

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA

FACULTE DE SCIENCES
DEPARTEMENT DES SCIENCES DE
LA NATURE ET DE LA VIE
N° :.....



FILIERE :SCIENCES
AGRONOMIQUE
OPTION :*SCIENCES DE SOL*

**Mémoire présenté pour l'obtention
Du diplôme de Master Académique**

**Par : CHERGUI Hadjira
BOUCHAREB Djemaâ
NAKACHE Soumia**

Intitulé

**Conception et évaluation expérimentale d'un
système d'irrigation localisé à basse pression au
niveau de la station expérimental de l'université
de M'sila**

Soutenu devant le jury composé de :

Mr. BENCHIKH Nadir	Univ. M.B. de M'Sila	Président
Mr. GUENDOUZEN Omar	Univ. M.B. de M'Sila	Encadreur
Mr. AMRON Abdelouahab	Univ. M.B. de M'Sila	Examineur

Année universitaire : 2020/2021

REMERCIEMENTS

Louange à Dieu qui nous a aidés et nous a donné force et patience
pour accomplir cette humble œuvre

Au terme de ce travail, nous tenons à exprimer notre profonde
gratitude et nos remerciements au *Mr Guendouzen Omar* pour avoir
accepté de nous encadrer dans cette étude et pour la qualité de son
suivi tout au long de la période de ce travail.

Nous adressons également nos sincères remerciements et notre
appréciation aux membres respectés du jury pour leur accord pour
juger nos actions.

Enfin, nous adressons également nos sincères remerciements à
tous les membres du corps professoral et administratif de la
Faculté des sciences naturelles et de la vie de l'Université de Msila,
ainsi qu'aux parents et amis, qui nous ont toujours encouragés lors
de la préparation de cette mémoire.



DÉDICACE

Je dédie ce modeste travail :

*À mes très chers parents pour leurs sacrifices et
pour encouragements durant toutes*

Mes études.

À mes frères.

À mes sœurs surtout ma sœur Nadjwa.

*À mes chère amis surtout : Nadia, Ilham, Assia,
Kanza, Moufida, Djemaâ, Sabrina et tout mes
camarades de classe et professeurs.*

Merci pour leur soutien et leurs encouragements.

Hadjira



DÉDICACE

Je dédie ce modeste travail à :

À mon cher père Omar

À ma mère Bakheta

*À mes frères et sœurs, Nasir, Ahmed, Monia, Fatna,
Saâda*

À toute ma famille élargie grands et petits

Mohamed, Bachir

À mes fidèles amies :

Mounira Mebdoua, Hadjirachgui,

Qui m'aime et tous ce qui me donne l'aide et

L'encouragement de près ou

de loin.

À tous les étudiants de la promotion master 2

Science de sol 2021

Djemaâ



DÉDICACE

*Gloire à « ALLAH » le tout puissant et le miséricordieux,
qui a exaucé mon rêve et m'a donné force et patience
d'accomplir ce modeste travail.*

Je dédie ce travail

*À qui je le préfère à moi-même, ma chère, tendre, lumière de
ma vie, **ma mère***

*Pour ceux qui ont sacrifié leur vie, leurs efforts et leur
argent pour mon éducation et mon éducation, jusqu'à ce
que j'atteigne ce qu'est **mon père***

*Pour ceux dont l'amour coule dans mes veines et se réjouit
du souvenir de mon cœur **mes frères« Mereime, Soumya,***

Abed assamed, Souhaibe, Nour, Takwa»

*À tous famille de **Nakache***

*À qui le destin m'a connu les meilleures **copines***

*À tous **mes professeurs***

Soumia

Liste des abréviations

UN WATER: The United Nations World Water Development.

SAU :la superficie agricole totale.

MADR :Ministre de l'Agriculture et du Développement Rural.

ha :Hectare.

Km :Kilomètre.

km² : Kilomètre carré.

m³ :Mètre cube.

m : Mètre.

mm: Millimètre.

CRAAQ : Centre de Référence en Agriculture et Agroalimentaire du Québec.

PH :Unité de mesure d'acidité.

ETP : EvapoTranspiration Potentielle.

ETM : Evapotranspiration Maximum.

Kc :coefficient de la culture.

ITGC : Institut Technique des Grandes Cultures.

ONM :Organisme National de Météorologie.

IPEDEMD: Institut de Prospective Economique Du Monde Méditerranéen.

FAO: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Evolution des superficies irriguées en Algérie (MADR, 2003)	3
Tableau: 2 : Structure des superficies irriguées en Algérie (Halilat, 2004).	3
Tableau 3 : concentration des sels us dans l'eau	6
Tableau: 4influence du mode d'arrosage sur les apports d'eau, pour les mêmes besoins.	11
Tableau: 5relation entre le nombre de mesh et l'ouverture des mailles d'un filtre à tamis VERMEIREN (1983).	13
Tableau: 6 caractéristiques d'un type de mini-diffuseur.	15
Tableau 7 : Classification des variétés de maïs	22
Tableau 8 : des préparatifs les plus importants pendant le processus deSemis(agridea, 2007).	27
Tableau 9 : Répartition mensuelle des pluies (en mm).....	38
Tableau 10 : Répartition saisonnière des pluies	39
Tableau 11 : Répartition des températures minimales (m), maximales (M) et moyennes	41
Tableau 12 : Moyenne mensuelle de vitesse de vent (m/s)	42
Tableau 13 : Moyenne mensuelle d'humidité relative de l'air	42
Tableau 14 : Calcul de l'évapotranspiration.....	43
Tableau 15 : Nombre moyen d'heures d'insolation.....	43
Tableau 16 : Pluie efficace et déficit pluviométrique (unité : mm/mois)	44
Tableau 17 : Caractéristique la parcelle dans la quelle on a expérimentée le goutte à goutte	51

LISTE DES FIGURES

Figure n° 1 : Stress lié au développement des eaux souterraines (UN WATER, 2015).....	2
Figure n° 2L'irrigation par planches (Image Google).....	8
Figure n° 3L'irrigation par bassin (Image Google).....	9
Figure n° 4L'irrigation à la raie (Image Google).....	9
Figure n° 5:l'irrigation par aspersion (Image Google).	10
Figure n° 6: micro-irrigation (Image Google).	11
Figure n° 7: Schémas-types d'installations des rampes (Amroun, 2018).....	19
Figure n° 8: Irriguée plante de maïs (Image réelle)	21
Figure n° 9 Plante de maïs (Hoopen et Maïga, 2012).....	22
Figure n° 10Les besoins en eau du maïs en fonction du stade de la plante (https://www.lgseeds.fr/)24	
Figure n° 11: Le cycle de vie de maïs (Hoopen et Maïga, 2012)	25
Figure n° 12Photo prise à la Station ITGC Oued SMAR (2006).....	26
Figure n° 13: Le cycle de vie de tournesol (Département AGER, 2003).	27
Figure n° 14 : Références de profondeurs d'enracinement en conditions normales de sol et de culture (Rebour et Deloye, 1971, d'après une documentation USA).....	30
Figure n° 15: les définitions des notions de réserve dans le sol. (Amroun, 2018).	31
Figure n° 16 Relations entre la teneur en eau du sol, la tension de l'eau dans le sol et le statut hydrique d'une culture. (Arvalis-Institut du végétale, Terre Net Média, 2019).	32
Figure n° 17 la teneur en eau dans les sols (https://sites.google.com-besion-en-eau-de-la-plant).....	33
Figure 18 : Situation géographique de la zone d'étude pôle (M'Sila)(Image).....	35
Figure n° 19: carte géologique de la zone d'étude(HOUEROU et al, 1975).	37
Figure n° 20 Histogramme de variation mensuelle de précipitation (mm)	39
Figure 21 : Répartition saisonnière des précipitations en (%)	40
Figure 22 : Régime saisonnier moyen des précipitations	40
Figure 23 : Variation mensuelle des températures minimales,maximales ,et moyennes	41
Figure 24 : Répartition du taux d'humidité par mois	43
Figure 25 : Diagramme Ombro-thermique	45
Figure 26 : Localisation de la région d'étude dans le climagramme d'EMBERGER.....	46
Figure 277 : Analyse granulométrique par la méthode internationale (originale).	48
Figure 288 : Schéma de principe de parcelle du maïs et tournesol irriguée	50
Figure 299 : photo de la parcelle expérimentale de l'irrigation des cultures du maïs et tournesol. 50	
Figure 300 : Image aérienne de la position de la parcelle expérimentale (google maps)	51
Figure 311 : la parcelle d'essai du système d'irrigation (sur le maïs et tournesol).....	52
Figure n° 325 : Résultats d'analyse de sol	58

