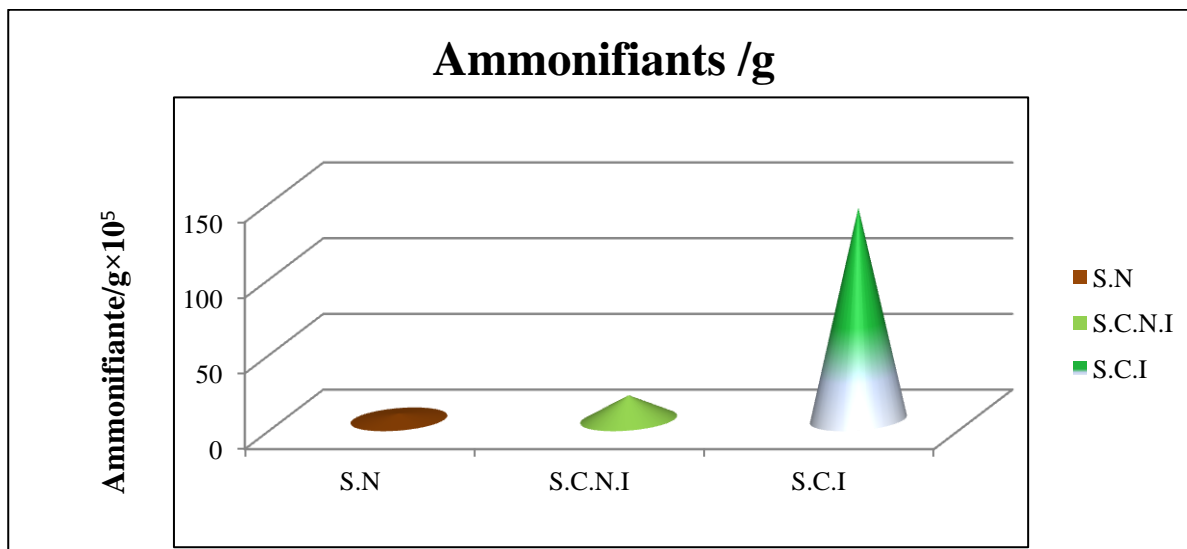
III.2.2.2. Discussion de l'analyse microbiologique des sols (milieux liquides) :

III.2.2.2.1. Discussion des résultats des ammonifiants :

D'après les résultats des analyses microbiologiques concernant les germes ammonifiants présentant dans le sol **cultivé irrigué** indique qui est un milieu favorable pour l'ammonification par rapport au sol **cultivé non irrigué**.



Photo N°18 : Détection de la présence des ammonifiantes par le réactif de Nessler.

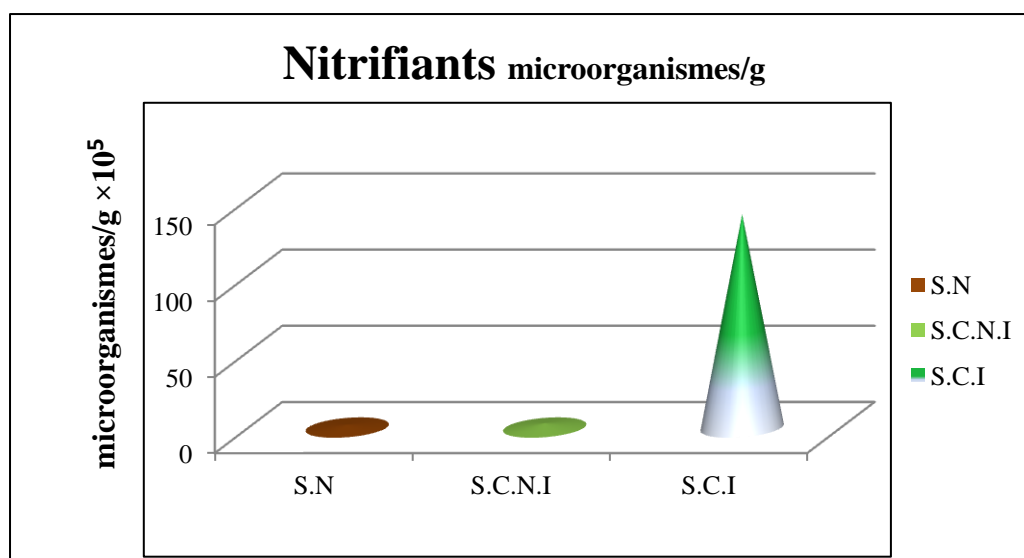


FigN°26 : Evolution des ammonifiants des sols.

