

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'HYDRAULIQUE -ARBAOUI ABDALLAH-

DEPARTEMENT D'IRRIGATION ET DRAINAGE

MEMOIRE DE MASTER

Pour l'obtention du diplôme de Master en Hydraulique

Option: IRRIGATION ET DRAINAGE

THEME DU PROJET :

Partie dynamique de l'eau dans le sol essai d'étude du
dynamique flux d'eau dans le sol sous un système d'irrigation
localisée

PRESENTÉ PAR :

SELLAM MESSAOUD

Devant les membres du jury

Nom et Prénom	Grade	Qualité
M ^r MEDDI Mohamed	Professeur	Président
M ^r RASSOUL Abdelaziz	M.C.B	Examineur
M ^{me} AZIEZ Wahiba	M.A.A	Examinatrice
M ^r YAHIAOUI Samir	M.A.B	Examineur
Mr M.NACER CHABACA	M.A.C	Promoteur

Dédicace



{قُلْ إِنَّ صَلَاتِي وَنُسُكِي وَمَحْيَايَ وَمَمَاتِي لِلَّهِ رَبِّ الْعَالَمِينَ لَا شَرِيكَ لَهُ وَبِذَلِكَ أُمِرْتُ وَأَنَا أَوَّلُ الْمُسْلِمِينَ}

Je rends un grand hommage à travers ce modeste travail, en signe de respect et de reconnaissance envers :

Ma mère et Mon père

Pour tous les sacrifices et leur soutien moral et matériel dont ils ont fait preuve pour que je réussisse.

Je le dédie également à

Mes frères et mes sœurs

Mes amis : Midou, Taki, Waheb, Brahim, Azzedine.

En un mot, à toute ma famille, mes amis et ceux qui ont contribué de près ou de loin à ma formation.

SELLAM MESSAOUD



Remerciement

Au terme de cette étude, je tiens à exprimer mes vifs remerciements :

- * A mon promoteur Mr : N.Mohamed CHABACA pour ces conseils et ses consultations qui m'ont tout aidé a la réalisation de mon projet.*
- * A Mr : Mekki Msahel qui m'ont aidé à métaphore de la appareille*
- * A Mr : T.SAMI pour ces conseils et ses consultations qui m'ont tout aidé à la réalisation de mon projet.*
- * A tout le corps enseignants et le personnel de l'ENSH qui ont contribué de près ou de loin à ma formation.*
- * Aux membres de jury qui auront à juger et à apprécier ce travail.*
- * Je tiens aussi à remercier mes amis qui m'ont aidé pendant la réalisation de projet.*

SELLAM MESSAOUD

ان الهدف من انجاز هذه الذكرة هو دراسة حركة الماء التربة بواسطة جهاز الضغط ، من اجل ذلك على قطعة ارضية مزروعة ، متواجدة بواد سلي ولاية شلف و التي تعتمد في سقيها على السقي بالتقطير حيث استعملنا في تجربتنا جهاز الضغط الذي يقيس التربة لمتصاص الماء و بالتالي معرفة مخزون هذه التربة و التحكم فيه .

Résume

L'objectif de cette mémoire est l'étude de la dynamique de l'eau dans le sol en utilisant un appareil de pression, pour ce faire, nous avons mené une expérience sur un terrain planté situé dans la commune d'oued sli wilaya de chlef qui dépend l'irrigation goutte à goutte, dans l'expérience, nous avons utilisé l'appareil pour mesurer la pression exercée par le sol pour absorber l'eau.

Donc on peut connaître le stock d'eau dans le sol et de le contrôler.

Abstract

The aim of this dissertation is study of the movement of water in soil using apparatus, in order to do that, we conducted an experiment as a planted, and located oued sli which depends on drop irrigation, in the experiment, we used the apparatus to measure the pressure applied by soil to absorb water.

There for knowing the water stock in the soil and control it.

L'objectif de cette thèse est l'étude de la circulation de l'eau dans le sol en utilisant un appareil, pour ce faire, nous avons mené une expérience sur un terrain planté situé à oued sli qui dépend de l'irrigation de goutte à goutte , dans l'expérience, nous avons utilisé l'appareil pour mesurer la pression exercée par le sol pour absorber l'eau.

SOMMAIRE

CHAPITRE I : Bibliographie Générale

Introduction.....	1
I.1.Le sol	1
I.2. Les différentes phases du sol.....	1
1.2.1. Phase solide	1
1.2.2 Phase liquide.....	1
1.1.3 Phase gazeuse	1
I.3. Propriétés physiques du sol.....	1
I.3.1 La texture	1
I.3.2 La Structure	2
1.3.4. La densité réelle (dr)	2
I.3.5 : La densité apparente (da).....	2
I.3.6. La porosité (P).....	2
I.3.7. Coefficient de perméabilité (K)	2
I.3.8. L'Humidité du sol	3
I.3.8.1 Humidité à la saturation.....	3
I.3.8.2.Humidité à la capacité au champ H_{CC}	3
I.3.8.3. Humidité au point de flétrissement (HPF).....	3
1.4. Dynamique de l'eau dans le sol.....	3
I.4.1 Potentiel hydrique du sol.....	3
I.4.2.Potentiel matriciel.....	3
I.4.3. Potentiel osmotique	3
I.4.4. Potentiel gravitaire.....	4
I.4.5. Potentiel de pression.....	4
I.4.5. Potentiel de pression hydrostatique.....	4
I.4.6.Potentiel total.....	4
I.5. Ecoulement de l'eau.....	4
I.5.1. L'eau dans le sol	4
I.5.2. L'eau de constitution.....	5
I.5.3.L'eau liée	5
I.5.4. L'eau libre.....	5
I.5.5. L'eau capillaire ou de rétention.....	5
I.6. Réserve en eau et réserve utile d'un sol.....	5
I.6.1 Réserve facilement utilisable (RFU) et Réserve de survie (RS).....	5
I.7 Distribution de l'eau dans un système d'irrigation localisée.....	5
I.7.1 Définition de l'irrigation localisée.....	5
I.7.1.1. Avantages et inconvénients de l'irrigation localisée.....	6
I.7.1.1.1 Avantage de l'irrigation localisée.....	6
I.7.1.1.2 Inconvénients de l'irrigation localisée.....	6
I.8. Besoin en eau des cultures.....	7
I.9. Besoin en eau d'irrigation.....	7
I.9.1.L'évapotranspiration potentielle.....	8
I.9.1.1.Méthodes d'estimation de l'évapotranspiration de référence.....	8
I.9.1.2.Autres formules de calcul de l'ETP.....	9

I.9.1.2.1.Calcul de l'évapotranspiration réelle.....	10
Conclusion.....	10

Chapitre I : situation et climat

Introduction	11
I .1.Situation géographique.....	11
II.1.1.Situation administrative et Infrastructure routière	11
II.1.2.Végétation	12
II.1.3.Le relief.....	12
II.1.4.Hydrographie.....	12
II.2.Le climat.....	13
II.2.1.La climatologie.....	13
II.2.2.La température.....	13
II.2.3.Le vent	14
II.2.4.Le sirocco.....	14
II.2.5.Humidité relative de l'air.....	14
II.2.6.L'évaporation.....	15
II.2.7.Insolation.....	15
II.2.8.La pluviométrie	15
II.2.9. classification du climat.....	17
II.2.9.1.classification du climat selon l'indice De Martonne.....	17
II.2.9.2.Classification du climat selon le diagramme d'EMBERGER.....	18
II.2.9.3.Diagramme de Gaussen.....	19
II.2.9.3.1.Description du graphe.....	20
Conclusion.....	20

CHAPITRE III : Matériels et Méthodes

Introduction.....	21
III.1 Tavaux sur le terrain.....	21
III.1.1 Présentation de la parcelle d'étude.....	21
III.1.2.Caractérisation de la parcelle d'étude.....	21
III.1.2.1. Les propriétés physiques de parcelle d'étude.....	21
III.1.2.2. Les propriétés chimiques du sol de la parcelle d'étude.....	21
III.1.2.3. culture	22
III.1.2.4. Système d'irrigation utilisé.....	22
III.3.Matériel utilisé.....	23
III.3.1.La tarière.....	23
III.3.2.Tensiomètre watermark	23
III.3.3.Thermomètre.....	23
III.4. L'utilisation du tensiomètre watermark	24
III.4.1. Description.....	24
III.4.1.1. Le boîtier de lecture	24
III.4.1.2. La sonde watermark	24
III.4.2. Mode opératoire.....	25
III.4.2.1. Vérification du boîtier Watermark.....	25
III.4.2.2. Préparation et vérification des sondes.....	25
III.4.2.3. Mise en place d'un tensiomètre watermarck.....	25
III.5. L'emplacement des sondes	26
III.5.1.Mise en place des sondes.....	26
III.5. L'emplacement des sondes	27
III.5.1.Mise en place des sondes.....	27

III.6. Piloter l'irrigation en goutte à goutte grâce à la tensiométrie	27
III.6.1. Principe de l'irrigation goutte à goutte.....	27
III.7.Installation des sondes tensiométriques dans le cas du système d'irrigation localisée.....	27
III.8. Les Campagnes de mesures (Watermark).....	27
CHAPITRE IV : Travaux au laboratoire, Résultats et discussion	
Introduction.....	28
IV.1. Travaux au laboratoire.....	28
IV.2. Densité apparente.....	28
IV.3.La teneur en eau.....	28
IV.4. Mode opératoire et interprétation.....	28
IV.4.1. La teneur en eau.....	28
IV.4.1.1.Interprétation des résultats.....	29
IV.4.2. Densité apparente.....	29
IV.4.2.1.Interprétation des résultats.....	30
IV.4.2.2. Dose d'irrigation pour 1 hectare.....	31
Les températures dans les 20 jours à suivre.....	31
IV.5. Relevés tensiométriques et interprétation.....	31
IV.5.1. Relevés tensiométriques.....	31
IV.5.1.1. première campagne.....	31
IV.5.1.2. Deuxième campagne.....	32
IV.5.2.Interprétation des résultats et recommandations.....	33
IV.5.2.1. Interprétation des résultats de la première campagne.....	33
IV.5.2.2.Recommandations	34
IV.5.2.3.Interprétation des résultats de la deuxième campagne.....	34
IV.5.2.4.Recommandations.....	34
Conclusion	38

LISTE DES TABLEAUX

Chapitre I : situation et climat

Tableau II.1 : Températures mensuelles minimales, maximales et moyennes (1987-2009)..	13
Tableau II.2 : Moyenne mensuelle de la vitesse des vents (1987-2009).....	14
Tableau II.3 : Nombre de jours de sirocco.....	14
Tableau II.4 : L'humidité relative de l'air en (%)	15
Tableau II.5 : Répartition mensuelle de l'évaporation moyenne.....	15
Tableau II.6 : Insolations moyennes mensuelles en (h).....	15
Tableau II.7 : Caractéristiques de la station pluviométrique d'oued sly.....	16
Tableau II.8 : Série pluviométrique station d'oued sly	16
Tableau II.9 : Répartition des précipitations moyennes mensuelles.....	17
Tableau II.10 : Les limites du climat d'après l'indice d'aridité de Martonne.....	17

CHAPITRE III : Matériels et Méthodes

Tableau III.1 : Résultats des analyses des échantillons de sol

Tableau III.2 : Les propriétés chimiques du sol

CHAPITRE IV : Travaux au laboratoire, Résultats et discussion

Tableau .IV.1 : La teneur en eau au 21/04/2014.....	30
Tableau .IV.2 : La teneur en eau au 13/05/2014.....	30
Tableau .IV.3 : La teneur en eau au 20/05/2014.....	30
Tableau .IV.3 : La Densité apparente.....	31
Tableau .IV.4 : Les températures dans les 20 jours à suivre.....	32
Tableau .IV.5 : Relevés tensiométriques (première campagne).....	33
Tableau .IV.6 : Relevés tensiométriques (Deuxième campagne).....	34

LISTE DES FIGURES

CHAPITRE I : Bibliographie Générale

Figure I.1 : les trois phases du sol1

Figure I.2 la classification triangulaire des sols fins.....2

Figure. I.3 : Schéma type d'un réseau d'irrigation en goutte à goutte.....7

Figure II.1 : plan de situation de la commune d'oued sly12

Chapitre I : situation et climat

Figure II.2 : Variation de la température mensuelle minimale, maximale et moyenne (1987-2009).....14

Figure II .3: Diagramme bioclimatique19

Figure II.4: Diagramme de Gaussen20

CHAPITRE III : Matériels et Méthodes

Figure III.1.Parcelle d'agrumes ayant servi de site de suivi.....22

Figure III.2. La tarière.....23

Figure III.3: Le Thermomètre.....23

Figure III.4: Le boîtier de lecture.....24

Figure III.5 : Schéma d'une sonde tensiométrique watermark.....25

Figure III.6 : disposition des sondes tensiometriques.....26

CHAPITRE IV : Travaux au laboratoire, Résultats et discussion

Figure IV.1. Échantillon du sol.....31

Figure IV.2.Variation de la tension exercée par le sol en fonction du temps site (1).....36

Figure VI.3. Variation de la tension exercée par le sol en fonction du temps site (2).....36

Figure VI.4 .Variation de la tension exercée par le sol en fonction du temps site (3).....37

Figure.VI.5. Variation de la tension exercée par le sol en fonction du temps site (1).....37

Figure.VI.6. variation de la tension exercée par le sol en fonction du temps site (2).....38

Figure.VI.7.Variation de la tension exercée par le sol en fonction du temps site (3).....38

Introduction

Générale

Introduction Générale

Les ressources en eau représentent un élément fondamental dans le développement économique d'un pays. Les interférences du secteur de l'hydraulique avec les autres secteurs économiques ont fait de lui un élément préalable pour la concrétisation des objectifs prioritaires pour le développement de l'agriculture. L'importance de l'irrigation dans le monde est définie par N.D.Gulhati: *«L'irrigation dans beaucoup de pays est un art ancien aussi vieux que la civilisation, mais pour le monde entier c'est une science moderne ; la science de la survie »*.