Table Des MATières

Remerciements	
Dédicace	
Liste des abréviations	
LISTE DES TABLEAUX	
LISTE DES FIGURES.....	
Table de Matières	
Introduction :	a
I.1. Introduction :	2
I.2. L'irrigation dans le monde :.....	2
I.3. L'irrigation en Algérie :.....	2
I.4. Les sources d'eau d'irrigation :.....	3
I.5. Les avantages et inconvénients d'irrigation :.....	4
I.6. La qualité de l'eau d'irrigation :.....	5
I.7.Problèmes liés à la qualité des eaux d'irrigation :.....	5
I.8. Techniques d'irrigation :	8
CHAPITREII. Caractéristiques des cultures irriguées	
II.1. Introduction :	21
II. 2. Les types des cultures :	21
II.2.1.5. Mise en place de Mais :	23
II.3. Besoin en eau des cultures :.....	23
Chapitre III : L'eau dans le sol	
III. Comportement de l'eau dans le sol	29
III. 1. Introduction :.....	29
III. 2. état hydrique du sol :.....	29
III. 3. Les réservoirs de sol :.....	30
III. 4. La teneur en eau du sol :	32
Chapitre IV : Présentation de la zone d'étude	
IV.1. Situation géographique	35
IV.2. Caractéristiques physiques de la région d'étude :.....	36
IV.3.Caractéristiques climatiques de la zone d'étude :.....	37

CHAPITRE V. Matériel et Méthodes

V.1. Objectif 48
V.2. Etude des caractéristiques du sol au niveau de laboratoire: 48
V.3. Au niveau de la parcelle :..... 49

CHAPITRE VI: RESULTATS ET DISCUSSION

Introduction 58
VI. Résultats d'analyse de sol : 58
VI.1. Analyse granulométrique :..... 58
REFERENCES 66
BIBLIOGRAPHIQUES 66

Introduction



Introduction

Introduction :

Le climat algérien est de type méditerranéen, caractérisé par des précipitations très irrégulières, et très variables dans l'espace, entre 600-1500 mm au Nord et moins de 100mm au Sud (**ONM, 2019; Hydrological Sciences Journal, 2009**). La disponibilité en eau est souvent le facteur limitant, à la fois du rendement et de la qualité, de la production des espèces cultivées. Aujourd'hui, le stress hydrique est la contrainte principale pour le développement de l'agriculture. En effet, le recours à l'irrigation est nécessaire pour assurer la rentabilité des différentes cultures en Algérie.

La surface agricole utile ne couvre que 7,8 millions d'ha, soit 3,2 % de la surface totale, pour une population qui dépasse 39 millions d'habitants. Malgré cette grande surface, l'Algérie, qui figure parmi les dix principaux pays importateurs mondiaux de produits alimentaires (**Taibi et Kastali, 2018**) dont 58% est irrigué par irrigation de surface, 23% par aspersion et 19% par irrigation localisée. L'irrigation de surface fait progressivement place à l'irrigation par systèmes sous pression (aspersion et localisée) qui a en effet progressé de 21% en 2000 à 42% en 2012 et 49% en 2014 (**FAO, 2015**).

L'irrigation de goutte à goutte ou l'irrigation localisée, permet une économie d'eau de l'ordre de 50 % par rapport à l'irrigation gravitaire, aussi par le biais de la fertigation, ce système localisé garantit une production élevée et de bonne qualité et tend vers une utilisation efficace des engrais dans la technique de la fertigation et par là une réduction des risques de pollution de la nappe phréatique. La possibilité d'exploitation des terrains à topographie et configuration irrégulières (**El Ouahabi et Benjelloun, 2013**).

L'objectif de notre mémoire s'inscrit dans le caractère de la politique actuelle de la gestion des périmètres irrigués ; dont l'objectif d'augmenter le rendement agricole, par l'utilisation des meilleurs systèmes d'irrigation, et une meilleure gestion des ressources en eau et cela par adoption des systèmes d'irrigation modernes qui ont imposé leur fiabilité. En concevant un réseau d'irrigation goutte à goutte et en l'appliquant à l'agriculture maïs et tournesol. La région choisie pour cette étude est le pôle Universitaire de wilaya de M'Sila.

Notre travail se compose des quatre chapitres :

- ❖ **Le premier chapitre** : consacrer à la présentation des différents systèmes d'irrigation utilisés dans le monde et en Algérie avec leurs avantages et inconvénients sur la gestion de l'eau d'irrigation
- ❖ **Le deuxième chapitre** : réserver aux espèces végétales cultivées pour tester le système d'irrigation étudiée (maïs et tournesol).
- ❖ **Le troisième chapitre** : dédié à l'explication du comportement de l'eau dans le sol.
- ❖ **Le quatrième chapitre** : consacrer aux résultats et discussions des essais réalisés.

Chapitre I



CHAPITRE I

I.1. Introduction :

L'eau est la matière la plus importante pour l'existence de l'homme, elle est indispensable pour la survie et pour le développement des sociétés modernes (**kettab, 1992**).

L'irrigation considérablement développée au cours des 20 siècles, non seulement dans les pays arides et semi- arides, mais aussi dans les régions plus humides d'Europe (**Ouali et Taiebi, 2019**).

I.2. L'irrigation dans le monde :

Effet, c'est dans les pays touchés par la mousson où la hauteur pluviométrique dépasse 3.5 m annuellement que l'on trouve la Chine au premier rang (84 700000 ha irrigués), suivie de l'Inde (32 300000 ha) et du Pakistan (14 300000 ha). Ces trois pays, à eux seuls, totalisent 57.9 % des terres irriguées dans le monde. L'Europe 11.5 %, l'Amérique du Nord et Centrale 10 %, le proche et moyen Orient 7.9 % et l'Afrique 3.4 %. D'autres pays comme la Jordanie, Taiwan et Chypre ont un peu plus de 10000 ha (**Halilat, 2004**).