III.2.2.2.2. Discussion des résultats des nitrifiants et des dénitrifiants :

Pour le sol **cultivé irrigué** les milieux contenant des germes nitrifiants et dénitrifiants sont tous positifs. Ce qui se traduit par un nombre caractéristique de 140×10^5 microorganismes/g. Ceci pourrait être interprété par le fait que ces sols contiennent tout simplement ce nombre de germes, ou bien que la dilution n'était pas assez suffisante pour pouvoir avoir un résultat négatif et avoir des estimations plus précises sur le nombre de ces germes.

Pour le sol **cultivé non irrigué** les milieux contenant des germes nitrifiants présentent des résultats négatifs sur les trois dilutions du sol étaient un tube contenant la dilution 10^{-5} , 10^{-6} et deux tubes contenant la dilution 10^{-7} du sol, les nombres caractéristiques lus sur la table de Mac Grady sont 3.0×10^5 microorganismes/g. Pour les milieux contenant germes **dénitrifiants** présentent ainsi des résultats négatifs dans un tube pour la dilution 10^{-6} et 10^{-7} , les nombres caractéristiques lus sur la table de Mac Grady sont 20×10^5 microorganismes/g. La nitrification est un processus accompli exclusivement en phase aérobie et peut être effectué par divers types de microorganismes, dans la plupart des cas autotrophes, mais parfois hétérotrophes (GILBERT, 2006).



FigN°27 : Evolution des nitrifiants des sols.



Photo N°19 : Détection des nitrifiants et des dénitrifiants par le papier tournesol.

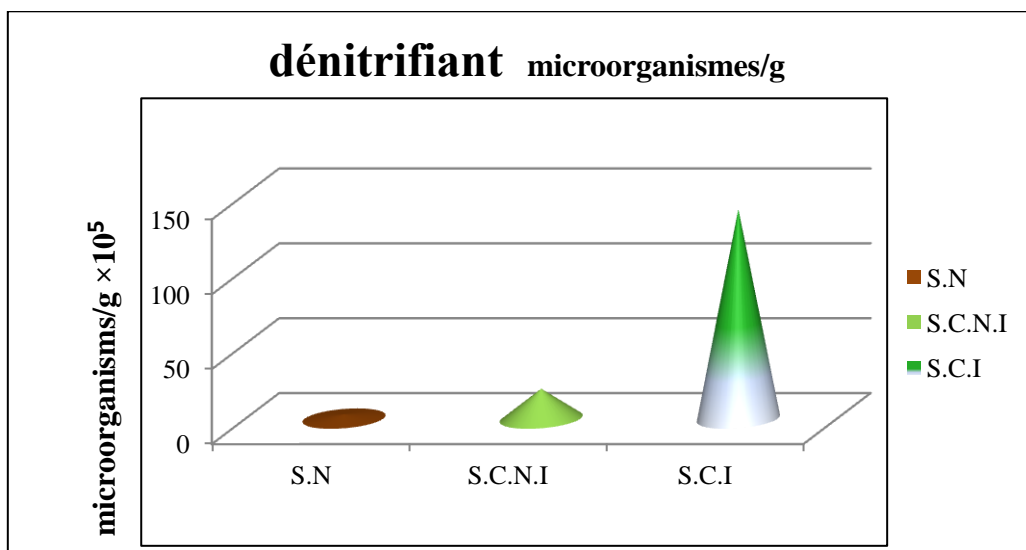


Fig N°28 : Evolution des dénitrifiants des sols .

Conclusion

L'irrigation est d'une manière générale, l'emploi de nouveaux facteurs de production et de techniques améliorées combinée avec la décomposition et l'incorporation de la matière organique , a un effet marqué sur la fertilité.