Notre pays a connu et connaîtra de longues périodes de sécheresse, en particulier dans les régions à climat semi-aride où la pluviométrie est déjà insuffisante et mal répartie.

L'irrigation localisée « goutte à goutte », parmi les différentes techniques d'irrigation, est celle qui garantit l'économie d'eau. Mais est-ce que vraiment avec cette technique on peut économiser de l'eau ? Si oui, est-ce que la dose donnée est suffisante ?

Notre projet de fin d'étude s'inscrit justement dans ce contexte, où le souci majeur est de pouvoir développer l'agriculture, tout en utilisant un minimum d'eau, pour avoir un rendement agricole intéressant.

Dans cet objectif, nous avons équipé une parcelle cultivée avec des sondes watermarks pour suivre l'évolution des tensions de l'eau dans le sol et à partir de là essayer de trouver des réponses aux questions posées !

CHAPITRE I

Bibliographie

Générale

Introduction

Ce chapitre est consacré aux généralités sur le sol, ses caractéristiques chimique et physique et l'état de l'eau dans le sol.

1.1. Le sol :

Le sol est une couche superficielle meuble de la croûte terrestre d'épaisseur variable qui résulte de l'altération des roches (roche mère) et de la dégradation des matières organiques sous l'influence d'agents biologique (végétation, faune du sol.....), chimique et physique (précipitation, variation de température).

I.2. Les différentes phases du sol :

Le sol un milieu poreux complexe constitué de trois phases : solide, liquide, gazeuse

1.2.1. Phase solide : éléments minéraux, ce sont des particules de taille et de forme diverses

- éléments grossiers (>2mm)

- éléments fins (<2mm) ; Argile (<2µm).

-éléments organiques : débris végétaux ou animaux en état de décomposition plus ou moins avancée

1.2.2 Phase liquide : Constituée par l'eau qui occupe les vides de l'agrégat. Si tous les vides sont remplis par l'eau, le sol est dit saturé, sinon il est partiellement saturé

1.1.3 Phase gazeuse : ensemble des gaz avec des concentrations différentes.

On constate que dans le sol, la concentration en CO₂ est plus élevée et la teneur en O₂ est plus réduite que dans l'air atmosphérique. Ceci est dû à la respiration des organismes vivant du sol et à la dégradation de la matière organique.

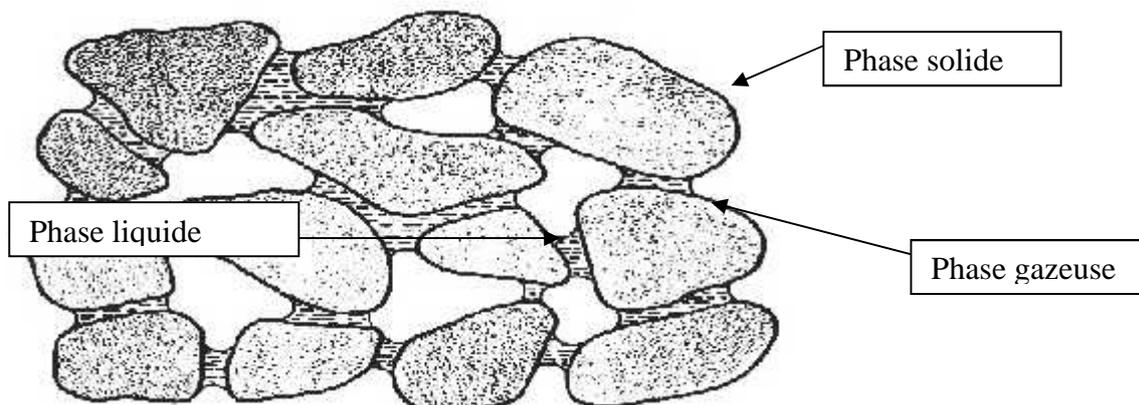


Figure I.1 : les trois phases du sol

I.3. Propriétés physiques du sol

I.3.1 La texture :

La texture d'un sol est déterminée par la taille des particules du sol et de leur pourcentage respectif. Les particules d'un sol se situent dans une échelle allant de moins d'un micromètre (µm), millimètres (mm) de diamètre. Les particules plus importantes sont considérées comme du gravier ou des pierres. Je vous présente ci-dessous la classification triangulaire des sols fins.

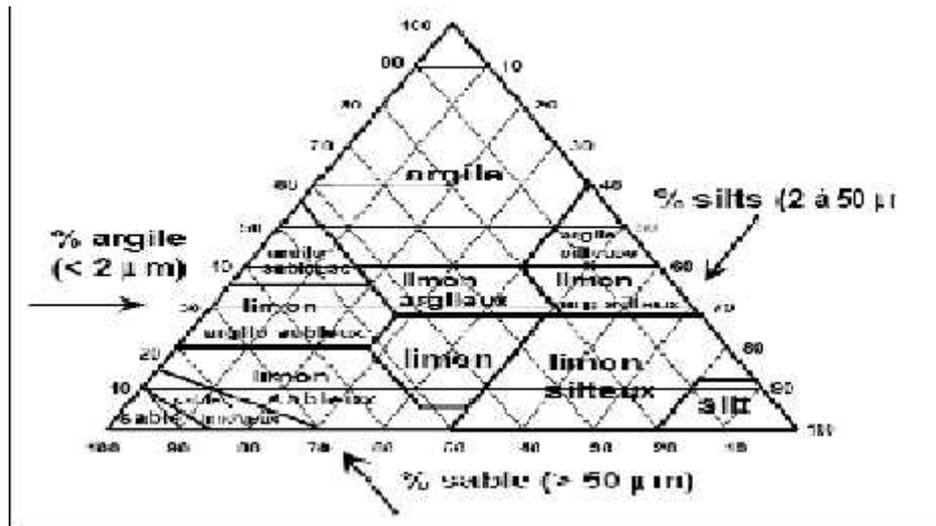


Figure I.2 : la classification triangulaire des sols fins.

I.3.2 La Structure :

La structure du sol est une caractéristique dynamique qui englobe tout ce qui est assemblage, arrangement et orientation des constituants élémentaires du sol, et peut beaucoup varier au cours du temps à cause de fluctuations des conditions naturelles, de l'activité biologique et des pratiques culturales.

I.3.4. La densité réelle (d_r) :

Correspond à la densité d'une terre sèche désagrégée.

I.3.5 : La densité apparente (d_a) :

La densité apparente correspond au poids sec d'un volume de sol dont la structure n'a pas été perturbée. Un sol bien structuré, fin, possèdera une porosité importante avec des pores larges (macroporosité) et des pores fins (microporosité). Sa densité apparente sera plus faible comparée à celle du même sol compact. L'étude des densités apparentes permet d'obtenir de bonnes données sur les capacités d'un sol au niveau agronomique.

I.3.6. La porosité (P)

La porosité "p", définie comme le rapport du volume des vides sur le volume total du sol

I.3.7. Coefficient de perméabilité (K) :

Le coefficient de perméabilité (appelé aussi « conductivité hydraulique ») varie largement avec la nature et l'état du sol. Il est donné généralement en puissances de 10 (10^n ou 2×10^n ou $3,5 \times 10^n$, etc.). Ses valeurs vont de 1 m/s pour les graviers très perméables à 10^{-11} m/s pour les argiles très peu perméables. Le coefficient de perméabilité dépend à la fois des caractéristiques du sol et de celles de l'eau.

I.3.8. L'Humidité du sol

L'humidité du sol est un terme qu'il convient de définir. La quantité d'eau contenue entre les particules du sol dans la zone non saturée des surfaces continentales est appelée l'humidité du sol. Une autre définition, la plus commune, est le rapport entre le volume total d'eau présent dans la zone non saturée du sol et le volume total de sol. En général, l'humidité du sol s'exprime en unités gravimétriques (g/cm^3) ou unités volumétriques (m^3/m^3) ou (%).

I.3.8.1 Humidité à la saturation

Si tous les vides sont remplis par l'eau, le sol est dit saturé, et l'écoulement vers le bas n'est pas négligeable et cela se produit à cause d'une pluie ou une irrigation. Le temps que le sol reste saturé dépend du type de sol, les sols argileux prennent un temps plus long que les sols sableux.

I.3.8.2. Humidité à la capacité au champ H_{CC}

Teneur en eau du sol après que l'excédent d'eau soit drainé et que le régime d'écoulement vers le bas soit devenu négligeable, ce qui se produit habituellement de un à trois jours après une pluie ou une irrigation.

I.3.8.3. Humidité au point de flétrissement (HPF)

Elle correspond au taux d'humidité d'un sol pour lequel l'eau est retenue avec une intensité supérieure aux forces d'extraction des racines.

I.4. Dynamique de l'eau dans le sol

I.4.1 Potentiel hydrique du sol

La notion de potentiel hydrique permet de comparer les états hydriques des milieux physiques (sol et ses différentes strates) et biologiques (plante et ses différents organes), et de déterminer le sens de circulation de l'eau. Le potentiel hydrique (exprimé en mégapascals ou en bars) est une grandeur négative, qui représente l'énergie de la liaison de l'eau avec un milieu (le potentiel de l'eau libre étant égal à zéro). L'eau se déplace dans le sens des potentiels décroissants. Le potentiel hydrique de l'air est presque toujours plus bas que celui du sol, ce qui explique que les plantes soient traversées par un courant d'eau ascendant.

I.4.2. Potentiel matriciel

Lorsque le sol n'est pas saturé, il existe des forces de tension superficielles aux interfaces entre les phases gazeuse, liquide et solide. Ces forces de tension superficielle déterminent la courbure des interfaces entre la solution et l'air du sol et, par conséquent, leur différence de pression. Le potentiel de pression capillaire de l'eau ou potentiel matriciel (potentiel lié aux caractéristiques du sol considéré comme une matrice poreuse) dans un pore cylindrique parfaitement rectiligne est relié à son rayon (r).

I.4.3. Potentiel osmotique :

Le potentiel osmotique est la capacité de rétention d'eau par les sels présente sous forme dissoute dans l'eau interstitielle. Elle existe lorsque l'eau est une solution saline. Si la concentration de sel est faible, ou dans le cas de sable qui ne contient généralement pas des sels cette composante peut être négligée.

I.4.4. Potentiel gravitaire

Potentiel gravitaire de l'eau est le travail nécessaire pour déplacer de manière réversible une unité de quantité d'eau de l'état de référence jusqu'à l'altitude du point considéré dans le sol. Le potentiel gravitaire correspond donc à un déplacement dans le champ de pesanteur. En général, l'axe des altitudes est orienté vers le haut, puisque l'eau s'écoule par gravité dans le sens des potentiels décroissants. Par conséquent, l'altitude de référence étant la surface du sol, le potentiel gravitaire sera négatif dans le sol, positif au-dessus de la surface du sol.

I.4.5. Potentiel de pression

Potentiel de pression de l'eau est le travail nécessaire pour déplacer de manière réversible une unité de quantité d'eau de l'état de référence jusqu'à la pression de l'eau dans le volume de sol considéré. Le potentiel de pression est directement mesurable à l'aide d'un tensiomètre. L'état de pression de l'eau dans le sol peut être très différent selon que l'on ait affaire à un sol saturé en eau, ou non saturé. Ce constat amène à la distinction de deux types de potentiel de pression et potentiel de pression hydrostatique l'un prenant le relais de l'autre selon l'état de saturation du sol.

I.4.5. Potentiel de pression hydrostatique

Lorsque le sol est saturé, l'eau est soumise à la pression exercée par la colonne d'eau qui la surmonte au point considéré. Le potentiel de pression est alors positif (pression supérieure à la pression atmosphérique de référence) et correspond à la hauteur de la colonne d'eau (m). [6]

I.4.6. Potentiel total

Lorsque le potentiel est exprimé par unité de poids d'eau, le potentiel total est appelé charge hydraulique (H). On peut le décomposer en :

$$H = z + h$$

Avec z , charge de gravité et h , charge de pression. La charge de pression peut être positive (milieu saturé) ou négative (milieu non saturé). A l'équilibre, $H = \text{constante}$ et les variations de h et z se compensent.

I.5. Ecoulement de l'eau :

Dans la couverture pédologique, l'eau s'écoule en empruntant un réseau de pores de géométrie complexe défini par des diamètres et tortuosités très variables. Au cours de cet écoulement, les forces de cisaillement et de frottement à l'intérieur du liquide correspondent à la dissipation du travail fourni par l'eau lors de sa diminution de potentiel.

L'aptitude du sol à se laisser traverser par l'eau s'exprime à l'aide de la conductivité hydraulique K , qui est pour la circulation de l'eau dans un sol ce qu'est la conductance électrique pour la circulation des électrons dans un corps conducteur. La conductivité hydraulique du sol varie très fortement selon le degré de saturation du sol.

I.5.1. L'eau dans le sol :

L'eau a un effet considérable sur le comportement mécanique des sols et elle peut se trouver dans plusieurs états à l'intérieur d'un sol, suivant l'intensité des forces liant ses molécules solides, et ses différents états de l'eau dans le sol et ses mouvements permettent de définir différents types.