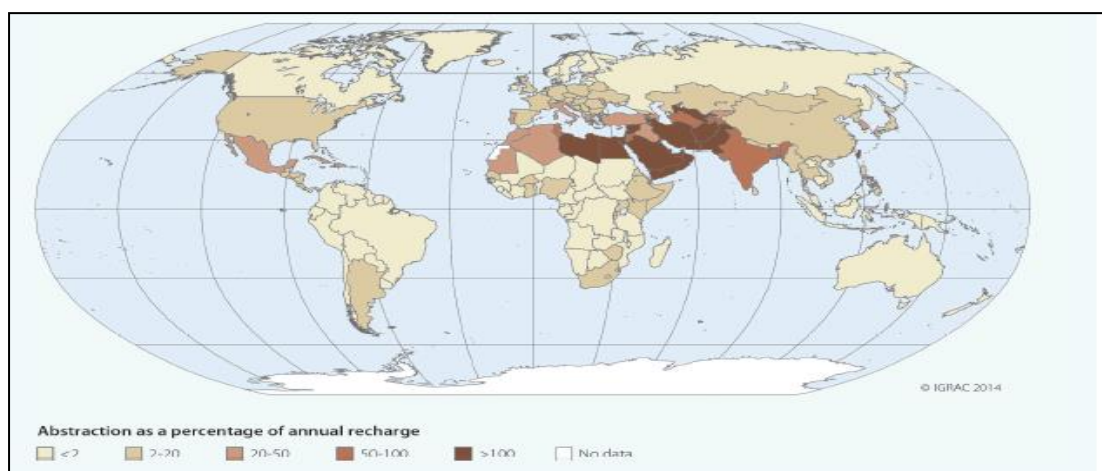


Figure n° 1 : Stress lié au développement des eaux souterraines (UN WATER, 2015).

I.3. L'irrigation en Algérie :

En Algérie, la technique de la fustigation ou bien de l'irrigation localisée en générale est mal connue. Elle est donc dans un stade embryonnaire bien que les potentialités d'utilisation représentent 80 % de la superficie agricole totale (SAU) irriguée et 54 % de la superficie concernée par la grande hydraulique actuellement dominée à 71,3 % par une irrigation traditionnelle et 28,7 % en aspersion. L'économie d'eau induite avoisine 1 milliard de mètres

CHAPITRE I

cubes d'eau sur les volumes actuellement gérés. Un doublement de la SAU irriguée et une nette amélioration des rendements agricoles seront ainsi potentiellement réalisés.

Actuellement, une plus grande priorité est accordée à la mobilisation des eaux superficielles. Les statistiques donnent le chiffre de 65 milliards de m³ comme apport pluviométrique Annuel, dont :

- 46 milliards de m³ s'évaporent,
- 15 milliards de m³ ruissellent,
- 4 milliards de m³ s'infiltrent. **(Halilat, 2004).**

Tableau 1: Evolution des superficies irriguées en Algérie (MADR, 2003)

Année	1962	1989	1995	1998	2003
Superficies irriguées (ha)	165000	378000	454000	489000	512700

Tableau: 2 : Structure des superficies irriguées en Algérie (Halilat, 2004).

Types	Superficie (ha)	%
Nord	353700	69
Sud	159000	31
Eaux souterraines	374270	73
Eaux de surface	138430	27
Total *	512700	100

I.4. Les sources d'eau d'irrigation :

En Algérie, la disparité de la disponibilité des ressources hydriques est remarquable. Les Ressources potentielles en eau sont limitées et inégalement réparties. Elles ont été évaluées à 19.2 milliards de m³, dont 12.4 milliards de m³ d'eau de surface, 1.8 milliards de m³ d'eaux souterraines du Nord et 5 milliards de m³ d'eaux souterraines exploitables dans le Sud. **(Benblidia et Thivet, 2010).**

La partie Nord de l'Algérie qui représente moins de 10 % de la superficie du pays, enregistre 90 % de l'écoulement total en eau, le reste du territoire est caractérisé par une aridité chronique. L'apport pluviométrique annuel est à hauteur de 65 milliards de m³ dont 46 s'évaporent, 15 milliards ruissellent et 4 milliards de m³ s'infiltrent. Les possibilités de mobilisation en 2010 estimées à 4,52 milliards de m³, représenteront un taux de

CHAPITRE I

mobilisation de plus de 30 % de l'écoulement moyen annuel mais insuffisant pour satisfaire les besoins croissants (**Halilat, 2004**).

I.4.1. Eaux conventionnelles :

I.4.1.1. Les eaux superficielles :

Le volume d'eau terrestre sous forme solide, liquide et gazeuse est estimé à 1.384.120.000 km³ dont seul 0.26% sont de l'eau douce directement exploitable. L'eau douce suffisamment pour alimenter quelques 20 milliards d'habitants. Malheureusement elle n'est pas répartie de façon égale, comme en témoignent les vastes régions arides et semi-arides (**Kettab, 2000**).

I.4.1.2. Les eaux souterraines :

Ces ressources sont évaluées à 1.8 milliards de m³ dans le Nord de l'Algérie. Les potentialités du Sud sont estimées à 60000 milliards de m³. Ces dernières sont difficilement exploitables et renouvelables ; et 4 à 5 milliards de m³ sont exploitables annuellement (**Kettab, 2000**).

I.4.2. Les eaux non conventionnelles :

I.4.2.1. Les eaux usées :

Les réseaux d'assainissement totalisent 17000 km (11500 en milieu urbain et 5500 km en milieu rural) en 1994. Le taux de raccordement en milieu urbain est supérieur à 80%. Le volume rejeté annuellement est évalué à plus de 600 millions de m³.

Une cinquantaine de stations d'épuration ont été réalisées en Algérie avec une capacité de l'ordre de 4 millions habitants équivalents ; à l'horizon 2000, le nombre serait porté à une soixantaine de stations avec une capacité de l'ordre de 5.2 millions équivalent habitants.

Il est à noter que près de 95% de ces stations sont à réhabiliter (**Kettab, 2000**).

I.4.2.2. Les eaux saumâtres/salées :

L'Algérie, pays méditerranéen, à 1200 km de côtes, ce qui laisse présager d'énormes possibilités. La quantité d'eau dessalée en Algérie est estimée à 60 millions m³ (dans le monde arabe 4537 millions de m³) (**Kettab, 2000**).

I.5. Les avantages et inconvénients d'irrigation :

L'agriculture irriguée assure, depuis plusieurs décennies, une part de plus en plus importante de la production alimentaire (**FAO, 2003**). Le terme de superficies irriguées s'applique aux terres équipées d'ouvrages hydrauliques. Les avantages de l'irrigation sont nombreux: elle permet d'augmenter la superficie des surfaces cultivées, d'améliorer les rendements, d'assurer parfois plusieurs récoltes et, de façon générale, en se libérant des variations climatiques, d'intensifier et de stabiliser la production. Les techniques modernes d'irrigation permettent dans le même temps de fertiliser les sols. L'irrigation a été présentée comme la solution (par excellence) au problème de la sécurité alimentaire (**Salomon, 2006**). Il permet

CHAPITRE I

d'en recycler des eaux usées ce qui pourrait être extrêmement avantageux pour l'irrigation (FAO, 2003).