Quand on modifie le régime sol/eau, la végétation, et quand on introduite une irrigation efficace, ils se produisent des changements dans l'environnement et dans les sols, bien qu'ils soient difficiles à prévoir, même qualitativement, il faut avoir une idée de la tendance générale de ces changements.

Les fluctuations du régime hydrique produisent de nombreuses modifications des caractéristiques physiques et chimiques du sol, de la distribution des sels, de la population microbienne et de la facilité de déplacement de l'eau dans le sol. Qui a un effet direct sur la croissance végétale.

Donc cette irrigation ne devrait pas causer des risques sur les comportements du sol mais elle est importante d'effectuer périodiquement des analyses physico-chimiques et microbiologiques sur le sol pour le préserver.

Références Bibliographiques

- **ABDOUL.S ET AICHAUR.F (2012)**,Etude de l'efficience d'une irrigation gravitaire a l'INSID de KSAR CHELLALA(TIARET) ,mémoire de fin d'étude ingénieur d'état. P26.
- **AIAIN GALAND, RENE CLÉMENT,JAQUES MEYLAN(1966)**,systèmes d'irrigation, p9.
- **ATEF ZOUAGHI** ,2007, Mémoire de fin d'études diplôme ingénieur,Optimisation de la production de l'oxytétracycline par streptomyces rimosus.p 9.
- **AZOUGGAGH M. 2001** : Transfert de technologie en agriculture bulletin mensuel d'information et de liaison du PNTTA.MADREEF /DERD N° 81, juin 2008.
- **BAIZE , O. Duval,G. Richard, coordinateurs (2013)**. Les sols et leurs structures. 46P.
- **BAIZE (2000)**. Guide des analyses en pédologie 2eme édition revue et augmentée. Edition INRA.51P.90P.
- **BEDJADJ .S(2011)**. Contribution à l'étude des caractéristiques microbiologiques des sols dans la région de Ouargla (Cas de l'exploitation de l'université de Ouargla). Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en sciences agronomiques option mise en valeur des sols sahariens. Université Kasdi Merbah Ouargla: P 0 6, 07, 14, 37. 59.
- **BEKHOUCHE Hakima , DOUS Fatima (2017)**. L'impact de l'eau d'irrigation sur les propriétés physico-chimiques du sol dans la région de Rechaiga – Wilaya de Tiaret – mémoire de fin d'études ,p1,18,21.
- **BENBLIDIA (2011)**, L'efficience d'utilisation de l'eau et approche économique. Etude nationale. Algérie. Version finale. Plan bleu. Centre d'activités Régionales. PNUE/PAM
- **BIDOUD C (1998)**. Biodégradation des hydrocarbures aromatiques polycycliques, approche microbiologique et application au traitement d'un sol pollué. Mémoire présentée en vue de l'obtention du diplôme de docteur en génie des procédés. Ecole nationale supérieure des mines de Saint-Etienne. P : 09, 12, 14, 15. 229.
- **BOUKHALFA IKRAM(2013)**. L'effet de la gestion de l'irrigation sur la salinisation du sol (cas de la palmarie de l'oued righ) mémoire de fin d'études, p23.
- BOUZARA Hadjira,DJAZOULI Ahlem, MEBKHOUTI Abdelfettah (2017)**, Thèses de magistères ,Etude du comportement microbiologique des sols cultivés sous conditions semi-arides « région de sebain ».p6.
- **BROUWER(1990)**, Méthodes d'irrigation, Institut international pour l'amélioration et la mise en valeur des terres,p3.33.34.35.
- **CARDOT C(1999)** :Génie de l'environnement : les traitements de l'eau, Paris, P 9.
- **CLAUDIA. Carolina Ugarte Nano (2015)**, Thèse : Etude de la variabilité des propriétés physiques et hydrodynamiques d'un sol argileux sous l'effet de conduites en protection intégrée contre les adventices. P19