I.5.2. L'eau de constitution :

Qui entre dans la composition chimique des minéraux dont les particules de sol sont formées. En générale, ce type d'eau influence peu le comportement du sol, sauf lorsqu'il est soumis à une température de 550°C pour être éliminée.

I.5.3. L'eau liée :

Est présente à la surface des particules fines de sol, grâce aux propriétés colloïdale des particules argileuses, et a une viscosité élevée et ne transmet pas les pressions. Elle a besoin d'une température élevée de 200°C pour être évacuée.

I.5.4. L'eau libre

Qui s'écoule librement, dans les macroporosités du sol sous l'effet des forces de pesanteur. Elle peut être éliminée par séchage à l'étuve à une température de 105°C.

I.5.5. L'eau capillaire ou de rétention

Que l'on rencontre dans les sols non saturés et qui se maintient au contact des particules solides sous l'action des tensions superficielles et prend naissance à l'interface eau-air. Cette eau, remplit des pores capillaires, si petits qu'ils ont la taille d'un cheveu et malgré la pesanteur, ne peut s'écouler librement.

I.6. Réserve en eau et réserve utile d'un sol

Quantité d'eau contenue dans le sol que les plantes peuvent utiliser. C'est la différence entre la capacité au champ et le point de flétrissement.

I.6.1 Réserve facilement utilisable (RFU) et Réserve de survie (RS)

Quantité d'eau contenue dans le sol que les plantes peuvent utiliser facilement pour leur croissance et sans subir de stress dommageable

I.7 Distribution de l'eau dans un système d'irrigation localisée**I.7.1 Définition de l'irrigation localisée**

L'irrigation c'est de compléter les moyens naturels de récupération des eaux pluviales et de fertilisation des sols par des techniques appropriées d'irrigation. Si des infrastructures à grande échelle peuvent s'avérer intéressantes lorsqu'elles sont bien conçues, ce qui n'est pas toujours le cas il est souvent beaucoup plus efficace et assez facile de promouvoir des techniques d'irrigation de petites surfaces.

Dans ce cadre il existe plusieurs techniques d'irrigation parmi elle l'irrigation localisée ou micro-irrigation, c'est la méthode d'irrigation la plus efficace aujourd'hui.

On appelle irrigation localisée les systèmes qui consistent à répartir l'eau d'irrigation sur la parcelle par un réseau de conduites fixes sous faible pression et aussi à localiser l'apport d'eau au voisinage des plantes cultivées, seule une fraction du volume du sol, exploitable par les racines, sera humidifiée. Les débits apportés à chaque zone humidifiée sont faibles (quelques litres à quelques dizaines de litres par heure, selon les systèmes). L'irrigation s'effectue à faible dose et forte périodicité (souvent journalière).

La micro irrigation, nom donnée à l'irrigation localisée sur le plan international. Elle consiste à apporter sur une partie du sol seulement (les zones utilisées par la plante au voisinage des racines) par petites doses fréquentes (système goutte à goutte, min diffuseur, véhiculé par un faible débit).

L'installation à la parcelle est entièrement fixe , n'arrose qu'une fraction du sol donc on limite la surface mouillée , de ce fait on limite les pertes par évaporation ,on utilise de faibles débits (2 à 12 l/h) avec une faible pression (souvent 1 bar) , on met en œuvre des équipements légers , les transferts d'eau sont faciles , donc l'alimentation hydrique des plantes plus régulières , il s'en suit une meilleure efficacité de l'eau d'irrigation , elle convient bien à l'irrigation fertilisante .

I.7.1.1. Avantages et inconvénients de l'irrigation localisée

Toutes les techniques ont des avantages et des inconvénients.

I.7.1.1.1 Avantage de l'irrigation localisée

Les avantages de cette technique sont :

a) L'économie de l'eau importante qui peut atteindre plus de 50% par rapport à l'irrigation à la raie parce que :

La surface de contact eau-air est très faible (quelque dm^2), les pertes par évaporation sont très faibles, d'autre part la ligne de goutteurs étant en générale placée au voisinage immédiat des cultures (au voisinage des racines). Le développement des adventices est limité, de ce fait les phénomènes de concurrence s'en trouvent réduits . Les doses étant faibles, les pertes par percolation se trouvent limitées.

Contrôle précis des quantités d'eau apportées à condition que l'installation soit bien calculée.

b) Pression de fonctionnement très faible :

La pression nominale de fonctionnement des distributions est en générale de 10 m c e.

c) Réduction des mauvaises herbes :

La localisation de l'eau limite le développement des adventices (mauvaises herbes).

e) Réduction du tassement du sol et maintien d'une structure favorable.

f) d'autres possibilités favorables :

-Possibilité d'utilisation dans les zones où les autres techniques sont difficiles à appliquer.

-Possibilité d'arrosage sous paillage plastique (fraisier).

-Possibilité d'automatiser le réseau

I.7.1.1.2 Inconvénients de l'irrigation localisée

Des inconvénients majeurs existent et font que cette technique est très peu utilisée dans les pays en voie de développement.

a) Leur coût très élevé en investissements.

b) La fragilité voire la mauvaise qualité de certain matériel (vieillesse du plastique, attaque de rongeurs) et les problèmes d'entretien.

c) Leur emploi réservé aux cultures pérennes et maraîchères au produit élevé.



Figure. I.3 : Schéma type d'un réseau d'irrigation en goutte à goutte (source : Douh B. et Boujelben A., 2011)

I.8. Besoin en eau des cultures

Les cultures pour se développer, puisent du sol l'eau et les éléments nutritifs. La quantité d'eau donnée à la culture n'est pas entièrement absorbée par la culture, une partie percole et se perd en profondeur.

L'eau qui constitue la plante est libérée par transpiration à travers l'appareil foliacé, le reste est évaporé par le sol. L'ensemble de ces deux actions est l'évapotranspiration. Ce phénomène conditionne et détermine les besoins en eau des cultures.

I.9. Besoin en eau d'irrigation

Plusieurs paramètres influent sur les besoins en eau d'irrigation et on peut voir ça dans la formule suivante :

Par définition les besoins en eau d'irrigation sont déterminés par le bilan hydrique tel que

$$\mathbf{B = ETR - (P_{eff} + RFU)}$$

Avec :

B : besoin en eau d'irrigation (mm)

E.T.P : évapotranspiration (mm / jour)

RFU : réserve facilement utilisable

$$RFU = Y (H_{cc} - H_{pf}) \cdot Da \cdot Z$$

I.9.1.L'évapotranspiration potentielle

Face à la multiplicité de paramètres susceptibles d'influencer l'évapotranspiration, un critère plus simple a été introduit: l'évapotranspiration de référence ET_0 (appelée parfois évapotranspiration potentielle). Par convention, on définit l'évapotranspiration de référence comme l'ensemble des pertes en eau d'une culture de référence (gazon) couvrant totalement le terrain, ayant une hauteur uniforme de quelques centimètres, à son stade de développement végétatif maximal et suffisamment pourvue en eau.

Dans ces conditions, l'évapotranspiration de référence dépend essentiellement de facteurs climatiques, d'où la désignation parfois adoptée d'évapotranspiration climatique.

I.9.1.1.Méthodes d'estimation de l'évapotranspiration de référence

De nombreuses formules de calcul de l'évapotranspiration de référence ont été proposées. Elles font intervenir un nombre plus ou moins important de facteurs climatiques et ont été établies initialement pour une zone particulière. Le problème du choix d'une formule appropriée se pose donc avec acuité.

Par la suite sont présentées quelques-unes de ces formules parmi les plus utilisées. Le caractère empirique de la plupart d'entre elles impose un respect strict des unités proposées par leurs auteurs. Parmi ces formules empiriques qui y'ont été proposées pour donner une estimation de l'ETP on cite :

- **Formule de BlaneyCriddle**

$$ETP = K(0,46t + 8,13)P.$$

Dans laquelle :

ETP : Evapotranspiration potentielle en mm/jour.

t : température moyenne (en degré Celsius).

P : pourcentage de la durée moyenne du jour pendant la même période, par rapport à la durée moyenne du jour pour l'année.

K : Coefficient dépendant du stade végétatif de la culture et de la température moyenne (de la zone climatique).

- **Formule de Turc**

$$ETP = 0,40 (I_g + 50) \times \frac{T}{T + 15} \text{ en (mm/mois) si } Hr > 50\%$$

Dans laquelle :

ETP : Evapotranspiration mensuelle (mm).

T : Température moyenne mensuelle (°C).

I_g : Radiation globale mensuelle (cal/cm²/jour).

$$ETP = 0,40(I_g + 50) \cdot \left(\frac{T}{T+15}\right) \cdot \left(1 + \frac{50-Hr}{70}\right) \text{ si } Hr < 50\%$$

Dans laquelle :

Hr : L ; humidité de l'air en %.

$$I_g = I_{ga}(0,18 + 0,62) \cdot \frac{h}{H}$$

Avec :

I_{ga} : Radiation maximale théorique.

H : Durée astronomique de jour en (heure/mois)

h : durée d'insolation de la station considérée en he

$\frac{h}{H}$: Insolation relative en heures.

- **Formule de Penman**

La formule donne les meilleures estimations de l'ETP, et ceci sous tous les climats. Son seul inconvénient est de nécessiter un nombre assez important d'informations climatiques, rarement toutes disponibles sur une même station.

La formule est la suivante :

$$ETP = p'(t) \frac{R_n}{L} + \dagger \cdot \frac{E_a}{P(t) + \dagger}$$

Dans laquelle :

R_n : Rayonnement net « climatique ».

E_a : pouvoir évaporant de l'air, fonction du vent et du déficit de saturation de l'air.

L : Chaleur latente de vaporisation ($2.5 \cdot 10^6$ J/kg)

\dagger : Constante psychrométrique ($0,65$ h la/°C)

$p'(t)$: Valeur de dérivée de la fonction de pression partielle de vapeur d'eau saturante en fonction de la pression de vapeur d'eau en fonction de la température, pour la température de l'air T .

I.9.1.2. Autres formules de calcul de l'ETP

De nombreuses autres formules de calcul de l'évapotranspiration ont été proposées. Citons, à titre d'exemple, celles de Thornthwaite, Bouchet, Doorenbos et Pruitt, Brochet-Gerbier, Primault, Priestley et Taylor. Bien que l'applicabilité de ces formules varie selon la zone climatique dans laquelle on se trouve (en zones tropicales humides, les formules qui ne

font intervenir que la température sont inadéquates), il apparait que, d'une façon générale et quelque soit la zone considérée, les formules qui donnent les meilleurs résultats sont celles qui font intervenir la radiation (Turc, Penman, et Penman-Monteith notamment).

L'évapotranspiration potentielle peut être évaluée selon plusieurs possibilités on cite:

- L'évapotranspiromètre
- Les stations expérimentales
- Méthode de bilan hydrique

I.9.1.2.1. Calcul de l'évapotranspiration réelle.

Ce sont les besoins en eau maximaux (besoins de pointe) de la culture ou de la parcelle qui intéressent le projeteur.

Les besoins en eau d'une parcelle correspondent à toute l'eau utilisée par cette parcelle ou évapotranspiration réelle (ETR) pour le développement de la culture qui y est installée.

Cette quantité d'eau (ETR) contient :

- la transpiration de la culture (mais aussi des adventices),
- l'évaporation directe à partir du sol ou des plantes.

A défaut de pouvoir évaluer l'ETR, on calcule généralement l'évapotranspiration maximale (ETM) qui dépend :

- de l' ET_0 (évapotranspiration de référence);
- du végétal (type et stade végétatif),

$ETM = K_c * ET_0$ Où :

- ETM : évapotranspiration maximale journalière en mm.j⁻¹
- ET_0 : évapotranspiration de référence en mm.j⁻¹
- K_c : coefficient cultural (tenant compte du stade de développement végétatif et de la culture)

Conclusion

Dans ce chapitre on a donné des généralités sur le sol, ses caractéristiques chimique et physique et l'état de l'eau dans le sol.

Chapitre I

Situation et

climat

Introduction

Connaitre la situation de la zone d'étude du point de vue géographique, nous permet de mener à bien notre travail et de pouvoir réaliser des mesures et un suivi lors de l'élaboration de l'étude et la réalisation du projet sur le terrain. Cela permet aussi de lister les différents facteurs favorables ou défavorables dans la région. Donc dans ce chapitre, nous présenterons les données sur notre zone d'étude comme les données climatologiques, pédologiques, agronomiques, hydrologiques et topographiques

I .1.Situation géographique

Notre étude se fait sur une parcelle située dans le périmètre d'oued sly qui se trouve dans la commune d'oued sly. Cette dernière est située dans la partie Est-Sud de la Wilaya de Chleff ($1^{\circ}00'$ et $1^{\circ}15'$ Est longitude et entre $36^{\circ}06'$ et $36^{\circ}10'$ latitude Nord).

II.1.1.Situation administrative et Infrastructure routière

Oued Sly, anciennement appelée Malakoff, est une commune de la wilaya de Chleff en Algérie, située à 10 km à l'ouest du chef lieu de willaya (Chleff) au confluent de l'oued Sly et du Chélif, sur la route nationale N°.04.