L'irrigation ne va pas sans inconvénients : mal conçue et mal gérée, elle peut être néfaste pour les sols. Il provoque la salinisation de sol. Les végétaux subissent une sécheresse physiologique due à une pression osmotique trop forte et à une toxicité en certains éléments (Salomon, 1987). Par ailleurs, la pollution des eaux et des sols par les pesticides agricoles, les engrais chimiques et les eaux usées non traitées ; A plus long terme, le ruissellement de l'eau favorise l'érosion des sols, surtout lorsqu'ils sont secs. À l'inverse, des sols trop imbibés deviennent néfastes pour la plupart des végétaux traditionnels dont ils asphyxient les racines (Salomon, 2006).

I.6. La qualité de l'eau d'irrigation :

La qualité de l'eau définie par des paramètres physico-chimique et biologique, ils affectent le développement de la plante, la structure du sol et le système d'irrigation lui-même (Ouali et Taiebi, 2019).

Selon CRAAQ (2006), les Caractéristiques physico-chimiques pour évaluer la qualité de l'eau d'irrigation

- 1- Salinité : contenu total en sel soluble.
- 2- Sodium : proportion relative des cations sodium (Na^+) par rapport aux autres.
- 3- Alcalinité et Dureté : concentration d'anions Carbonate (CO_3^{2-}) et bicarbonate.
- 4- (HCO_3^-) en relation avec la concentration en calcium (Ca^{2+}) et en magnésium (Mg^{2+}).
- 5- pH de l'eau d'irrigation.
- 6- Autres éléments

I.7. Problèmes liés à la qualité des eaux d'irrigation :

I.7.1. La salinité :

Les principaux sels responsables de la salinité de l'eau sont les sels de calcium (Ca^{+2}), de magnésium (Mg^{+2}), de sodium, (Na^{+2}), les chlorures (Cl^-), les sulfates (SO^{-2}) et les bicarbonates (HCO^-), une valeur élevée de la salinité signifie une grande quantité d'ions en solution, ce qui rend plus difficile l'absorption de l'eau et des éléments minéraux par la plante. Une salinité trop élevée peut causer des brûlures racinaires. (COUTURE, 2006).

La salinité peut se mesurer de deux façons, soit par les matières dissoutes totales (MDT) exprimée en mg/L ou, plus couramment, par la conductivité électrique, la conductivité électrique est exprimée en milli siemens/centimètre (ms/cm) (COUTURE, 2006).

CHAPITRE I

La qualité de l'eau pose un problème de salinité lorsque la quantité totale de sels contenu dans l'eau d'irrigation est suffisamment forte pour que l'accumulation de ces sels dans la zone racinaire en vienne à compromettre les rendements.

Les sels contenus dans l'eau d'irrigation est assez grande pour influencer sur les rendements ou si ces sels s'accumulent dans la zone racinaire des plantes ou points d'influer sur les rendements **(FAO ,1990)**

Le sel alors dissous et ses ions sont enrobés par des molécules d'eau, l'orientation de celles-ci dépendantes de la charge électrique de l'ion **(Anctil, 2008)**

Tableau 3 : concentration des sels us dans l'eau

Ions	symboles	Eau de mer mg/1000g.	Eau de rivière mg/1000g.	Eau de pluie continentale mg/1000g.	Eau de pluie océanique mg/1000g.
sodium	Na	10770	5,2	0,2-1	1-5
magnésium	mg	10290	3,4	0,05-0,5	0,4-1,5
calcium	ca	410	13,4	0,1-3	0,2-1,5
potassium	k	400	1,3	0,1-0,3	0,2-0,6
chlorure	cl	19350	5,8	0,2-2	1-10
sulfate	so	2710	5,3	1-3	1-3
bicarbonate	hco	120	52,0	Trace	Trace
Slice	sio	trace	10,4	Trace	Trace

Source : (ANCTIL ,2008).

I.7.2. Toxicité :

Un problème de toxicité apparaît quand l'absorption de certains sels à l'intérieur de certains sels à l'intérieur de la plante en traine une baisse du rendement. Ce problème est généralement lié à la présence d'un ou plusieurs ions spécifique de certains sels.

Les composantes toxiques qui posent le plus souvent un problème sont le sodium, les chlorures et le bore **(FAO, 1990)**.

Il se pose problème de toxicité quand certains constituants de l'eau sont absorbés par la culture et s'accumulent en quantités susceptibles d'entraîner une diminution des rendements. Il est généralement lié à un ou plusieurs ions contenus dans l'eau à savoir le bore, le chlore et le sodium **(AYERS, etWESTCOT, 1976)**.

I.7.3. Risques liées à la composition ionique des eaux d'irrigation :

I.7.3.1. Risque lié au sodium :

Le problème principal avec une grande quantité de sodium est son effet sur la perméabilité du sol et sur l'infiltration de l'eau. Le sodium remplace le calcium et le magnésium adsorbés sur les particules d'argile et provoque la dispersion des particules du sol. Il y a donc éclatement des agrégats du sol ce qui provoque un sol dur et compact lorsqu'il est sec et excessivement imperméable à l'eau. La perméabilité des sols sableux peut ne pas se détériorer aussi vite que les sols plus lourds lorsqu'ils sont irrigués avec une eau de forte teneur en sodium, cependant un problème potentiel existe.

Le sodium contribue aussi directement à la salinité totale de l'eau et peut être toxique pour des cultures sensibles comme les carottes, les haricots, les fraises, les framboises, les oignons, pour en nommer quelques-unes.

De grande quantité de sodium combiné avec du chlorure donne à l'eau un goût salé. Si l'eau passe par un système d'aspersion et que le calcium et le magnésium sont bas, des teneurs moyennes à élevées de sodium peuvent défolier les plantes sensibles (**COUTURE, 2006**).

I.7.3.2. Risque liées aux bicarbonates :

L'abondance des ions bicarbonates (HCO_3) dans l'eau d'irrigation mérite aussi d'être évaluée. Dans le cas où l'eau d'irrigation contient un taux élevé de bicarbonates, on constate une tendance à la précipitation du calcium et du magnésium ce qui fait augmenter le SAR (**NANCY, 1997**).

On considère que l'eau d'irrigation est inadéquate pour l'irrigation lorsque la concentration résiduelle de NaHCO_3 est supérieure à 2,5 méq/l par contre si la concentration est en dessous de 1,25 méq/l l'eau est probablement sécuritaire (**NANCY, 1997**).

I.7.3.3. Risque liées aux chlorures :

Lorsqu'ils sont présents dans l'eau d'irrigation, ces éléments contribuent à augmenter la concentration des sels solubles. Des concentrations excessives de chlorures peuvent causer des brûlures sur le bout des feuilles de certaines cultures et voire même entraîner la mort des plants.

Des concentrations de 250 à 400 ppm sont considérées comme indésirables pour l'irrigation des plantes sensibles aux sels. Heureusement, les sels de chlorure sont rapidement solubles. Ils peuvent donc être lessivés dans les sols qui se drainent bien (**NANCY, 1997**).

I.7.3.4. Risque liées au bore :

Le bore (B) est un élément mineur essentiel à la croissance de la plante mais il n'est requis qu'en minime quantité. Le bore est soluble dans l'eau et on le retrouve dans plusieurs sources d'eau utilisées pour l'irrigation. Le bore a tendance à s'accumuler dans le sol en formant des complexes chimiques qui sont difficiles à lessiver (**NANCY, 1997**).