- **CONACE (1978)**, Irrigation et développement agricole. L'exemple des pays méditerranéens et danubiens.
- **COSANDEY. CL., et ROBINSON. M., 2000**, Hydrologie continentale, Paris, p 104-107.
- **COUTURE L. 2003** :Analyse d'eau pour fin d'irrigation. Ed. Agri. Vision, Canada.
- **COUTURE I (2006)**. Principaux critères pour évaluer la qualité de l'eau en micro-irrigation Colloque sur l'irrigation l'eau, source de qualité et de rendement 10 février 2006, Hôtel Mortagne, Boucherville.
- **CPVQ (Conseil des productions végétales au Québec), 2000**. Guide des pratiques de conservation en grandes cultures. Guide technique. Québec. P 400.
- **DAVET. et AL (1996)**, Mémoire de magistères.la symbioses a rihzosbia chez la fève (Vicia fabal.) et la luzerne (Medi cagosatwal.) dans la région de BISKRA.
- **DARI R.(2013)**. Dénombrement de la biomasse microbienne des sols arides, exemple d'un sol salé sous deux types de cultures. Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en sciences agronomiques, option mise en valeur des sols sahariens. Université Kasdi Merbah Ouargla. P : 03, 34, 53. 53.
- **DEGREMONT(1989)** : Mémento technique de l'eau, Technique et documentation, tome 1,P 5-24-25 .
- **DOMMERGUE.Y et MANGENOT.F(1970)**.Ecologie microbienne du sol, Masson, Paris.
- **DOMMERGUE.Y(1977)**. La biologie des sols. 2eme Edition. Presses universitaires de France. Paris. 125P.
- **DJEBLI A(2013)** :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. Faculté SNV - ex ITA - Université de Mostaganem.
- **DUBOST. D., 1983**, Ecologie, aménagement et développement agricole des oasis algériennes, Thèse de doctorat, 224p.
- **ELASSLOUJ J, et KHOLTEI S ; EI MARANI N et HIILALI A (2007)** : Analyse de la qualité physico-chimique des eaux souterraines de la communauté des Mzamza, au voisinage des eaux usées. Afrique SCIENCE 03(1) (2007) 109 – 122 pp.
- **ES-SKALLI A(2015)**. Analyse physico-chimique des sols agricoles. Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de licence sciences et techniques, option Géorressources et environnement. Université Sidi Mohamed Ben Abdellah. P:16. 43.
- **FAO (1968)**.culture protéger en climat méditerranéen
- **FAO (1990)**.Etudes et prospections pédologiques en vue de l'irrigation :
- **FAUGIER A, 2010**. Diversité bactérienne des sols : accès aux populations à effectifs minoritaires « the rare biosphère ». Mémoire présenté pour l'obtention du grade de docteur. Ecole doctorale électronique, électrotechnique, automatique de Lyon. P : 54. 173.