Les limites de la wilaya de Chleff :

1. Au nord par la Mer méditerranée.
2. Au sud par la wilaya de Tissemsilt.
3. A l'est par les wilayate d'Aïn Defla et de Tipaza
4. A l'ouest par les wilayate de Mostaganem et de Relizane

La commune de oued sly est limitée comme suit (figure I.1):

5. Au nord par Sobha et l'oued de Chleff
6. Au sud par l'oued sly
7. A l'est par la commune de boukadir
8. A l'ouest par la ville de Chleff

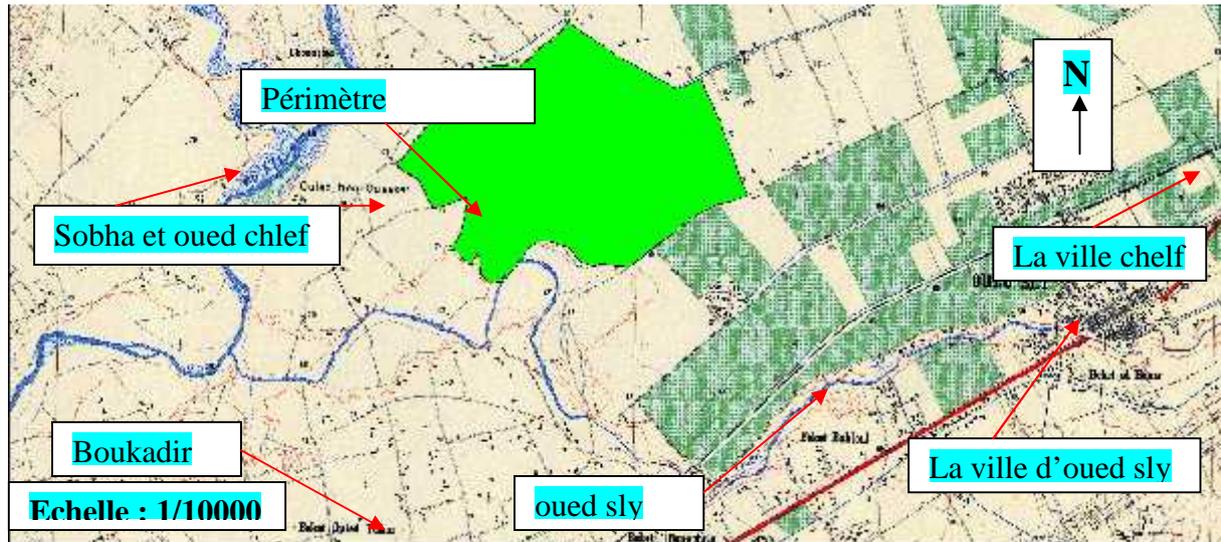


Figure II.1 : plan de situation de la commune d'oued sly

II.1.2.Végétation

Le périmètre d'oued sly est caractérisé par l'arboriculture, avec une grande superficie pour les agrumes. Les cultures sont irriguées à partir du barrage de sidi yakoub, la superficie nette est de **214 ha**,

II.1.3.Le relief

Le périmètre présente un relief presque plan, les cotes du terrain naturel varient de 70 à 82 m, les terres du périmètre sont caractérisées par une faible pente (0.2%)

II.1.4.Hydrographie

Notre périmètre est une partie de la vallée du Chélif dans laquelle l'ensemble du bassin du Chélif occupe une superficie de $44\,630\text{ km}^2$, ses eaux proviennent pour une part de l'Atlas littoral qui le borde au nord, mais surtout de l'Atlas sud-tellien (massif de l'Ouarsenis) dont les eaux du versant sud sont captées par l'intermédiaire de l'oued Nahr Ouassel et celles du versant nord par les oueds Rouina, Fodda et Rhiou pour ne citer que les principaux. Donc le réseau hydrographique est constitué dans sa majeure partie de ruisseaux et d'oueds temporaires, mais en périodes pluvieuses ces oueds se transforment en véritables torrents, qui jouent un rôle très important comme agents d'érosion et de transport des sédiments.

II.2.Le climat.

II.2.1.La climatologie

Le climat constitue un facteur de développement important de la vie animale et des végétaux, mais aussi pour l'économie des zones habitées. Il se définit comme étant l'ensemble des phénomènes météorologiques qui caractérisent l'état de l'atmosphère et de son évolution en un lieu donné.

Les différents paramètres du climat sont : les précipitations, la température, l'évaporation, l'humidité relative ...etc.

II.2.2.La température

Les températures extrêmes et moyennes sur une période d'observation de 22 ans (1987 à 2009) sont représentées dans le tableau suivant :

Le tableau suivant représente les données de la température relative à la station d'oued sly

Tableau II.1 : Températures mensuelles minimales, maximales et moyennes (1987-2009)

T°C \ Mois	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Moy
T°C Max	32.5	26.8	20.2	16.4	15.9	17.6	20.9	23.3	28.2	34	37.8	37.6	25.9
T°C Min	19.4	15.6	10.2	7.2	5.6	6.6	8.5	10.3	14.4	18.8	21.9	22.5	13.5
T°C Moy	25.5	20.6	14.7	11,7	10.5	11.5	14.3	16.4	21.1	26.3	29.6	29,8	19.3

Source : Station météorologique d'oued sly

D'après le tableau précédent on remarque qu'on a une amplitude importante entre la température maximum et le minimum tel qu'on a une valeur moyenne de 19,3°C, la figure suivante représente la variation mensuelle minimale, maximale et moyenne (1987-2009).

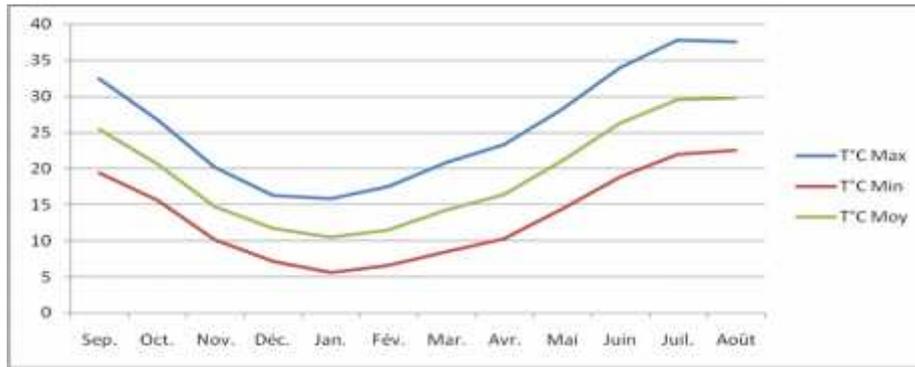


Figure II.2 : Variation de la température mensuelle minimale, maximale et moyenne (1987-2009).

II.2.3.Le vent

Il s’agit un facteur important aussi bien sur le plan agronomique que du point de vue de l’aménagiste puisqu’il représente un élément déterminant dans le choix du type d’irrigation (aspersion ou gravitaire) ainsi que dans l’élaboration du système de protection des périmètres (réseau de brise-vents). Les vitesses moyennes mensuelles sont dans le tableau II.2

Tableau II.2 : Moyenne mensuelle de la vitesse des vents (1987-2009).

MOIS	S	O	N	D	J	F	M	A	M	JUI	JUL	A
V(m/s)	2.8	2.3	2.2	2.4	2.1	2.3	2.7	3.0	3.1	3.2	3.9	2.5

Source : Station météorologique d’oued sly

D’après le tableau II.2 on a une variation faible de la vitesse des vents sur toute l’année

II.2.4.Le sirocco

IL s’agit d’un vent du sud pouvant causer aux cultures des dégâts très importants par l’élévation brutale des températures et la diminution de l’hygrométrie de l’air qu’il entraîne:

Tableau II.3 : Nombre de jours de sirocco.

Mois	Jan.	Fév.	Mar	Av.	Mai	Juin	Juil.	Aout	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	Total annuel
Nombre de jours	0	0	0	1	1	2	3	4	1	0	0	0	12

Source : Station météorologique d’oued sly

II.2.5.Humidité relative de l’air

IL s’agit d’un élément important du cycle hydrologique contrôlant l’évaporation du sol et du couvert végétal, les résultats sont présentés dans le tableau II.4.

Tableau II.4 .L'humidité relative de l'air en (%)

Mois	jan	fév	Mar	Av	Mai	Juin	juil	Aout	sep	Oct	Nov	Déc	moyenne
%	75.5	72	65	57	52.4	44.7	37.9	41	50.5	60	72	75.5	58.7

Source : Station météorologique d'oued sly

D'après le tableau II.4 on remarque que l'humidité relative est maximale dans les mois de décembre et janvier et une valeur minimale dans le mois de juillet mais on peut dire qu'elle est homogène dans notre zone telle qu'on a une amplitude de 38% entre le maximum et le minimum.

II.2.6.L'évaporation

TableauII.5 : Répartition mensuelle de l'évaporation moyenne.

Mois	jan	fév	Mar	Av	Mai	Jui	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc
Ev Moyenne (mm)	29	45	85	116	161	190	212	194	138	86	41	28

Source : Station météorologique d'oued sly

D'après le tableau précédent on remarque qu'on a une évaporation mensuelle plus importante d'avril à septembre et octobre du mois d'octobre à mars, l'évaporation est plus faible.

II.2.7.Insolation

Les valeurs moyennes mensuelles sont représentées dans le tableau ci-après :

Tableau II.6 : Insolations moyennes mensuelles en (h)

Mois	jan	fév	Mar	Av	Mai	Jui	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc
Insolation (h)	5.7	6.8	7.5	8.5	9.5	10.2	11	10.6	8.9	7.4	6.1	5.2

Source : Station météorologique d'oued sly

II.2.8.La pluviométrie

La pluviométrie est d'un régime variable et irrégulier suivant les mois et les années sachant que les pluies moyennes interannuelles sont de l'ordre de 300 mm.

Tableau II.7 : Caractéristiques de la station pluviométrique d’oued sly

Nom de la Station	Code de la station	Cordonnées Lambert		Altitude (m)	Années D’observations	N
		X (km)	Y (km)			
Oues sly	012309	365.2	312.7	95	1978-2012	35ans

Tableau II.8: Série pluviométrique station d’oued sly

	sept	oct	nov	dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout	annuel
1978	0	103	29	36.8	56.6	155.9	100.3	42.3	4.9	19.1	0.3	0	547.9
1979	56.1	92.6	58	46.6	71.4	13.8	71.7	45.7	44	0.6	1.1	0.5	502.1
1980	3.5	23.4	11.6	147.5	26.3	59.7	34	75.9	14.7	0.4	0	1.5	398.5
1981	0	12	0	64.3	69.4	93.4	23.1	20.1	26.6	0	0	0.6	309.5
1982	0	12	0	64.3	69.4	93.4	23.1	20.1	26.6	0	0	0.6	309.5
1983	0	3.1	91	41.5	50.8	67.8	47.8	25	74.6	11.2	0	0	412.8
1984	6.7	47.9	76.1	74.3	37.4	42.9	67.5	11.5	30.5	1.8	0	0	396.6
1985	8	30	49.8	43.4	111.5	104.7	62.8	23.8	3	21.9	1	2.9	462.8
1986	32.3	46.6	42.7	117.3	50	119.9	6	1.5	8.4	4	0.4	0	429.1
1987	17.6	43	76.7	33.2	48.1	5.6	36.9	32.8	34.3	5.4	0	0	333.6
1988	7.6	15.5	20.9	75.6	8.1	25.5	55.7	36.6	17.3	11.5	1.4	15.9	291.6
1989	18.6	8.5	23.4	16.4	67.2	0	48	80	35.2	0	0	0	297.3
1990	0.4	32.4	54.1	57.8	49.5	62.8	75.2	18.2	8.2	1.5	3.6	2.7	366.4
1991	1	18.2	42	2.4	81.9	13.3	66.8	36.3	33.8	16.1	10.3	0	322.1
1992	0	20.9	35.2	19.3	5.7	43.8	9.9	59.7	25.7	0	0	1.9	222.1
1993	20.5	20.3	34.2	26.1	40.3	41.2	2.2	21.9	9.6	0	0	0	216.3
1994	64.6	45.3	29.7	19.3	80.5	7.5	44.9	10.3	0	9.1	0	11.3	322.5
1995	43.3	29.8	51	36.7	75.6	99.4	87.2	41	34.7	2.3	11.7	1	513.7
1996	48.7	30.4	15.1	37.8	79.9	8	0.5	136.8	14.2	0.4	5.5	17.3	394.6
1997	11.9	46.9	154	24.9	13.5	40.1	9.5	47.5	92.5	0	0	0	440.4
1998	13.3	31.2	28.3	23.3	71.8	78	76.7	1.4	0.3	0	0	0.7	325
1999	31.9	16	51.1	106.6	3	0	7.2	18.7	17.7	0	0	0	252.2
2000	22.2	81.4	81.1	33	107.3	25	2.6	46.4	13.2	0	0	0	412.2
2001	19.7	1.4	112	31.5	28	5	45.5	45.3	41.1	0	0	9.8	339
2002	0	12	58.2	30.3	118.1	63.8	14.4	34.7	32.3	1	0	0	364.8
2003	3.5	19.1	63.5	71.8	24.2	46.5	7.1	41.7	60.1	10.6	1.6	0	349.7
2004	0	37.6	24.8	63.3	17	79.4	27.3	1.5	1	0	0	0.3	252.2
2005	21	36	61.4	54.4	35.5	69.4	15.5	5.2	71.7	7	0.5	1.2	378.8
2006	17.4	0	0	88.2	27.3	60.8	49.2	66.6	34.2	0	0	0	343.7
2007	39.8	31.7	40.7	16.6	21	31.8	34.8	12.6	53.6	11.7	7.3	0	301.6
2008	9.1	35.6	46.2	64.4	61.2	21	51.9	74.4	15.3	2	0	2	383.1
2009	48.1	34.5	47.3	55.6	59.5	103.8	70.2	19.9	12.1	1.3	0	39.8	492.1
2010	22.3	45.1	81.9	27.5	102.5	55.2	21.1	54.1	74.5	22	0.8	0	507
2011	8.4	25.3	73.1	18.3	24.3	96.9	26.3	123.8	7.1	0	0	0	403.5
2012	0	46.8	102	7.4	56.3	10.9	72.8	60.6	40	0	1.5	1.3	399.7

Tous les droits réservés à la Bibliothèque ENSH

Tableau II.9 : Répartition des précipitations moyennes mensuelles

Mois	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mars	Av.	Mai	Juin	Juil.	Aout	Totale
P_m [mm]	17.07	32.4	50.4	47.9	52.8	52.75	39.88	39.83	28.94	4.59	1.34	3.18	371.3

II.2.9. classification du climat.