CHAPITRE I

I.7.3.5. Risque de colmatage des réseaux d'irrigation :

Le colmatage résulte de l'accumulation de matière à la surface des membranes et un large spectre d'espèces présentes dans les eaux naturelles peut contribuer au colmatage, comme des macromolécules organiques (substance humique, polysaccharides, protéine...), diverses substances organiques ou inorganiques dissoutes, des substances colloïdales, des particules en suspension ou encore des microorganismes (**RODIER et al, 2009**).

I.8. Techniques d'irrigation :

En irrigation, il y a trois systèmes les plus répandus, qui sont : l'irrigation gravitaire, l'irrigation aspersion, l'irrigation localisée (goutte à goutte).

I.8.1. L'irrigation gravitaire :

I.8.1.1. L'irrigation par planche :

Les planches sont des bandes de terrain, aménagées en pente douce et séparées par des diguettes. Elles sont aussi appelées ou planches d'arrosage (**Brouwer, 1990**).



Figure n° 2 L'irrigation par planches (Image Google).

I.8.1.2. L'irrigation par bassin :

Les bassins sont constitués de cuvettes en terre, cette technique d'irrigation s'applique à toutes les cultures qui peuvent la submersion par les eaux pour une longue durée (**Brouwer, 1990**).



CHAPITR I

Figure n° 3 L'irrigation par bassin (Image Google).

I.8.1.3. L'irrigation à la raie (raie) :

C'est la plus connue dans l'irrigation gravitaire, l'irrigation à la raie ou par rigole convient parfaitement aux sols présentant une pente comprise 0,2 et 3% (Brouwer, 1990).

I.8.1.4. L'irrigation par siphon :

Ce type d'irrigation il permet également de réduire l'érosion du sol à la tête de la raie. Par ailleurs, l'irrigation par siphon permet une bonne répartition de l'eau (Brouwer, 1990).

I.8.1.5. L'irrigation par rampe à vannettes :

Ce type matériel correspond mieux cultures irriguées à la raie qui nécessitent peu d'interventions sur la parcelle (Brouwer, 1990).

I.8.1.6. L'irrigation par gaine souple :

Ce type d'irrigation convient pour un sol relativement plat. Les gaines sont facilement installées sur le terrain et demandent un investissement modeste, et le réglage des débits est peu précis (Brouwer, 1990).



Figure n° 4 L'irrigation à la raie (Image Google).

I.8.2. L'irrigation par aspersion :

L'irrigation par aspersion est basée sur le principe d'une utilisation de l'eau aux plantes sous forme de pluie artificielle (Vermeiren L, 1983).



Figure n° 5: l'irrigation par aspersion (Image Google).

I.8.2.1. Les installations mobiles :

Portatives comprennent des canalisations principales ainsi que des rampes pouvant être déplacées à la main. De ce fait, les conduites formant l'ensemble du système doivent être légères, facilement raccordables et détachables les unes des autres. Elles sont habituellement en aluminium léger et sont présentées en segments, munies de raccords rapides (Vermeiren L, 1983).

I.8.2.2. Les installations semi-mobiles :

Ces installations sont portatives et ont des canalisations qui sont fixes et enterrées à intervalles réguliers. En général, la station de pompage est permanente, elle est située de manière à réduire le trajet de l'eau. Les canalisations fixes sont généralement en acier ou en amiante-ciment et sont protégées contre la corrosion. D'autres variantes existent, en combinant les tuyaux flexibles (Vermeiren L, 1983).

I.8.2.3. Les installations permanentes :

Les conduites principales et les rampes sont enterrées, se rencontrent principalement dans les exploitations de vergers (Vermeiren L, 1983).

I.8.2.4. Les installations temporaires :

Sont des systèmes mobiles ou semi-mobiles ayant la particularité d'avoir assez de canalisations pour pouvoir être montés au moment de la plantation et laissés en place jusqu'à la dernière irrigation avant la récolte (Vermeiren L, 1983).

I.8.2.5. Aspersion mécanisée :

Les systèmes de rampe pivotante et de rampe frontale sont des installations utilisées essentiellement dans les grandes exploitations. Elles possèdent un mécanisme d'entraînement programmable qui sert à déplacer les éléments (NICOLAUD, 1988).

I.8.2.6. Les enrouleurs :

Les enrouleurs sont des machines d'irrigation à tambour et à tuyau flexible. Ils sont actuellement désignés par « enrouleurs » à cause de leur principe de fonctionnement. En effet, le porte asperseur est placé à l'une des extrémités du flexible et l'autre extrémité est fixée sur le tambour sur lequel il s'enroule. Ainsi, l'irrigation s'effectue peu à peu sur une

CHAPITRE I

bande en tirant le porte asperseur l'enrouleur peut également fonctionner avec une rampe (vermeiren L, (1983).

I.8.3. L'irrigation localisée (Micro-irrigation) :

I.8.3.1. Définition :

le micro-irrigation est la méthode qui assure une distribution d'eau plus localisée dans l'espace et dans le temps, l'eau est livrée au pied même des cultures, à faible débit et à fréquence élevée, réduisant à néant les pertes par évaporation et par percolation. En ne considérant que ces deux derniers paramètres du bilan hydrique, les économies d'eau sont considérables.(NICOULAUD, 1988).



Figure n° 6: micro-irrigation (Image Google).

Tableau: 4influence du mode d'arrosage sur les apports d'eau, pour les mêmes besoins.

Mode d'irrigation	Gravitaire	aspersion	Micro-irrigation
Apports d'eau (L)	100	70	40

Source :(NICOULAUD, 1988).

La micro-irrigation assure un degré d'humidité appréciable à un faible volume de sol où prospère le système racinaire. La localisation de l'eau dans l'espace s'effectue.

- par point utilisant les goutteurs de débit entre 1 et 8 L/h.
- par petite surface utilisant les minidiffuseurs de débit entre 20 et 30 L/h.
- par ligne utilisant les ajutages de débit entre 30 et 120 L/h.
- par bande utilisant les micro- asperseurs 100 L/h.

CHAPITRE I

Certaines machines à irriguer utilisent ces derniers distributeurs avec un grand succès. D'autres distributeurs assurent la nébulisation, le contrôle de l'humidité de l'air et de la température (NICOLAUD (1988)).

I.3.2. Structure d'un réseau de micro-irrigation :

Le réseau-type de micro-irrigation se compose des éléments suivants :

- **La tête du réseau** : comprenant la prise d'eau, le groupe de pompage, le système de fertilisation, celui de la filtration, des organes de contrôle et de régulation. (Dov N, 1982).
- **Le peigne du réseau** : comporte la conduite principale, la conduite secondaire et les rampes portant les goutteurs.

Ces derniers représentent l'élément terminal et essentiel de la micro-irrigation (Dov N, 1982).

I.3.2.1. La prise d'eau :

L'eau d'irrigation peut être puisée soit en profondeur, l'eau peut être amenée par piquage sur un réseau sous pression ou livrée grâce à un bassin surélevé. La prise d'eau constitue l'extrémité amont du réseau par où l'eau s'introduit, cependant elle ne doit pas être positionnée ni sur le fond ni à la surface afin de pomper une l'extrémité est souvent munie d'une crépine et d'un clapet anti-retour. La crépine est reliée à la pompe par une conduite dite d'aspiration, le plus souvent en matériau flexible pour des raisons pratiques. (RNEDHA, 1992).