- **GIRARD MC et al (2005)**. Sols et Environnement, 2ème édition, Editions DUNOD.
- **GIRARD MICHEL-CLAUDE, SCHVARTZ CHRISTIAN, JABIOL BERNARD, DUNOD (2011)**. Etude des sol .
- **ITA (Institut de technologie agricole), 1977**. Laboratoire du sol : Méthodes d'analyses physiques et chimiques du sol 3ème et 4ème année. Mostaganem. 78P.
- **I.T.A.B (2002)**. Activités biologique et fertilité du sol, 23p.
- **JEAN-MICHEL GLOBAL et al (2010)**, le sol vivant, 3ème édition. p 37 ,51 ,53.
- **L. Amand, N. Langlois (2009)**. Agriculture biologique P.46.49.50.
- **Laura van Scholl (2005)**. Agrodok 2 gérer la fertilité du sol . P 66. 68.
- **LEPODE RIEUIL, PIERRE RUELLE (2003)** , irrigation guide pratique 3ème édition p 1.
- **LEBOEUF, J, SHORTT, R, TAN, C et VERHALLEN, A, 2008**, Irrigation Scheduling for Tomatoes - An Introduction , publié dedans Order No. 08-011 Agdex#: 257/560, Ontario Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (OMAFRA), Toronto, ON, Canada. (Document d'information), p4.
- **Martine François, Roland Moreau, Bertil Sylvander (2013)**, Agriculture biologique en maritime. p37
- **MESSAHELL M, BENHAFID M.S et CHERIF M (2003)** : Efficience des systèmes d'irrigation en Algérie.
- **Musy A., Higy C (2004)**. Hydrologie: 1 Une science de la nature. Editions Presses polytechniques et universitaires romandes. Collection gérer l'environnement. Lausanne. 314P.
- **NOUMEUR SARA RAOUIA (2008)**. Mémoire de magistères, Biodégradation du 2,4-dichlorophénol par le microbiote tellurique de la région de Hamla (Batna). p7
- **OLLIER et POIREE, 1983**, Les réseaux d'irrigation théorie, technique et économie des arrosages, 6ème édition, Paris, 503p.
- **OULBACHIR, K. (1997)**. Contribution à l'étude microbiologique d'un sol rouge sous différents systèmes de cultures en condition semi-aride en Algérie. Thèses de magistères. I.S.A.T. Tiaret. P 104
- **OULBACHIR, K, (2010)**. Ecologie microbienne des sols sous différents compartiments granulométriques et différents étages bioclimatiques, 07/10/2010. Thèse de Doctorat, p.31
- **Raoul Calvet, 2003**. Le sol propriétés et fonctions. tome 2. 266P.
- **Schvartz C., Muller J.C., Decroux J., 2005**. Guide de la fertilisation raisonnée. Editions France Agricole. Paris. 414P.
- **SIMONART, P (1957)**. Symposium sur les Méthodes d'Etude Microbiologique du Sol, 208p.
- **R. HUMBERTO, PIZZAROC (1980)**. Méthodes d'irrigation des parcelles cultivés . p169.
- **PARR, J.H et BERRTRAND (1990)**. Etudes et prospections pédologiques en vue de l'irrigation
- **Prescott L.M., Sherwood L.M., Woolverton C.J., Harley J.P., Klein D.A., Willey (2010)**. Microbiologie. 3ème Edition. Editions De Boeck. Paris. 1200P.

- **PIERRE DAVET (1996)**. Vie microbienne du sol et production végétale. p 60,63,
- **PLAUCHU (2004)**: Economie de l'environnement.

Annexes

Annexe I : Milieux de culture en microbiologie

I.1. milieu OGA

Tableau : Milieu de culture pour les champignons (Milieu OGA).

Constituant	Poids
Extrait autolytique de levure	5g
Glucose	20g
Oxytétracycline	0,1g
Agar-Agar	15g
Eau distillée	1000ml

I.2. Milieu ASHBY

Tableau: Milieu de culture pour les *Azotobacter* (Milieu ASHBY).

Constituant	poids
Glucose	10g
K ₂ HPO ₄	0.2g
MgSO ₄	0.2g
K ₂ SO ₄	0.1g
CaCO ₃	5g
Gélose ou Agar	15g
Eau distillée	1000ml

I.3. Milieu de culture pour les actinomycètes

Tableau: Milieu de culture pour les Actinomycètes.

Constituant	poids
Saccharose	10g
Glutamate de sodium	10g
K ₂ H ₂ PO ₄ ou Na ₂ HPO ₄	1g
Gélose ou Agar	15g
Eau distillée	1000ml

I.4. Milieu de culture pour les bactéries aérobies

Tableau: Milieu de culture pour les bactéries aérobies

Constituant	poids
Glucose ou saccharose	10g
K ₂ H ₂ PO ₄ ou Na ₂ HPO ₄	0,5g
MgSO ₄	0,2g
Glutamate de sodium	1,5g
CaCO ₃	0,2g
Gélose ou Agar	15g
Eau distillée	1000ml

I.5. Solution saline standard

Tableau: Solution saline standard.

Constituant	poids
Na ₂ HPO ₄	5g
MgSO ₄	2,5g
NaCl	2,5g
Fe ₂ (SO ₄) ₃	0,05g
MnSO ₄	0,05g
Eau distillée	1000ml

I.6. Milieu de culture pour les ammonifiants

Tableau: Milieu de culture pour les ammonifiants.

Constituant	Poids
Asparagine	0,2g
Solution saline standard	50ml
Eau distillée	950ml

I.7. Milieu de culture pour les nitrifiants

Tableau: Milieu de culture pour les nitrifiants.