A partir des Indices climatiques; nous présentons une codification du climat par des formules dont le but est de voir l’interférence des différentes variables de ce climat et leur action sur la plante. Ces formules se basent principalement sur deux facteurs essentiels: pluviométrie et température ; les Indices les plus connus sont ceux d’E.MARTONNE (1926) et E.EMBERGER.

II.2.9.1.classification du climat selon l’indice De Martonne

$$I = \frac{P}{T + 10} \dots\dots\dots (II.1)$$

L’indice d’aridité De Martonne, est un paramètre qui permet la classification du climat. Afin de nous renseigner sur la nécessité de l’irrigation par rapport au climat, et par conséquent il nous oriente dans le choix des cultures, il est calculé par la formule suivante :

- Avec : I : Indice De Martonne
- P : Précipitation annuelle en (mm)
- T : Température moyenne annuelle

$$I = \frac{371.3}{19.13 + 10} = 12.3$$

Tableau II.10 : Les limites du climat d’après l’indice d’aridité de Martonne

Valeur de I	Type de climat	Irrigation
I<5	Désertique	Indispensable
5<I<10	Très sec	Indispensable
10<I<20	Sec	Souvent indispensable
20<I<30	Relativement humide	Par fois utile
I>30	Humid	Inutile

Source: Dossier I-C Analyse Des Ressource En Eau Stucky-Enhyd 2009

À partir du **tableau II.10** et la valeur de l'indice d'aridité De Martonne ($I=12.3$) du climat de notre zone d'étude, on peut dire que notre climat est de type « sec » ($10 < I < 20$) donc l'irrigation souvent indispensable.

II.2.9.2. Classification du climat selon le diagramme d'EMBERGER :

Mr EMBERGER présente un diagramme composé par deux axes (sur l'axe des X on a la température du mois le plus froid et sur l'axe des Y on a le quotient pluviométrique d'EMBERGER) ce dernier se calcule comme suit

$$Q = \frac{1000 * P}{(M + m) (M - m)} = \frac{2000 * P}{M^2 - m^2} \dots\dots\dots (II.2)$$

Tel que : Q : Coefficient pluviométrique d'Emerger.

P : Précipitation moyenne annuelle en mm.

M : Température moyenne maximale du mois le plus chaude en °kelvin.

m : Température moyenne minimale du mois le plus froide en kelvin.

$$P=371.3 \text{ mm}; \quad T_{\max} = 37.8^{\circ}\text{C} \quad ; \quad T_{\min} = 5.6^{\circ}\text{C}$$

$$M=310.8^{\circ}\text{K} \quad \quad m=278.6^{\circ}\text{K}$$

$$Q = \frac{2 * 1000 * 371.3}{(37.8 + 273)^2 - (5.6 + 273)^2} = 39.13$$

En portant la valeur de (Q) dans le diagramme bioclimatique D'EMBERGER ; et en fonction de la température moyenne minimale du mois le plus froid.

D'après le diagramme bioclimatique on peut dire que notre région se situe dans

- ❖ L'étage bioclimatique : semi-aride
- ❖ Sous étage : Hiver tempéré

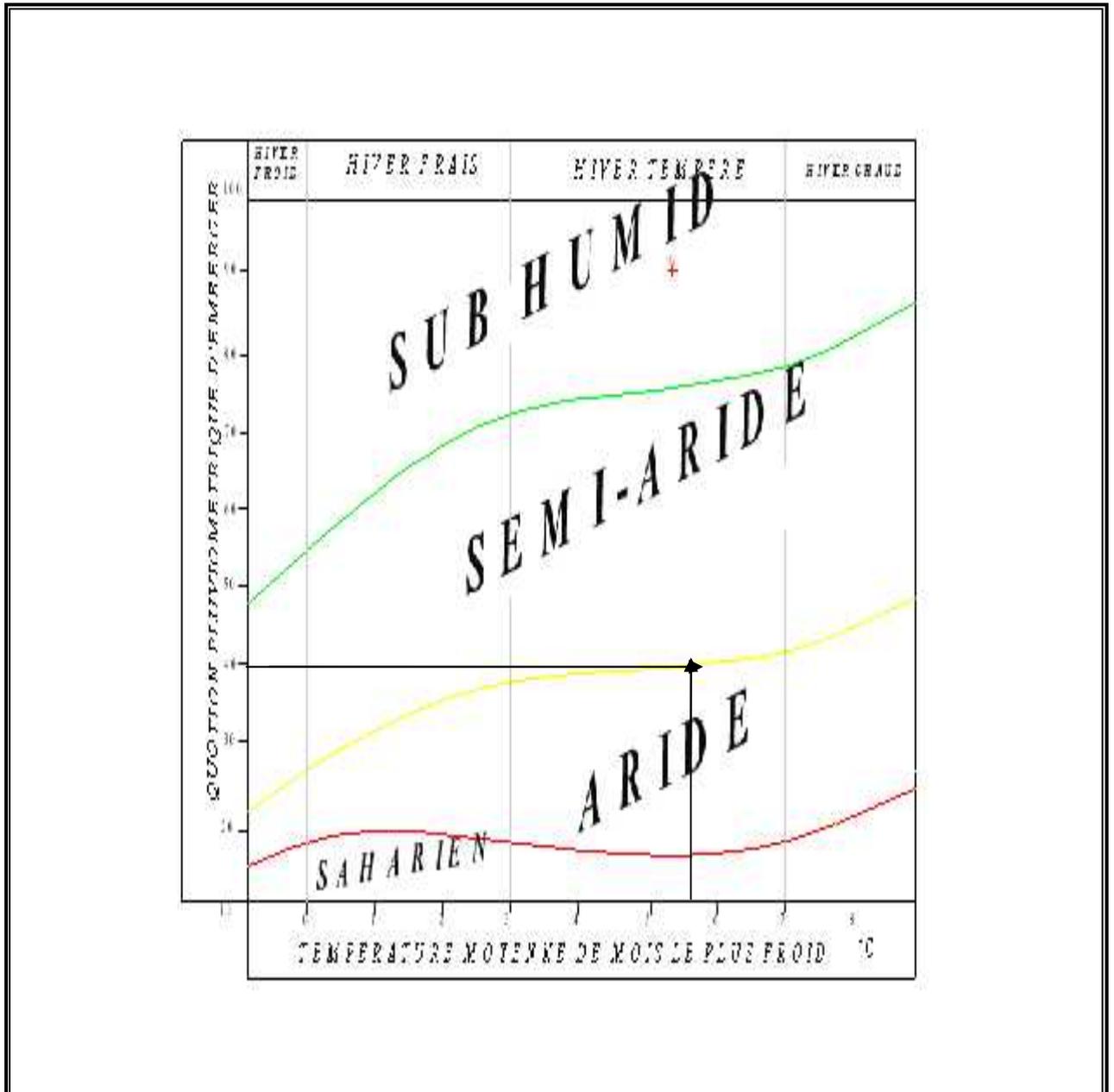


Figure II .3: Diagramme bioclimatique

II.2.9.3. Diagramme de Gaussen

Il est établi selon la méthode mise au point par GAUSSEN .Ce diagramme nous permettra donc d'évaluer l'intervalle de saisons sèche et humide, et sa position dans le temps, en faisant intervenir la pluviométrie et la température sur un même graphique. (Voir **figure .II.3**)

II.2.9.3.1. Description du graphe

Les deux courbes se croisent et la surface délimitée mesure l'intensité de la saison sèche et la saison humide, c'est-à-dire lorsque la courbe des températures dépasse celle des précipitations, c'est la période sèche, dans le cas contraire on dit que c'est la période humide.

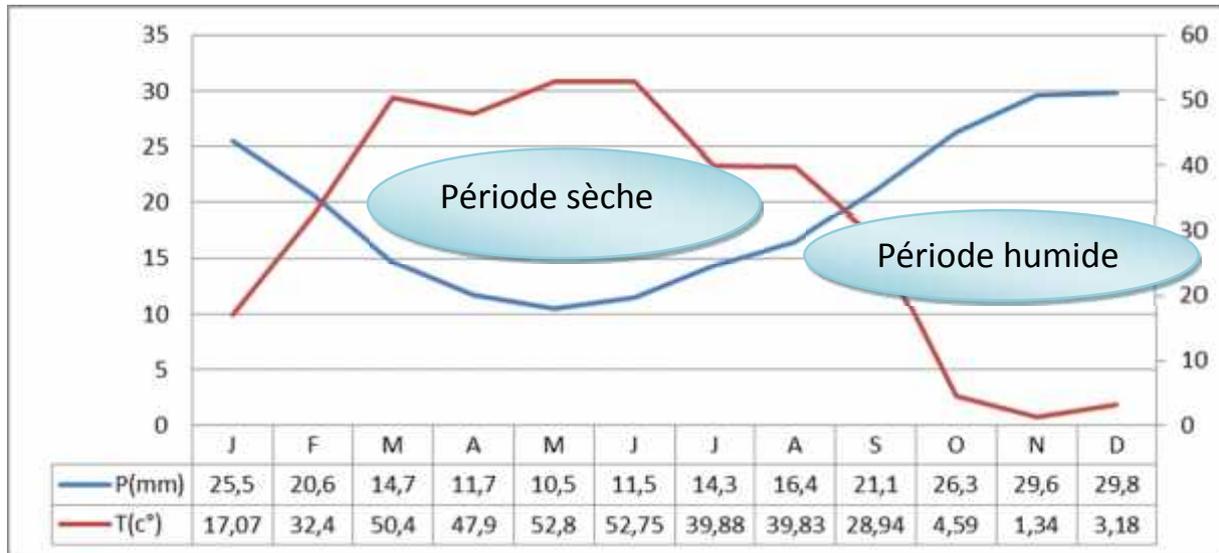


Figure II.4: Diagramme de Gaussen

Ce diagramme nous aide à avoir les périodes humides et sèches de notre zone d'étude

D'après le diagramme de Gaussen on distingue deux périodes

- A partir de mois mai jusqu'à la fin de mois d'octobre on a une période sèche
- A partir de mois d'octobre on a une période humide jusqu'à la fin de mois d'avril.

Conclusion

Dans ce chapitre on a donné différents paramètres climatologiques et d'après le diagramme bioclimatique on peut dire que notre région se situe dans

L'étage bioclimatique : semi-aride, Sous étage : Hiver tempéré

CHAPITRE

III

Matériels et

Méthodes

Introduction

Ce chapitre est consacré à la présentation de la parcelle à suivre, aux différents travaux réalisés sur le terrain et aux mesures des différents paramètres du sol.

III.1 Travaux sur le terrain

Les travaux sur le terrain sont comme suit :

- Le Choix de la parcelle de suivi.
- Le choix de la position des sondes Watermark.
- Préparation des sondes Watermark.
- Protocole de prélèvements des échantillons
- Mesure des différents paramètres du sol.
- Vérification des sondes Watermark.

III.1.1 Présentation de la parcelle d'étude :

Notre parcelle est située dans le périmètre d'oued sly (Algérie, Chleff), ($1^{\circ}17'$ et $1^{\circ}19'$ Est longitude et entre $36^{\circ}10'$ et $36^{\circ}12'$ latitude Nord), la surface de la parcelle est de 3 ha.

III.1.2. Caractérisation de la parcelle d'étude

III.1.2.1. Les propriétés physiques de parcelle d'étude

L'analyse physique du sol se fait au niveau du laboratoire (AGQ. ESPANA : Bureau d'études espagnol). Les résultats de l'analyse granulométriques sont présentés dans le tableau **I.1**

Tableau III.1 : Résultats des analyses des échantillons de sol

Paramètres	Résultats (%)	Texture
Sable	5	Argilo-limoneux
Argile	50	
Limon	45	

III.1.2.2. Les propriétés chimiques du sol de la parcelle d'étude

L'analyse se fait au niveau du laboratoire (AGQ. ESPANA) et les résultats sont donnés dans le tableau **III.2**.

Tableau III.2: Les propriétés chimiques du sol

Paramètres	Résultats
CALCAIRE ACTIF	4.73%
MATIEREORGANIQUE	1.57%
NITROGENE	1184.7 mg/kg
PHOSPHORE	78.00 mg/kg
CALCIUM	14.04 meq/100g
MAGNESIUM	3.95 meq/100g
POTASSIUM	1.01 meq/100g
SODIUM	2.08 meq/100g
FER	0.6 meq/100g
MANGANESE	95.3 meq/100g
ZINC	0.20 meq/100g
PH	7.85

III.1.2.3. culture

La culture qui se trouve au niveau de la parcelle suivi est une culture arboricole (agrumes),

III.1.2.4. Système d'irrigation utilisé

Le système d'irrigation utilisé, celui de l'irrigation localisée « goutte à goutte ».

- Espacement entre arbres : 4 m.
- Espacement entre rangs : 6 m.
- Espacement entre deux goutteurs 60 cm.