I.3.2.2. Les groupes motopompes :

Le terme motopompe désigne l'assemblage de la pompe et du moteur grâce à un accouplement. La gamme des groupes motopompes est très variée et on distingue trois types de moteurs : le moteur diesel ou à essence, le moteur électrique et le moteur utilisant l'énergie solaire ou même éolienne.

Les pompes utilisées sont très variées mais les plus fréquentes sont les pompes centrifuges du fait de leur rendement et de leur souplesse. La pompe peut être placée sur le sol à l'horizontal (eaux de surface et peu profondes) ou introduite dans le puits ou le forage, et on parlera de pompe verticale immergée. La capacité de pompe est la combinaison du débit et de la pression exigés du groupe motopompe pour satisfaire correctement le réseau (catalogue des pompes).

I.3.2.3. Dilueur d'engrais et fertilisation :

- **Dilueur d'engrais :**

L'eau est d'abord envoyée vers un fertiliseur, un réservoir de capacité relative au débit de service contenant les engrais solubles nécessaires à la fertilisation. Leur quantité est

CHAPITRE I

estimée en fonction de la rapidité de l'engrais et du débit injecté, ce qui détermine les proportions du dosage de fertilisation en rapport avec les besoins de la culture.

L'opération du dosage est effectuée soit manuellement soit par la pompe doseuse, on y installe à sa sortie un manomètre pour évaluer la chute de pression (**VEIRMEIREN modifié**).

▪ *La fertilisation :*

La fertilisation, la fertigation ou la chimigation est l'apport d'engrais souvent dilués dans les eaux d'irrigation qui comble les besoins de la culture.

En micro-irrigation, la fertilisation est opérée grâce à des appareils appelés ou dilueus ou grâce aux pompes doseuses (**VEIRMEIREN modifié**).

I.3.2.4. La filtration :

Pour une eau provenant d'une nappe souterraine, on peut se contenter d'un filtre à tamis avec des vides de maille autour de 100

Le filtre à tamis est indispensable en tête de tout réseau de micro-irrigation, si la filtration n'est pas suffisante et l'eau d'irrigation est chargée (eau de surface), il faut prévoir un filtre à sable à l'amont du filtre à tamis.

L'unité des vides e maille est parfois indiquée sur les filtres en mesh.

Tableau: 5 relation entre le nombre de mesh et l'ouverture des mailles d'un filtre à tamis VERMEIREN (1983).

Nombre de mesh du tamis.	Ouverture des mailles (mm).	Nombre de mesh.	Ouverture des mailles (mm).
4	4.76	80	0.172
10	2.00	140	0.105
20	0.84	200	0.074

Source : VERMEIREN (1983).

Tout comme le diluer, la taille des filtres est choisie en fonction du débit y transitant.

L'installation des manomètres après chaque changement de régime d'écoulement de l'eau est souhaitable. Après les filtres, il est souvent utile d'avoir des manomètres qui indiquent la chute de pression et une prévision du colmatage des filtres donc de leur nettoyage.

Il faut signaler qu'il existe des filtres **auto-nettoyants** mécaniquement pour les filtres à cartouche et par inversement du courant d'eau pour les filtres à sables.

Si l'eau est trop chargée de sable, on prévoit un dessableur alors que pour les ajutages, la filtration sommaire est suffisante (**RNEDHA, 1992**).

CHAPITR I

I.3.2.5. Les conduites :

Selon l'importance de l'exploitation, les dimensions des conduites augmentent en nombre, en longueur et en diamètre.

La conduite principale, qui desserve les conduites secondaires à partir de la tête du réseau est celle qui possède le plus grand diamètre (souvent plus de 50 mm).

Pour les grandes exploitations, elle est enterrée donc fixe et fabriquée en matière résistante. Elle transporte la totalité du débit du réseau et pour la protéger des variations brusques de débit et des anomalies de l'écoulement, elle est dotée d'accessoires de protection (anti-bélier – ventouses – purges).

Le diamètre est assez souvent déterminé lors du dimensionnement, il est choisi de telle sorte que la vitesse de l'eau soit en deçà d'une limite dépendante de la nature du matériau de la conduite.

La conduite principale fournit l'eau aux conduites de moindre diamètres appelées conduite secondaires, les plus souvent mobiles et superficielles donc nécessitant des branchements ou accouplements rapides et démontables. Elles sont souvent en P.V.C et transportent des débits moins importants.

La mobilité du système de micro-irrigation dépend aussi de la culture en place

- Pour les cultures pérennes (arboriculture) le système est fixe.
- Pour les cultures annuelles (maïs) le système est mobile. (RNEDHA, 1992).

I.8.3.3. Les distributeurs :

L'organe par où l'eau est distribuée aux plantes s'appelle le distributeur. Il représente l'élément sensible qui assure la bonne répartition de l'eau aux plantes. Sa défaillance pourrait être fatale pour le régime d'alimentation en eau donc pour le rendement des cultures.

Il doit assurer un débit stable, faible et doit être non vulnérable à l'obstruction. Eu égard au nombre de goutteurs que nécessite un hectare, son prix à la vente doit être compétitif.

Son usinage exige une grande précision et une habileté suffisante afin de garantir une faible dispersion du débit autour de la valeur moyenne pour une pression donnée.

C'est ce qui définit la variation technologique ou de fabrication mesurée par le coefficient (Cvf).

On distingue plusieurs types de distributeurs, variables selon leur débit et pression, leur fonctionnement et leur fixation sur la rampe (RNEDHA, 1992).

CHAPITRE I

I.8.3.3.1. Les goutteurs :

Selon leur fonctionnement, on distingue des goutteurs auto-régulants et des goutteurs non autorégulants.

Les premiers assurent un débit stable malgré les variations de la pression. La régulation de la pression est réalisée par une capsule déformable.

Pour les seconds, leur débit est proportionnel à la pression. Leurs courbes de fonctionnement sont assez distinctives.

On distingue ainsi les goutteurs à circuit d'eau court et d'autres à circuit d'eau long (uniforme, non uniforme à chicane ou à labyrinthe). Le circuit de l'eau à l'intérieur du goutteur peut atteindre 1m et plus. Certains sont usinés directement à l'intérieur de la gaine ou constitués d'un monobloc, d'autres sont par contre démontables.

Selon leur position sur la gaine, on différencie entre les goutteurs en ligne et les goutteurs en dérivation. Les goutteurs peuvent être placés à même le sol, ou surélevés du sol grâce à des tuteurs, ils peuvent être enterrés. Malgré leur diversité, leur fonctionnement obéit à la même loi :

$$Q = K H^x$$

La connaissance des constantes (K et x) de cette équation permet de tracer la courbe de fonctionnement ou courbe caractéristique du distributeur (RNEDHA, 1992).

I.8.3.3.2. Mini-diffuseurs :

Leur débit est plus important que les goutteurs (20 -60 l/h), ils diffusent l'eau au de la fournir au goutte à goutte.

Leur pluviométrie (quantité d'eau / unité de surface) est variable selon le diamètre de orifices de sortie d'eau, de la hauteur par rapport au sol et de la pression de service.

Leur position par rapport au sol est choisie en fonction des cultures et du vent. Le tableau donne quelques indications sur trois types de diffuseurs placés à 0.5 m du sol (RNEDHA, 1992).

Tableau: 6 caractéristiques d'un type de mini-diffuseur.