Constituant	poids
Solution saline standard	50ml
(NH ₄) ₂ SO ₄	0,5g
CaCO ₃	1g
Eau distillée	950ml

I.8. Milieu de culture pour les dénitrifiants

Tableau: Milieu de culture pour les dénitrifiants.

Constituant	poids
Solution saline standard	50ml
NaNO ₃	1g
CaCO ₃	1g
Eau distillée	950ml

Annexe II : Modes opératoires**II.1. Analyses physico-chimiques****II.1.1. Mesure du pH****pH eau**

- Peser 20g de terre fine dans un bécher de 250ml
- Ajouter 100ml d'eau distillée au sol.
- Agiter pendant 5min.
- Laisser reposer pendant 30 minutes.
- Allumer le pH mètre et faire l'étalonnage.
- Mettre l'électrode du pH mètre au contact du surnageant de la solution.
- Lire la valeur obtenue.

pH KCl

- Dans la même solution précédente, ajouter 50ml de KCl (0,1g par litre d'eau distillée).
- Agiter pendant 5min.
- Laisser reposer pendant 30 minutes.
- Mettre l'électrode du pH mètre au contact du surnageant de la solution.
- Lire la valeur obtenue.
- Rincer l'électrode du pH mètre avec de l'eau distillée avant et après chaque utilisation et essuyer avec du papier Joseph.

II.1.2. Mesure de la conductivité électrique

- Peser 10g de sol dans un bécher de 100ml.
- Ajouter 50ml d'eau distillée.
- Agiter pendant 5min.
- Laisser reposer pendant 30 minutes.
- Allumer le conductimètre, et rincer l'électrode par l'eau distillée et essuyer par du papier joseph.
- Mettre l'électrode dans le surnageant de la solution, et lire la valeur affichée.

II.1.3. Mesure du calcaire total

- Peser 1g de terre fine dans un erlen de 250ml.
- Tenir l'appendice latéral à l'aide d'une pince métallique, et la remplir par l'HCl à 37% au 3/4.
- Sécher les parois de l'erlen avec du papier joseph pour éviter le contact HCl-terre.
- Ouvrir l'ampoule du calcimètre et ajuster le niveau du calcimètre à zéro.
- Relier l'erlen au calcimètre, en prenant soin de bien fermer l'ouverture.
- Lire le volume du CO₂ dégagé (V₀).

- Répandre l'acide sur la terre, et lire le niveau du volume de CO₂ dégagé sur le calcimètre. (V₁).
- Pour le témoin, on remplace la terre par 0,3g de CaCO₃ et on lit le volume V₀ lorsqu'on relie l'erlen avec le calcimètre, et le V₁ après le contact du HCl avec le CaCO₃.

- **Calculs**

$$CaCO_3 \% = \frac{V_s \times m_{CaCO_3}}{V_t \times m_{sol}} \times 100$$

$$m_{sol} = 1 \text{ g}$$

$$m_{CaCO_3} = 0.3 \text{ g}$$

$$V_s = V_1 \text{ sol} - V_0 \text{ sol}$$

$$V_t = V_1 \text{ témoin} - V_0 \text{ témoin}$$

$$V_0 = \text{Volume initial}$$

$$V_1 = \text{Volume lu}$$

II.1.4. Dosage du calcaire actif

Le dosage du calcaire actif ne s'effectue que pour les échantillons ayant 5% ou plus de calcaire total.

- Peser 1g de terre fine dans un erlen de 250ml.
- Ajouter 100ml de la solution d'oxalate d'ammonium (14,2g par litre d'eau distillée).
- Agitation mécanique pendant 2 heures.
- Filtrer 2 fois à l'aide de papiers filtres.
- Récupérer 20ml du filtré, et mettre dans un bécher de 250ml.
- Ajouter 100ml d'eau distillée.
- Ajouter 5ml d'acide sulfurique.
- Chauffer la solution à 60°C.
- Titrer par la solution de permanganate de potassium KMnO₄ (6,32g par litre d'eau distillée), jusqu'à coloration rose persistante.
- Pour le témoin, on suit les mêmes étapes mais sans ajouter l'échantillon de terre.