Figure III.1. Parcelle d'agrumes ayant servi de site de suivi.

III.3. Matériel utilisé.

III.3.1. La tarière

Elle permet de prélever des échantillons de sol à des profondeurs variables sans perturber la structure du sol.



Figure III.2. La tarière

III.3.2. Tensiomètre watermark

Cet instrument est intéressant dans notre recherche. L'utilisation de cet instrument permet de suivre les variations de tensions de l'eau contenues dans le sol.

III.3.3. Thermomètre

L'utilisation de cet instrument permet de connaître la température du sol à la profondeur où est disposé le tensiomètre (60 cm).



Figure III.3: Le Thermomètre

III.4. L'utilisation du tensiomètre watermark :

Le sol est doté d'une aptitude à stocker l'eau. Il joue un rôle de réservoir pour les plantes. Le tensiomètre watermark est une technologie permettant de mesurer l'état de ce réservoir. Elle consiste à mesurer la tension exercée par le sol pour retenir l'eau et de pouvoir la relier par la suite à des valeurs de teneurs en eau.

III.4.1. Description

III.4.1.1. Le boîtier de lecture

Il permet de lire la tension dans le sol. Pour avoir une mesure précise, il est impératif d'afficher sur le boîtier la température du milieu dans lequel se trouve la sonde. Ces températures sont dépendantes de la région de la profondeur de mesure et de la période. Dans notre cas pour mesurer la température du sol, on utilise un tube en plastique (PVC) fermé au bout et dans lequel on dispose le thermomètre. Les lectures sur le boîtier de lecture vont de 0 à 200 centibars. La tension exprimée par ces sondes représente la force de liaison entre l'eau et le sol. Concrètement, lorsque l'eau est très facilement disponible dans le sol, la tension est faible (proche de la valeur de zéro). Quand sa disponibilité diminue, la tension augmente.



Figure III.4: Le boîtier de lecture

III.4.1.2. La sonde watermark

Elle est composée par un tube de plastique, deux fils électriques et un capteur. Le capteur composé par le gypse, le sable et une armature pour la protection.

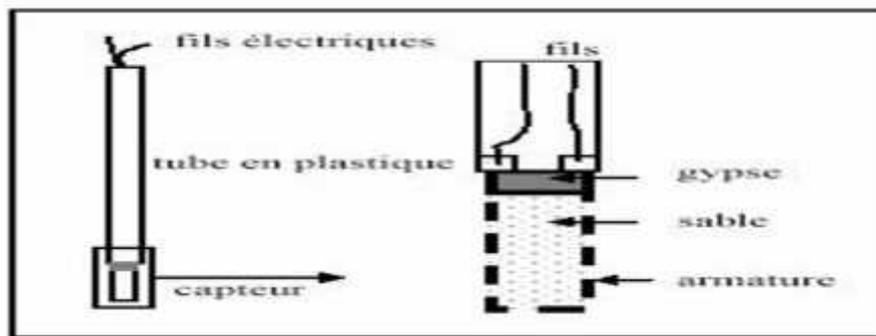


Figure III.5 : Schéma d'une sonde tensiométrique watermark

III.4.2. Mode opératoire

III.4.2.1. Vérification du boîtier Watermark

Avant de commencer le suivi sur la parcelle, une vérification de la boîte watermark est nécessaire pour voir l'état de cette boîte.

Avant tout on commence par la pile de la boîte, et voir si elle est chargée. Après on teste le boîtier en le connectant avec la sonde le réglage de température-sol doit être fixé à 24 °C. Pour changer le réglage de température-sol, presser et tenir TEMP, et presser et tenir READ. La valeur de température défile. On relâche lorsque la valeur souhaitée est atteinte, pour faire défiler dans l'autre sens, on relâche READ un instant et on appuie de nouveau.

Pour un réglage de température-sol fixé à 24 °C le boîtier connecté avec la sonde doit afficher 199 cb (l'eau disponible dans l'air 199 cb). Pour le test, presser et tenir TEAST et READ.

III.4.2.2. Préparation et vérification des sondes

A l'aide d'un tuyau en PVC de diamètre 25 mm et de hauteur plus ou moins égale à 1 m on prépare les sondes, on place en bas des tuyaux les capteurs et à partir des capteurs on extrait les deux fils électriques vers le haut des tuyaux, après on ferme les tuyaux par du scotch pour éviter l'entrée d'eau comme de la pluie par le haut du tube

Par contre dans le cas de test des sondes, on les met dans de l'eau pendant 10 à 15 minutes et on connecte les sondes avec le boîtier de lecture. Une sonde en état devrait alors afficher une valeur de 0 cb (saturation).

III.4.2.3. Mise en place d'un tensiomètre watermark

La tensiométrie n'est représentative que si les sondes sont bien positionnées et réparties sur la parcelle étudiée. En effet, l'hétérogénéité du sol, de la répartition de l'irrigation et celle de la culture sur la parcelle peuvent être sources d'erreurs. Pour limiter ces erreurs potentielles, on multiplie alors les points de mesures sur la surface concernée. Trois stations de mesures.

Ces stations sont composées de 2 sondes mesurant à différentes profondeurs (**30 cm et 50 cm**) à mesurer dépendent de l'enracinement de la culture. Toutefois, une sonde plus profonde que l'enracinement de la plante est également utile pour étudier les mouvements de l'eau dans le sol et les remontées par capillarité. Les sondes sont positionnées au sein de la culture, à proximité des plantes et de leurs systèmes racinaires. Pour optimiser l'emplacement des sondes, il est important d'éviter les zones particulières (sommet de butte, bas-fonds...) et de localiser les zones les plus représentatives de l'ensemble de la parcelle.

III.5. L'emplacement des sondes

Pour éviter l'emplacement des sondes tensiométriques dans une zone particulière, et pour que les sondes soient représentatives de la parcelle on a divisé notre parcelle comme suit.

On a divisée la parcelle sur quatre zones identiques verticale et horizontale et choisi trois sites représentatifs comme le montre la figure suivante :

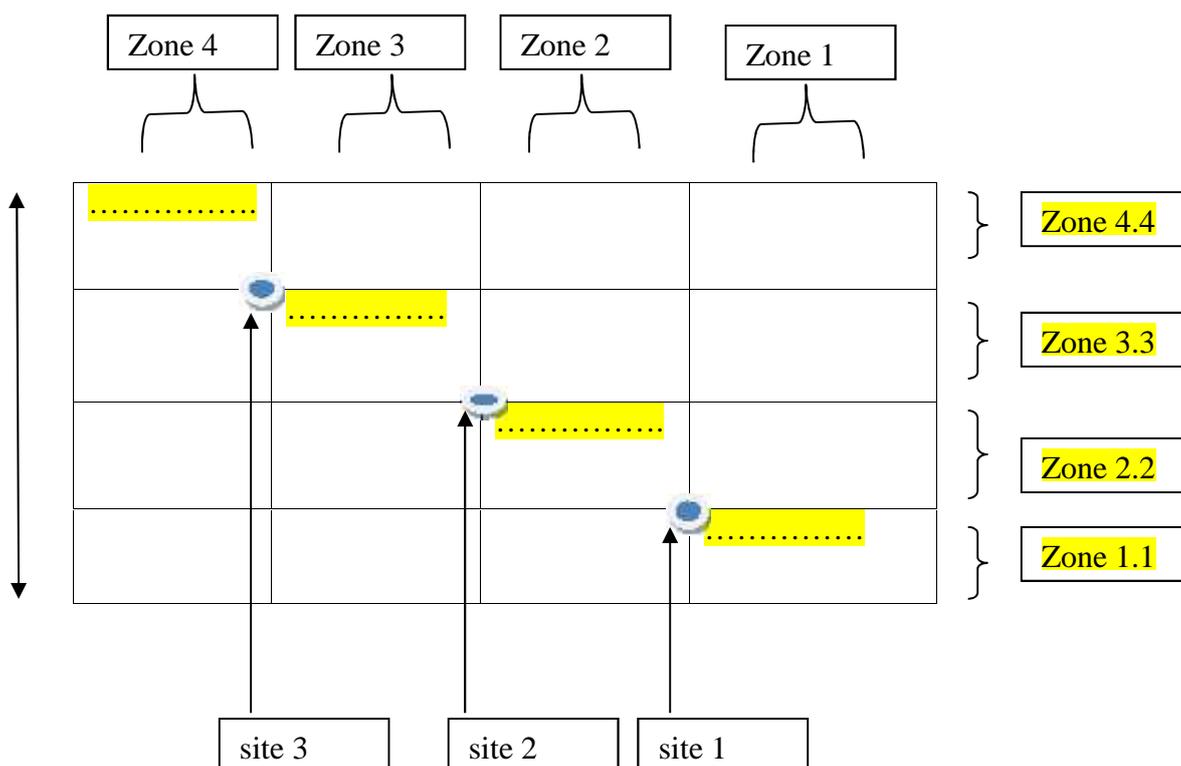


Figure III.6 : disposition des sondes tensiométriques

III.5.1.Mise en place des sondes

Sur chaque site expérimental on place deux sondes tensiométriques à des profondeurs différentes (30 et 60 cm), on doit plonger les sondes pendant une nuit dans 10 cm d'eau).

A l'aide d'une tarière on creuse un pré-trou de diamètre 25 mm tel que le diamètre du tuyau en PVC est de 25 mm.

Préparer une boue pour mettre dans le pré-trou pour assurer que notre sonde soit en contact avec le sol.

Descendre doucement la sonde sans jamais forcer pour protéger le capteur. Jusqu'à la profondeur souhaitable (30 ou 60 cm).

III.6. Piloter l'irrigation en goutte à goutte grâce à la tensiométrie :

III.6.1. Principe de l'irrigation goutte à goutte

Le principe de l'irrigation goutte à goutte : l'eau est apportée localement au pied de la plante. Elle diffuse dans le sol formant un volume humidifié qu'on appelle « bulbe ». Au cours de la campagne d'irrigation, on cherche à maintenir le volume du bulbe humide.

Pour cela le pilotage consiste à agir sur la dose et la fréquence d'irrigation.

III.7. Installation des sondes tensiométriques dans le cas du système d'irrigation localisée

La forme du bulbe est très variable. Elle dépend de la nature du sol, l'eau s'étale plus en sol fin qu'en sol sableux, le volume du bulbe doit être suffisant pour que les arbres qu'on arrose puissent s'y alimenter, on distingue trois (3) zones.

- **La zone centrale** : cette zone elle est très humide, souvent saturée.
- **La zone extérieure** : cette zone non influencée par le goutteur. Elle est humide en début de campagne et se dessèche progressivement à mesure que les besoins en eau de la culture augmentent.
- **La zone intermédiaire** : où les fluctuations de tensions sont importantes.

Donc pour que notre tensiomètre soit représentatif il doit être installé dans la zone intermédiaire, à une profondeur de (30, 60 cm), et une distance de 30 cm d'un goutteur.

III.8. Les Campagnes de mesures (Watermark).

Pour prendre des mesures on a choisi deux campagnes de mesures, chaque campagne composée de dix jours.

La première campagne des mesures a commencée le 20 Avril 2014, jusqu'au 30 avril 2014.

La deuxième campagne a commencée du 19 Mai 2014, jusqu'au 31 Mai 2014. Elle n'est pas

suffisante pour piloter l'irrigation toute l'année mais on peut faire le pilotage dans la période de suivi.

CHAPITRE

IV

Travaux au laboratoire, Résultats et discussion

Introduction :

Dans ce chapitre on va présenter le mode opératoire des travaux au laboratoire, résultats et interprétations de ces résultats.

IV.1. Travaux au laboratoire**IV.2. Densité apparente**

La densité apparente est l'un des paramètres les plus importants dans les études portant sur la structure du sol. Elle est, en effet, liée à la nature et à l'organisation des constituants du sol (CHAUVEL, 1977). Elle permet, en outre, de calculer la porosité et d'apprécier ainsi indirectement la perméabilité, la résistance à la pénétration des racines (MAERTENS, 1964), la cohésion des horizons (YORO, 1983 ; YORO et ASSA, 1986) et la réserve en eau du sol (HENIN, MONNIER et GRAS, 1969).

La densité apparente, est une grandeur utilisée essentiellement avec les substances se présentant sous forme de granulés, comprenant le volume d'air interstitiel. De ce point de vue, la masse volumique apparente d'un même matériau granulé, peut varier en fonction du mode de manutention, selon qu'il est plus ou moins tassé, au contraire aéré.

Tel que :

$$D_a = \frac{\text{masse de sol sec}}{\text{volume totale}}$$

IV.3. La teneur en eau.

La teneur en eau d'un matériau est le rapport du poids d'eau contenu dans ce matériau au poids du même matériau. Peut aussi définir la teneur en eau comme le poids d'eau contenu par unité de poids de matériau, par la loi suivante :

$$W\% = \frac{(P_h - P_s)}{P_s} * 100$$

Tel que :

W% : la teneur en eau en (%).

P_h : le poids du sol humide.

P_s : le poids du sol sec.

IV.4. Mode opératoire et interprétation.**IV.4.1. La teneur en eau**

Pour mesurer la teneur en eau du sol et à l'aide d'une tarière on prend des échantillons de sol dans les profondeurs 30 cm et 50 cm, pour chaque site. Par la suite au laboratoire on met ces échantillon dans l'étuve pendant 24h à 105⁰C pour sécher, les résultats du calcul sont représentés dans les tableaux suivant :

Tableau .IV.1.La teneur en eau au 21/04/2014.