Caractéristiques.	Jaune	rouge	Bleu	
Pression (bar)	1 2	1 2	1 2	

CHAPITR I

Débit (l/h)	19 28	32 48	42 61
Portée (m)	1,1 1,4	1,4 2	1,7 2,4

Source (RNEDHA, 1992).

I.8.3.3.3. Les ajutages :

Les ajutages sont des orifices à paroi épaisse, le diamètre de l'orifice varie de 1,2 à 2,1 mm, ils sont installés en dérivation sur la rampe. Ils fournissent un jet d'eau qui se brise sur un manchon (brise jet).

Comme les débits sont importants (35 – 100 l/h) sous une pression de 1 bar, l'eau se déverse dans une rigole cloisonnée, l'ensemble des rigoles forment de petits bassins par lesquels passe la rampe (VERMEIREN, 19983).

I.8.3.3.4. Les micro-asperseurs :

Ce sont des asperseurs de petite taille en matière plastique assurant des débits de 100 à 150 l/h, ils peuvent être fixes ou mobiles. Souvent, on confond entre mini-asperseurs, ajutages et mini-diffuseurs, du fait de leur similitude (Nicoulaud, 1988).

I.8.3.3.5. Les capillaires :

Plus simples et moins chers, ils représentent l'ancêtre du goutteur actuel, les capillaires sont des tubes en PE flexible de petit diamètre d'environ 0,5 à 1,5mm. Leur débit varie en fonction de la pression de service (H), de leur diamètre (D) et de leur longueur (l) : le débit est exprimé par l'équation :

$$q = a l^b H^c D^d$$

a, b, c et d sont des coefficients empiriques dépendant de la valeur de D (Vermeiren L, 1983).

I.8.3.3.6. Les gaines perforées :

Il existe trois types de gaines :

- ✓ gaines simples perforées.
- ✓ gaines doubles perforées.
- ✓ gaines poreuses.

Elles sont simple et moins chères, l'écartement de leurs perforations impose un certain type de culture. L'orifice de sortie d'eau est faible, ce qui augmente leur vulnérabilité au bouchage au cas où l'eau est chargée.

La variation de la pression dans la graine simple due à la perte de charge, empêche l'utilisation des graines de longueur supérieure à 60m.

Pour éviter cette contrainte, les recherches ont aboutit à la graine perforée double, avec laquelle le phénomène d'obstruction est atténué.

CHAPITRE I

Pour les graines poreuses, elles sont fabriquées de matière perméable, le suintement de l'eau s'effectue sur toute la longueur, elles sont très sensibles au colmatage et ont généralement une durée de vie limitée (**Vermeiren L, 1983**).

I.8.3.3.7. L'uniformité de distribution :

L'échelle d'appréciation de l'aptitude des distributeurs dépend de trois critères essentiels :

- ✓ Homogénéité de fabrication (Cvf).
- ✓ Tolérance aux variations de pression $q = f(H)$.
- ✓ Sensibilité au bouchage.

La longueur des rampes est variable selon le type de distributeurs installés.

Pour les goutteurs non auto-régulants, la longueur est environ 100 m, elle est davantage plus longue pour les goutteurs auto-régulants et les capillaires, néanmoins il faut que la plage de fonctionnement soit assurée et la variation du débit ne soit pas grande (< 10 %).

Tout au long de la rampe, de l'extrémité avale, la chute de pression génère une variation décroissante des débits des distributeurs.

Ce phénomène est à l'origine de la non-uniformité de distribution d'eau le long de la rampe, une non uniformité qui se répercute fatalement sur la consommation en eau des plantes (**RNEDHA, 1992**).

I.8.3.4. Eléments de base de conception d'un réseau de micro-irrigation :

La conception ou le dimensionnement d'un réseau de micro-irrigation suppose la connaissance des informations suivantes relatives à la parcelle, à la culture, à la ressource d'eau et au réseau (**Vermeiren L, 1983**).

A. La parcelle :

Les paramètres à connaître sont :

- localisation de la parcelle à irriguer.
- type de sol, description, capacité de rétention d'eau du sol, perméabilité, superficie totale à irriguer.
- Topographie, pente dominante, différence d'élévation entre source d'eau et station de pompage et l'aire à irriguer (**Vermeiren L, 1983**).

B. La culture :

- culture à irriguer, espèces, espacement, âge et profondeur racinaire. Culture en plein champ ou en serre.
- Besoins en fertilisation.
- Façons culturales (**Vermeiren L, 1983**).

CHAPITRE I

C. La ressource en eau :

- nature d'eau d'irrigation (de surface, en profondeur, ou piquage).
- position de la source d'eau par rapport à la parcelle.
- capacité disponible (débit, pression).
- qualité de l'eau d'irrigation.
- prix de la ressource hydrique (Vermeiren, 1983).

D. Le réseau :

- station de contrôle de débit.
 - Dispositif de contrôle de pression.
 - Dispositif de filtration de l'eau.
 - Dispositif de fertilisation.
- conduite principale sur le marché.
 - Diamètres, longueurs, profondeurs d'installation et différence d'élévation vers les conduites secondaires.
 - Accessoires (manomètres, anti-bélier, ventouses).
 - Pente majeure.
- Rampes portant les distributeurs.
 - diamètre, longueur, espacement, profondeur d'installation, pente majeure
 - espacement de distributeurs.
 - Types de distributeurs (Vermeiren L, 1983).

I.8.3.5. Types d'installations des rampes :

Le mode d'installation des rampes dépend de divers facteurs dont les principaux sont type de culture et la nature du sol. Les dispositions les plus courantes sont les suivantes :

- -Rampe simple : chaque rangée de culture est desservie par une seule rampe rectiligne.
- -Rampe double : deux rampes sont disposées en parallèle.
- -Rampe à dérivation latérales : ce système permet d'augmenter la surface irriguée et la dose apportée par addition de tuyaux latéraux sur une rampe simple.
- -Rampes à boucles et en « zig-zag » : ces dispositions extrêmement flexibles permettent de regrouper les goutteurs aux endroits souhaités.

La rampe simple est surtout utilisée pour les cultures à faible écartement (cultures maraichères, vignes, etc.). les trois dernières configurations conviennent plus particulièrement à l'irrigation des cultures arboricoles (Amroun, 2018).

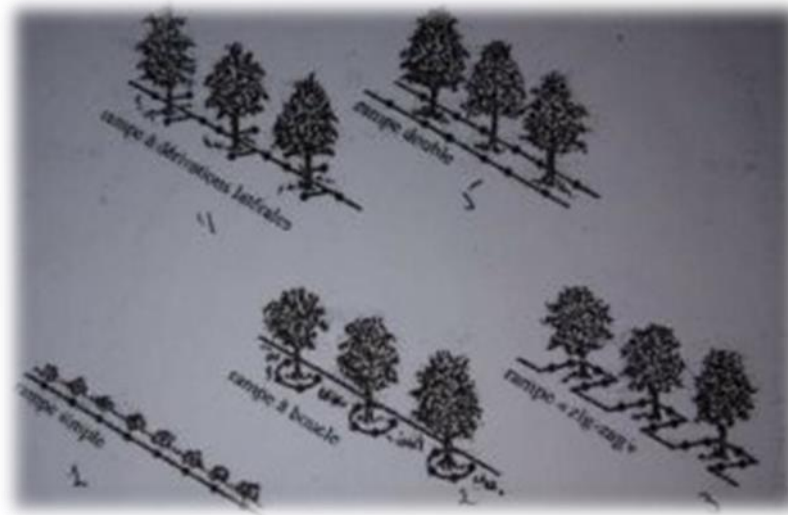


Figure n° 7: Schémas-types d'installations des rampes (Amroun, 2018).