- **Calculs**

$$CaCO_3 \text{ actif } \% = 5 \cdot (N - n)$$

N : nombre de ml de KMnO₄ utilisés pour le témoin.

n : nombre de ml de KMnO₄ Utilisés pour l'échantillon de terre fine.

II.1.5. Dosage du carbone organique

- Dans un erlen à col rodé, peser 1g de terre fine.

- Ajouter 10ml de solution de bichromate de potassium (8g par 100ml d'eau distillée).
- Ajouter 15ml d'acide sulfurique.
- Relier l'ouverture de l'eren au réfrigérant, en s'assurant de bien la fermer.
- Allumer l'appareil.
- Chauffer grâce à un agitateur chauffant
- Lorsque la solution commence à bouillir, on compte 5minutes, ensuite on éteint l'appareil et l'agitateur chauffant et on laisse l'eren refroidir.
- Détacher l'eren du réfrigérant.
- Mettre la solution dans une fiole jaugée de 250ml, et compléter avec l'eau distillée jusqu'au trait de 250ml.
- Agiter la fiole 10 fois.
- Laisser reposer 30min.
- Avec une pipette graduée, prélever 50ml du surnageant, et mettre dans un bécher de 250ml.
- Ajouter 1,5 ml d'acide phosphorique H_3PO_4 , et 3 gouttes de l'indicateur de couleur diphénylamine baryum sulfonâtes (0,5g dans 100ml acide sulfurique +20ml eau distillée et garder dans un flacon brun).
- Titrer par la solution de sel de mohr (78,4278g dans 20ml acide sulfurique H_2SO_4 et compléter à 1 litre par l'eau distillée), la solution brune au départ, deviendra bleu foncée, puis il y'aura rapidement un virage de couleur au vert foncé.
- Lire le nombre de ml de la solution de sel de mohr utilisé.
- Pour le témoin, on suit les mêmes étapes, sans ajouter l'échantillon de terre fine.

- **Calculs**

Le calcul se fait par l'équation suivante :

$$C\% = (V' - V) \times 0,3$$

V' : quantité en ml de la solution de sel mohr utilisée pour le témoin.

V : quantité en ml de la solution de sel mohr utilisée pour les échantillons de terre.

Pour calculer la teneur en matière organique du sol (MO %, ou g/100 g de sol sec), la teneur en carbone du sol (C %, ou g/100 g de sol sec) est multipliée par un coefficient de valeur 1,72 (VAN DE KERCHOVE *et al.*, 2006).

$$\text{Matière organique \%} = C \% \times 1,72$$

Annexe III : Echelles d'interprétation des résultats
Tableau: Classes de la qualité des sols selon leur CE.

Classe	CE ($\mu\text{s}/\text{cm}$) à 25°C	Qualité des sols	Effet sur le rendement
Classe I	0 à 500	non salé	Négligeable
Classe II	500 à 1000	Légèrement salé	Diminution du rendement des cultures très sensibles au sel
Classe III	1000 à 2000	salé	Diminution du rendement de la plupart des cultures
Classe IV	2000 à 4000	très salé	Seules les cultures résistantes donnent un rendement satisfaisant
Classe V	Plus de 4000	extrêmement salé	Seules quelques cultures donnent des rendements satisfaisants

(DURAND, 1983)

Tableau: Le pH du sol.

pH	< 3,5	3,5–4,2	4,2 - 5	5 - 6,5	6,5 -7,5	7,5 -8,7	> 8,7
Classe	Hyper acide	Très acide	Acide	Faiblement acide	Neutre	Basique	Très basique

(BAIZE, 2000)

Tableau: Le calcaire total.

CaCO ₃ total (%)	Sol
< 5	Légèrement pourvu en CaCO ₃
5 à 10	Peu calcaire
10 à 25	Moyennement calcaire
25 à 50	Notablement calcaire
> 50	Fortement calcaire

(ITA, 1977)

Tableau: La matière organique.

Taux de la matière organique (%)	Sol
< 1	Très pauvre
1 à 2	Pauvre
2 à 4	Moyenne
> 4	Riche

(ITA, 1977)

Tableau: L'azote total.