Numéro de l'échantillon	Le poids total (g)	Poids sec	W(%)
S1/0,3	127.18	115.23	25.31
S1/0,5	119.11	108.61	22.04
S2/0,3	97.9	92.3	23.39
S2/ 0,5	98.6	92.24	23.81
S3/0,3	93.73	90.35	16.23
S3/0,5	94.7	90.77	15.72

Tableau .IV.2.La teneur en eau au 13/05/2014.

Numéro de l'échantillon	Le poids total (g)	Poids sec	W(%)
S1/0,3	108.95	102.03	17.48
S1/0,5	121.39	111.87	17.83
S2/0,3	106.11	97.76	18.52
S2/ 0,5	105.96	98.86	18.88
S3/0,3	109.87	104.46	12.21
S3/0,5	108.51	101.93	12.60

Tableau .IV.3.La teneur en eau au 20/05/2014.

Numéro de l'échantillon	Le poids total (g)	Poids sec	W(%)
S1/0,3	106.03	98.68	14.80
S1/0,5	110.54	103.38	16.92
S2/0,3	150.73	133.6	19.81
S2/ 0,5	162.85	137.77	24.94
S3/0,3	138.95	127.37	14.50
S3/0,5	123.49	115.17	14.58

IV.4.1.1. Interprétation des résultats

D'après les résultats obtenus dans les tableaux, on remarque que la teneur en eau dans la première campagne plus que la deuxième campagne d'échantillonnage, tel que la teneur en eau moyenne dans la première campagne $W_{\text{moy}} = 21.08 \%$, et pour la deuxième campagne $W_{\text{moy}} = 16.92\%$.

IV.4.2. Densité apparente

Pour cette variable, nous avons utilisé un cylindre biseauté dont le diamètre est de 5 cm et la hauteur est de 5 cm. On, le fait pénétrer dans le sol, verticalement, par pression progressive à l'aide d'une planchette et d'une masse sur la planchette, par la suite dans le laboratoire on met

l'échantillon dans l'étuve pendant 24 h à 105 °C pour sécher le sol. Les échantillons ont été prélevés le 21/04/2014.

Le volume total de l'échantillon c'est le volume du cylindre. La figure (IV.1) représente un échantillon du sol.



Figure IV.1. Échantillon du sol

Les résultats obtenus sont dans le tableau suivant:

Tableau .IV.3 La Densité apparente.

Numéro de l'échantillon	Le poids total (g)	Poids sec	Da (g/cm ³)
S1/E1	266.21	164.61	1.68
S2/E2	263.11	137.8	1.40
S3/E3	264.086	169.2	1.72

IV.4.2.1. Interprétation des résultats

D'après les résultats du tableau IV.3, la densité apparente moyenne du sol $Da_{moy}=1.6 \text{ g/cm}^3$

IV.4.2.2. Dose d'irrigation pour 1 hectare

Dans un hectare on a 16 rampes espacées de 6 m avec une longueur de 100 m pour chacune, où les arbres sont espacés de 4 m, soit 2 goutteurs avec un débit nominale de 4 l/h dans chaque arbre

Débitant chacun en moyenne 3.95 l/h. (source ferme pilote).

Donc pour un hectare on a :

$$D = N_g * Q_{moy} * T$$

Avec

D : Dose d'irrigation.

N_g : Nombre de goutteurs par hectare.

T : Durée d'irrigation.

Q_{moy} : Débit moyen par goutteur

A.N :

$$D = 3.95 * 800 * 1.3 = 4108 \text{ l/hectare}$$

Les températures dans les 20 jours à suivre

Les températures sont données dans le tableau suivant :

Tableau .IV.4 Les températures dans les 20 jours à suivre.

Date	20/04/ 2014	21/04/ 2014	22/04/ 2014	23/04/ 2014	24/04/ 2014	26/04/ 2014	27/04/ 2014	28/04/ 2014	29/04/ 2014	30/04/ 2014
Températures⁰ C	27	27	25	26	26	26	26	25	26	27
Date	19/05/ 2014	21/05/ 2014	22/05/ 2014	24/05/ 2014	25/05/ 2014	26/05/ 2014	27/5/ 2014	28/05/ 2014	29/05/ 2014	31/05/ 2014
Températures⁰ C	30	33	35	38	38	38	35	33	33	27

Source : ferme pilote

IV.5. Relevés tensiométriques et interprétation :

Dans cette ferme les agriculteurs se sont basés sur un calendrier d'irrigation pour irriguer tel que la fréquence est de 10 jours et la durée et de 1 h 30 min

IV.5.1. Relevés tensiométriques:

IV.5.1.1. première campagne

Les mesures ont commencées le 20 Avril 2014, jusqu'au 30 avril 2014, les résultats sont représentés dans le tableau suivant.

Tableau .IV.5. Relevés tensiométriques (première campagne)

Date	Site	Profondeur		Température °C	Remarque
		0.3 (m)	0.5 (m)		
20/04/2014	1	20 Cb	0 Cb	24	Pas d'irrigation
	2	0 Cb	0 Cb	24	
	3	0 Cb	5 Cb	24	
21/04/2014	1	17 Cb	0 Cb	23	Pas d'irrigation
	2	0 Cb	0 Cb	23	
	3	0 Cb	7 Cb	25	
22/04/2014	1	19 Cb	0 Cb	21	Pas d'irrigation
	2	0 Cb	0 Cb	21	
	3	1 Cb	3 Cb	21	
23/04/2014	1	21 Cb	0 Cb	22	Pas d'irrigation
	2	0 Cb	0 Cb	22	
	3	2 Cb	0 Cb	23	
24/04/2014	1	25 Cb	9 Cb	24	Pas d'irrigation
	2	0 Cb	0 Cb	24	
	3	2 Cb	0 Cb	24	
26/04/2014	1	30 Cb	12 Cb	23	irrigation
	2	2 Cb	0 Cb	23	
	3	5 Cb	0 Cb	25	
27/04/2014	1	13 Cb	2 Cb	21	Pas d'irrigation
	2	4 Cb	0 Cb	21	
	3	2 Cb	0 Cb	21	
28/04/2014	1	14 Cb	0 Cb	22	Pas d'irrigation
	2	6 Cb	0 Cb	22	
	3	3 Cb	0 Cb	23	
29/04/2014	1	19 Cb	0 Cb	24	Pas d'irrigation
	2	7 Cb	0 Cb	24	
	3	4 Cb	0 Cb	24	
30/04/2014	1	22 Cb	0 Cb	24	Pas d'irrigation
	2	9 Cb	0 Cb	24	
	3	6 Cb	0 Cb	23	

IV.5.1.2. Deuxième campagne

Les mesures ont commencées le 19 Mai 2014, jusqu'au 31 Mai 2014, les résultats sont représentés dans le tableau suivant.

Tableau .IV.6. Relevés tensiométriques (Deuxième campagne)

Date	Site	Profondeur		Température °C	Remarque
		0.3 (m)	0.5 (m)		
19/05/2014	1	76 Cb	32 Cb	24	7 mm pluviométrie
	2	33 Cb	15 Cb	23	
	3	38 Cb	18 Cb	23	
21/05/2014	1	34 Cb	50 Cb	23	Pas d'irrigation
	2	35 Cb	15 Cb	23	
	3	43 Cb	19 Cb	24	
22/05/2014	1	35 Cb	33 Cb	23	Pas d'irrigation
	2	35 Cb	15 Cb	24	
	3	45 Cb	21 Cb	24	
24/05/2014	1	59 Cb	36 Cb	24	irrigation
	2	42 Cb	17 Cb	24	
	3	54 Cb	23 Cb	24	
25/05/2014	1	70 Cb	39 Cb	23	Pas d'irrigation
	2	43 Cb	23 Cb	23	
	3	56 Cb	23 Cb	23	
26/05/2014	1	77 Cb	42 Cb	23	Pas d'irrigation
	2	44 Cb	18 Cb	23	
	3	57 Cb	24 Cb	23	
27/5/2014	1	73 Cb	36 Cb	23	Pas d'irrigation
	2	46 Cb	17 Cb	23	
	3	61 Cb	25 Cb	23	
28/05/2014	1	74 Cb	36 Cb	23	Pas d'irrigation
	2	48 Cb	17 Cb	24	
	3	62 Cb	26 Cb	24	
29/05/2014	1	80 Cb	40 Cb	23	Pas d'irrigation
	2	50 Cb	16 Cb	24	
	3	65 Cb	27 Cb	24	
31/05/2014	1	78 Cb	42 Cb	24	pluviométrie
	2	53 Cb	17 Cb	24	
	3	66 Cb	27 Cb	24	

IV.5.2. Interprétation des résultats et recommandations.

IV.5.2.1. Interprétation des résultats de la première campagne

D'après les résultats obtenus dans la première campagne (1^{er} site) on remarque que la tension exercée par le sol est faible tel que les valeurs obtenues varient entre (13 et 30 Cb) a 30 cm de profondeur et a 50 cm les valeurs sont très faibles elles sont entre (0 et 12 cb). Donc on peut dire que le sol elle presque saturé a 50 cm et a 30 cm le sol contient une quantité d'eau suffisante pour la plante.

Et dans le 2^{ème} site, à 30 cm les valeurs entre (0 et 9cb), et 50 cm les lecteurs sont constants durant les dix jours de campagne (0 cb). Donc le sol est saturé à 50 cm et presque saturé à 30 cm.

Et la même chose pour le 3^{ème} site.

On peut justifier ça par le type de sol on a un sol très lourd (Argilo-limoneux), tel que ce sol est caractérisé par une grande rétention d'eau

D'après ces résultats le sol est presque saturé pendant les dix jours de 1^{er} campagne. Il peut y avoir danger de mauvaise aération du sol.

IV.5.2.2.Recommandations

Parce que le sol est presque saturé et on a un risque de mauvaise aération on arrête l'irrigation jusqu'à ce que les valeurs reviennent à des niveaux acceptables entre 70 et 80 cb, valeur du stress hydrique. Toutefois, la culture n'est pas nécessairement endommagée ni le rendement compromis. Un peu d'eau est encore facilement utilisable par la plante, mais la réserve facilement utilisable devient dangereusement basse au-dessus de 80 cb.

IV.5.2.3.Interprétation des résultats de la deuxième campagne

D'après le tableau des résultats de la deuxième campagne (1^{er} site), à 30 cm, les lecteurs au début est de 76 cb après on a une diminution de la tension exercée par le sol jusqu'à 59 cb à cause des pluies tombées ce jour-là, après on a une irrigation (25/05/2014), malgré la dose donnée mais on a une augmentation de la tension exercée par le sol et cela à cause de la demande climatique qui est très élevée et la période d'irrigation tel que l'irrigation se fait à 11.00 h du matin où la température est très élevée. Comme montre le tableau. IV.4

Mais à 50 cm de profondeur la tension exercée au début est de 32 cb/jour après elle augmente jusqu'à 50 cb, elle augmente malgré qu'on a une pluie tombée le 19/05/2014), après on a une diminution jusqu'à 33 cb,

IV.5.2.4.Recommandations

Par ce qu'on a une culture arboricole, l'ingénieur agronome qui travaille sur le site dit que les racines se trouvent à 60 cm de profondeur, on a proposé de déclencher l'irrigation lorsque la tension exercée par le sol arrive à 50 cb dans les profondeurs de 50 cm

Les figures suivantes montrent la variation de la tension exercée par le sol de chaque site expérimental des deux profondeurs (0.3 et 0.5 m) par rapport, de la première campagne de mesures.

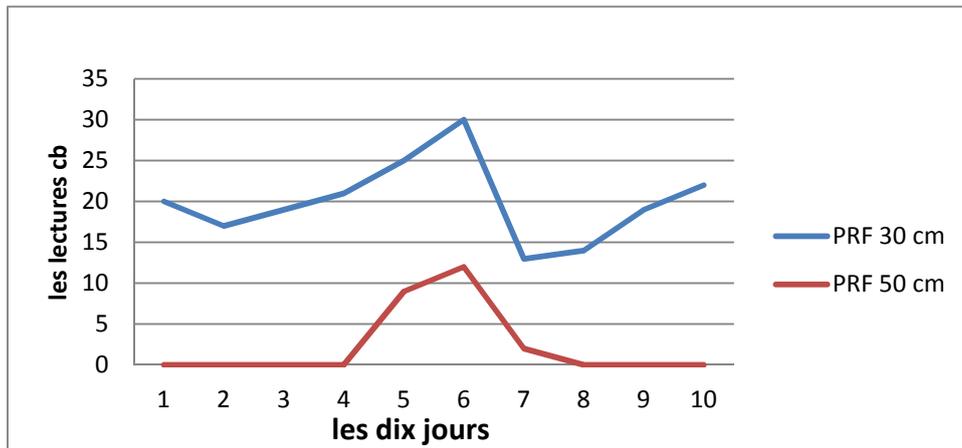


Figure IV.2. Variation de la tension exercée par le sol en fonction du temps site (1)

D'après la figure IV.2 on remarque que le sol est saturé au niveau de 50 cm de profondeur pendant les dix jours de mesures tel que la variation de la tension exercée par le sol entre (0 et 14), par contre la variation de la tension exercée par le sol au niveau de 30 cm varie de 13 à 30 Cb.

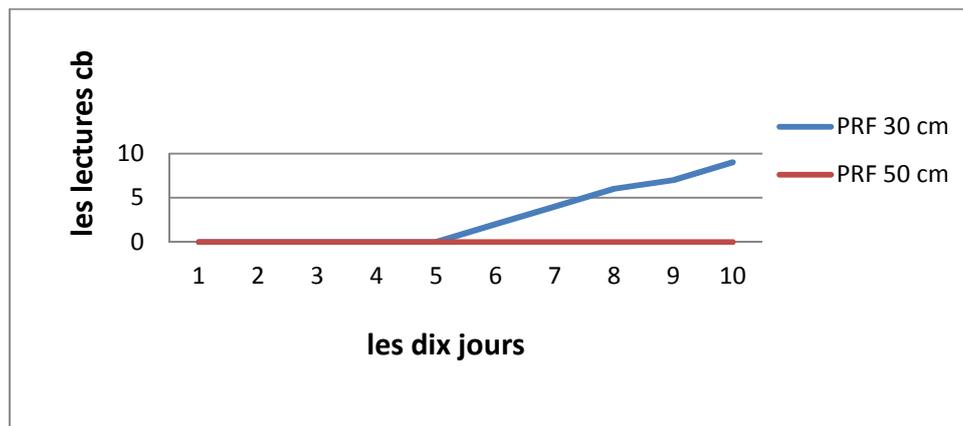


Figure VI.3. Variation de la tension exercée par le sol en fonction du temps site (2)

D'après la figure VI.3 on remarque que le sol est saturé dans la profondeur 30 cm tel que la tension exercée par le sol est 0 cb tous les dix jours, et à 50 cm le sol est presque saturé tel que la valeur maximum mesurée est 9 cb.

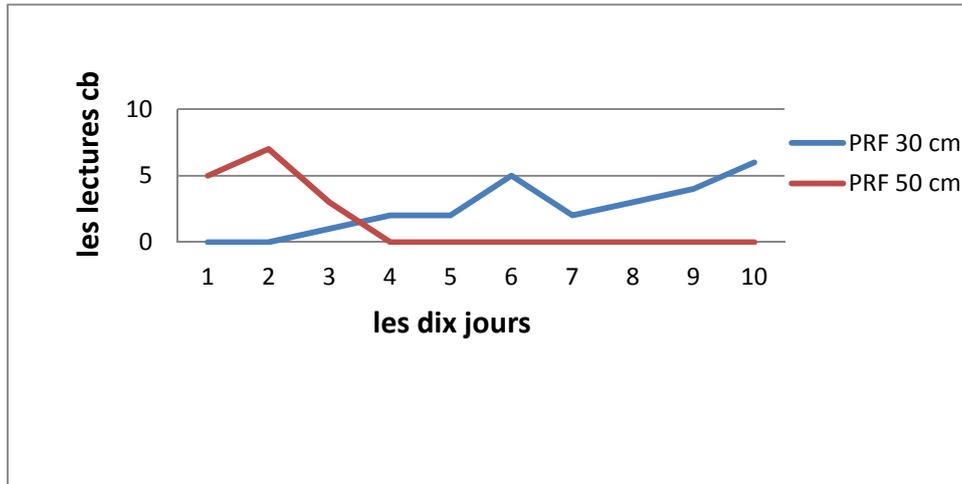


Figure VI.4 . Variation de la tension exercée par le sol en fonction du temps site (3)

D’après la figure VI.4 le sol est presque saturé tel que la valeur maximum mesurée pendant les dix jours est 7 cb

Les figures suivantes reprennent la variation de la tension exercée par le sol de chaque site expérimental des deux profondeurs (0.3 et 0.5 m) par rapport au temps. De deuxième campagne de mesures.

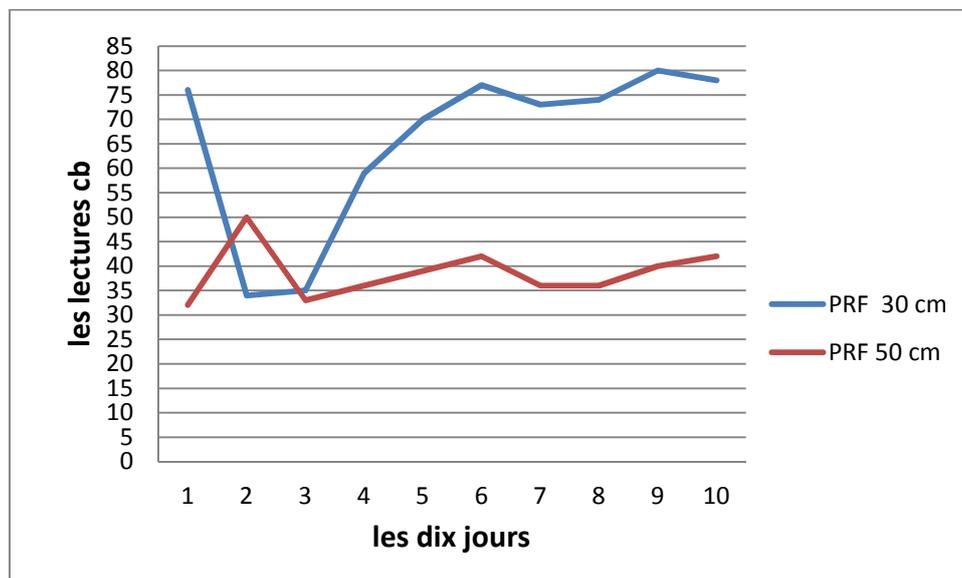


Figure.VI.5. Variation de la tension exercée par le sol en fonction du temps site (1)

D’après la figure VI.5 on remarque une augmentation de la tension exercée par le sol par rapport à la 1^{ère} campagne de mesure. Surtout à 30 cm de profondeur.

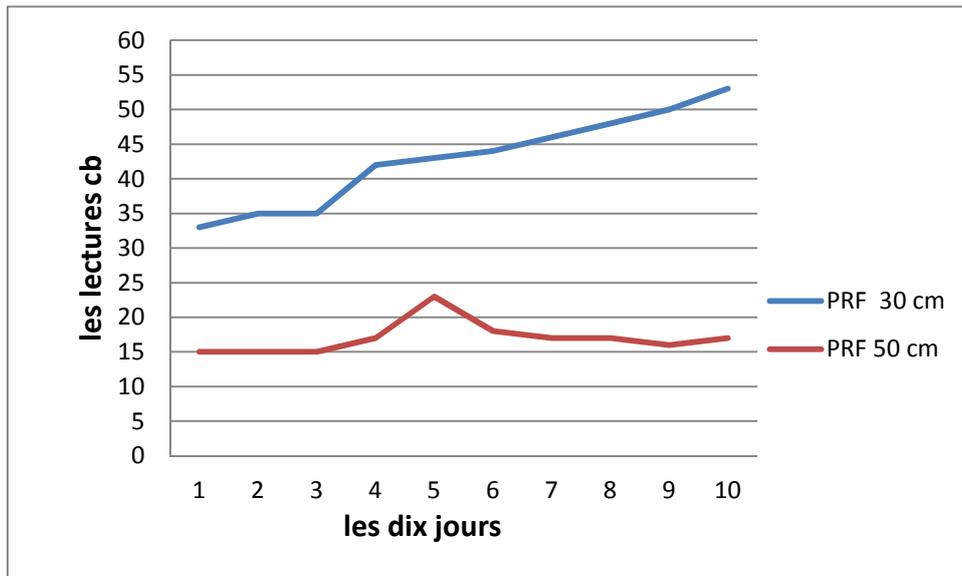


Figure.VI.6. variation de la tension exercée par le sol en fonction du temps site (2)

D’après la figure VI.6 on remarque que la tension exercée par le sol a 30 cm dans une augmentation continue. Par contre à 50 cm de profondeur la courbe augmente après on a une diminution au cours de la campagne

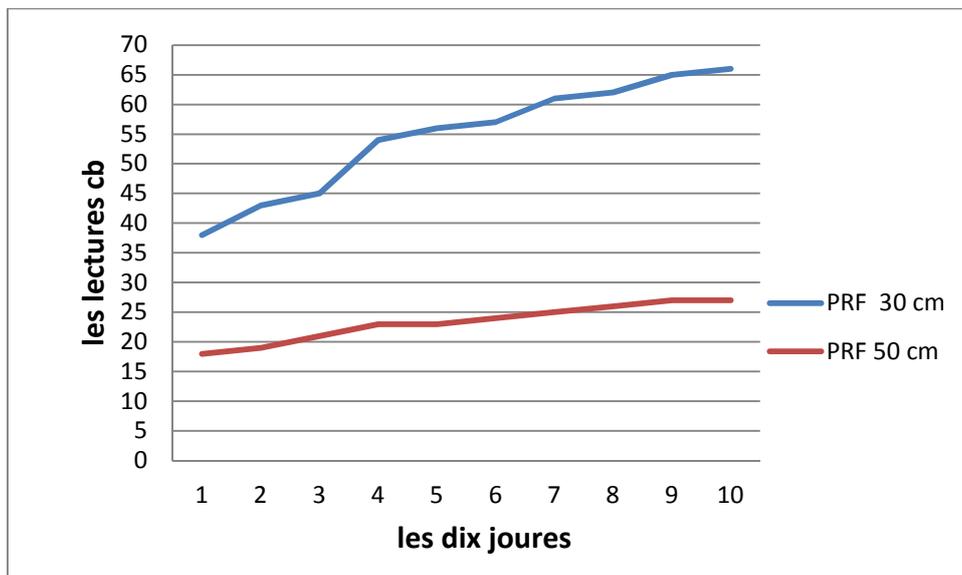


Figure.VI.7. Variation de la tension exercée par le sol en fonction du temps site (3)

D’après la figure VI.7 on a les deux courbes qui reprennent la tension exercée par le sol dans une augmentation au cours de la campagne de mesures.

Conclusion

Dans ce chapitre on a présenté les différents travaux qui sont fait au laboratoire, et les relevés tensiométriques.

Tel que on a trouvé que la densité apparente moyenne du son et de $D_{a_{moy}} = 1.6 \text{ g/cm}^3$.

La teneur d'eau de sol dans la première campagne $W_{moy} = 21.08 \%$, et pour la deuxième campagne $W_{moy} = 16.92\%$.

Et d'après les relevés tensiométriques, on remarque dans la première campagne que le sol est saturé et à cause de cela ont recommandé l'arrêt de l'irrigation.

Dans la deuxième campagne les valeurs tensiometrique augmentent dans les trois sites, dans cette campagne ont recommandé que l'irrigation se fait lorsque les valeurs tensiométriques arrivent à 80 cb pour les profondeurs de 0.5 m

CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION GENERALE

Etude dynamique de l'eau dans le sol dans un système d'irrigation goutte à goutte si notre objectif par L'utilisation du tensiomètre water mark dans ce travail.

Dans cet objectif, nous avons équipé une parcelle cultivée avec des sondes watermarks pour suivre l'évolution des tensions de l'eau dans le sol et à partir de on propose les chapitre étude

Tel que dans le 1^{er} chapitre on donne Bibliographie Générale sur différents définitions.

Dans le 2^{eme} chapitre on donne la situation de la zone d'étude du point de vue géographique, climatologique, pédologique, agronomique, hydrologique et topographique tel que an a trouvé que notre zone d'étude et caractériser par L'étage bioclimatique : semi-aride. Sous étage : Hiver tempéré

Dans le 3^{eme} chapitre on donne la présentation de la parcelle à suivre, aux différents travaux réalisés sur le terrain et aux mesures des différents paramètres du sol. Explique comment installe la tension mètre et la disposition des sondes tensiometriques. Et le mode opératoire.

Dans le 4^{eme} chapitre on donne la présentation du mode opératoire des travaux au laboratoire, résultats et interprétations de ces résultats.

Et d'après si résultats on peut dire que :

Le système d'irrigation goutte à goutte donne un dose suffisants pour la culture Mais on peut économiser plus d'eau et pilote l'irrigation par l'utilisation des sondes tensiometriques

Donc avoir un rendement agricole intéressant, tout en utilisant un minimum d'eau.

REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Boujelben A., 2000 *Etude théorique et expérimentale de l'irrigation par sillon d'une culture de maïs fourrager*. Thèse doctorale es sciences, faculté des sciences de Tunis. 200 p.

Capra A. and Scicolone R., 2004 *Emitter and filter tests for wastewater reuse by drip irrigation*. *Agric. Water Manage*, 68, pp 135–149.

Cicero, S. & Pumo D., 1997 *Experimental study on drip irrigation with reclaimed wastewater*. Proc., Int. Conf. on Water Management, Salinity and Pollution Control Towards Sustainable Irrigation in the Mediterranean Region, Bari.

Douh B. & Boujelben, A., 2012. *Diagnostic des pratiques d'irrigation localisée souterraine en Tunisie: Effet sur la variation du stock en eau du sol, le rendement d'une culture de maïs et l'efficience de l'utilisation de l'eau*, LARHYSS journal, Numéro 10, pp 115-126.

Douh B. et Boujelben A., 2011. *Effects of surface and subsurface drip irrigation on agronomic parameters of maize (Zea mays L.) under Tunisian climatic condition*. *J. Nat. Prod. Plant Resour.*, 2011, 1 (3): pp8-14.

Douh B., Chemingui, A., Mhamdi, N., Duchemi M., & Boujelben, A., 2010. *Etude de la dynamique de l'eau dans le sol: Comparaison entre deux systèmes d'irrigation au goutte à goutte sur une culture de maïs (Zea mays)*. Journée des sciences de la terre et de l'environnement, 11^e édition de la JSTE, Québec 29 Mars.

Arbat G. P., Lamm, F. R., Abou Kheira A. A., 2010. *Subsurface drip irrigation emitter spacing effects on soil water redistribution, corn yield, and water productivity*, *Applied Engineering in Agriculture*, 26(3), pp 391-399.