N total (%)	Sol
$\leq 0,5$	Sol très pauvre
$0,5 < \text{N total} \leq 1,0$	Sol pauvre
$1,0 < \text{N total} \leq 1,5$	Sol moyen
$> 1,5$	Sol bien pourvu

(HENIN, 1969 IN BEDJADJ, 2011)

Tableau: Classement des sols en fonction de leur rapport C/N.

C/N		Minéralisation de la MO
6	Très faible	Sol à décomposition rapide de la matière organique
8	Faible	
9	Normal	Bonne décomposition de la matière organique
10		
11		
12	Légèrement élevé	Sol d'activité biologique réduite ramenant à une décomposition lente de la matière organique
14	Elevé	
> 14	Très élevé	

(CRA, 2011)

Tableau: Table de Mac Grady.

3 tubes par dilution					
Nombre caractéristique	Nombre de cellules	Nombre caractéristique	Nombre de cellules	Nombre caractéristique	Nombre de cellules
000	0.0	201	1.4	302	6.5
001	0.3	202	2.0	310	4.5
010	0.3	210	1.5	311	7.5
011	0.6	211	2.0	312	11.5
020	0.6	212	3.0	313	16.0
100	0.4	220	2.0	320	9.5
101	0.7	221	3.0	321	15.0
102	1.1	222	3.5	322	20.0
110	0.7	223	4.0	323	30.0
111	1.1	230	3.0	330	25.0
120	1.1	231	3.5	331	45.0
121	1.5	232	4.0	332	110.0
130	1.6	300	2.5	333	140.0
200	0.9	301	4.0		

Résumé :

Notre travail consiste à suivre l'effet d'irrigation sur le comportement physico-chimique et microbiologique du sol, pour cela des échantillons de sol cultivés sont analysés, cultivés sous irrigation par aspersion et autres cultivés non irrigués et un échantillon nu pris comme témoin. Les prélèvements se réalisent sur les parcelles de l'ITGC dans la région de Sebaine. Les analyses physico-chimiques et microbiologiques des échantillons ont permis de comparer leur teneur en éléments chimiques et ces propriétés physiques et microbiologiques aux normes internationales et sous l'effet d'irrigation, les résultats révèlent que l'irrigation ne présente aucun risque sur les propriétés du sol. L'interprétation des résultats des analyses du sol obtenus ont permis de mettre en évidence l'effet de l'irrigation sur les paramètres physico-chimiques et microbiologiques du sol. Le sol cultivé sous irrigation a présenté les meilleurs résultats par rapport au sol cultivé non irrigué à savoir la diminution du pH, la conductivité électrique et la teneur en calcaire total qui est un facteur limitant de la fertilité des sols et au développement des plantes.

Mots clés : Sol, irrigation, cultivé, physico-chimique, microbiologiques.

ملخص

دراسة تأثير السقي على خصائص الفيزيائية والميكروبيولوجية للتربة ، لذلك قمنا بتحليل عينات من التربة ، تحت السقي بالرش وغيرها غير المسقية المزروعة والعارية التي اتخذت كعينة شاهدة . تم أخذ عينات من اراضي ITGC في منطقة السبعين . إن التحاليل الفيزيائية والميكروبيولوجية للعينات تم مقارنة محتواه الكيميائي ، الخصائص الفيزيائية والميكروبيولوجية للمعايير الدولية ، وتحت تأثير السقي ، أظهرت النتائج أن السقي لا يمثل أي مخاطرة على خصائص التربة. لقد أتاح تفسير نتائج تحاليل التربة التي تم الحصول عليها تسليط الضوء على تأثير السقي على المعلمات الفيزيائية والميكروبيولوجية للتربة. أظهرت التربة المروية أفضل النتائج مقارنةً بالتربة المزروعة غير المسقية ، أي انخفاض الرقم الهيدروجيني ، والتوصيل الكهربائي ومحتوى الكلس الكلي وهو عامل يحد من خصوبة التربة وتنمية النباتات.

الكلمات المفتاحية: تربة ، سقي ، مزرعة ، فيزيوكيميائية ، ميكروبيولوجية.