Chapitre II :

Les cultures choisies pour l'irrigation



II. Caractéristiques des cultures irriguées :

II.1. Introduction :

Dans notre étude, nous avons appliqué un système d'irrigation localisée aux cultures les plus importantes de la région de M'sila : Mais et tournesol.

II. 2. Les types des cultures :

II. 2.1. Mais :

II.2.1.1. Définition :

Le maïs (*Zeamays*) appartient à la famille des graminées comme le riz, le mil et le sorgho (**Laurent, 2017**), il est originaire d'Amérique du sud. Le maïs est aujourd'hui cultivé partout dans le monde et est devenu la première céréale mondiale devant le riz et le blé (**Agence Nationale d'Appui au Développement Rural, 2017**). En Afrique, c'est une agriculture importante, surtout en Afrique centrale et orientale (**Nyabyenda, 2005; FOA, 2002**).

II.2.1.2. Caractéristique général :

Le maïs une plante monoïque : les fleurs mâles et femelles sont portées par la même plante mais placés à des endroits différents (**Laurent, 2017**). La tige se compose rigide se compose d'un grand nombre entre-nœuds, et chaque nœud en trouve s'insère alternativement une feuille Est parfois pédoncule tige de maïs d'urgence de plus en plus sur la plante (**Boukar, 2017**).

Selon (**Iltis et Doebley, 1980 in Boukar, 2017**) le maïs appartient à la classification suivant :

- Règne : végétal
- Sous-Règne : Tracheobionta
- Division : Magnolio
- Classe : Liliopsidées
- Ordre : cypéales
- Famille : Poacées
- Tribu : Maydeae
- Genre : *Zea*
- Espèce : *Zeamays*



Figure n° 8: Irriguée plante de maïs (Image réelle)



Figure n° 9 Plante de maïs (Hoopen et Maïga, 2012).

II.2.1.3. Variétés de maïs vulgarisées :

Les variétés de maïs sont classées suivant la durée de leur cycle végétatif d'une part, les caractères de leurs grains d'autre part (couleur, forme) (Agence Nationale d'Appui au Développement Rural, 2017).

Tableau 7 : Classification des variétés de maïs

Variétés	Cycle (jour)	Rendement Potentiel (t/ha)	Rendement Moyen (t/ha)	Caractères particuliers	Caractéristiques du grain
PR 9131-SR	90	3	2		Grain Jaune
CEEY-SR	75	1,2	1		Grain jaune
GMRP-18	100	5	2 à 4	Résistance à la verse, à la rouille et à la striure	Grain jaune, denté, goût sucré, facile à moudre, riche en acide aminés
EV 8728-SR	105	4	3		Grain jaune
FERKE 7635	100 -105	3	2		Grain jaune
FERKE 7622	115-120	3	2		Grain jaune
QCM.B	105	4	2,5		Grain blanc
CEW-SR	75	1,2	1		Grain blanc
EV99-MRP	(court) 90-95	5	2 à 4	Tolérance à la sécheresse	Blanc, semi denté riche en protéine
EV8766-SR-MRP	(court) 90-95	5	2 à 4	Tolérance à la striure	Jaune, semi denté riche en protéine
DMRESR-Y	(court) 90-95	5	2 à 4	Tolérance à la striure	Jaune, cornée denté

II.2.1.4. Exigences de Mais :

Le maïs est une espèce exigeante en eau. Au moment de la floraison le besoin en eau est plus important. Les températures doivent être généralement élevées et régulières avec un optimum autour de 25°C (Hussaini et al, 2008). Le maïs se développe bien sur les sols riches en matières organiques et possédant de bonnes propriétés physiques (Hiéma, 2005). II

pousse sur un sol de pH variant de 5,5 à 7. Cependant, le maïs peut s'accommoder de conditions plus hostiles (**Laurent, 2017**).

II.2.1.5. Mise en place de Maïs :

1. Choix du sol :

Pratiquement tous les sols conviennent au maïs sauf les terres trop argileuses et sableuses en raison de sa grande capacité de rétention en eau et aussi sa grande infiltration. Mais le maïs atteint son meilleur développement dans des sols profonds, riches en humus, bien drainés et alluvionnaires (**agridea, 2013**).

2. Place dans l'assolement :

Le maïs peut être cultivé en tête d'assolement sur défriche forestière ou après une jachère de légumineuses ou en cours de rotation après l'igname, le riz, le coton ou l'arachide (**Agence Nationale d'Appui au Développement Rural, 2017**).

3. Préparation du sol :

Préparer un sol, c'est le rendre apte à recevoir les grains de maïs, c'est-à-dire le lit de semis. La préparation du sol par un labour est nécessaire pour permettre un bon enracinement et un approvisionnement correct en eau et en oxygène. Le labour peut être manuel ou mécanique avec une charrue attelée ou tractée d'une profondeur de 20 à 30 cm. IL est réalisé en saison pluvieuse (**Agence Nationale d'Appui au Développement Rural, 2017**).

4. Semis :

- ❖ **Semis manuel** : les écartements entre les lignes de semis préconisées doivent être de 80 cm entre lignes et 40 cm entre poquets avec 2 à 3 grains par poquet avec une semence de qualités; Les grains doivent être semés à une de profondeur 3 à 4 cm (**Ministere de l'agriculture, 2009**).
- ❖ **Semis mécanique** : utilisation d'un semoir de 5 à 6 grains par mètre linéaire (**Agence Nationale d'Appui au Développement Rural, 2017**).

II.2.1.6. Mode d'irrigation :

Une irrigation bien positionnée permet de limiter le risque de stress hydrique des maïs et de préserver le nombre de grains final. Retrouvez les prévisions, selon le secteur, du stade 10 feuilles, qui marque le début possible de l'arrosage. La période d'irrigation du maïs s'étend du stade 10 feuilles au stade humidité du grain 50 % et 45 % dans les sols superficiels. Cependant, la phase la plus sensible s'étend du stade 12-13 feuilles au Stade Limite d'Avortement des Grains (SLAG), (**Boukar, 2017**).

Dans notre étude, nous avons appliqué un système d'irrigation localisée.

II.3.1. Besoin en eau des cultures :

C'est en été que l'évapotranspiration est maximale. Le principe d'une irrigation raisonnée repose sur la disponibilité en temps réel pour la plante d'une quantité d'eau égale à ce

qu'elle perd par évapotranspiration. Cette consommation est estimée grâce aux conditions climatiques et à un coefficient de culture K_c variant de 0,3 à 1,2 selon le stade de développement phénologique du maïs. L'agriculteur doit rester particulièrement vigilant au stade de la floraison du maïs et au développement des fleurs fécondées qui lui succède. Un stress hydrique à cette période peut s'avérer critique sur le rendement (Panaget, 2017).

$ETM = ETP * K_c$ (<https://www.lgseeds.fr/fr>)

ETP :EvapoTranspiration Potentielle

ETM : Evapotranspiration Maximum

K_c :coefficient de la culture

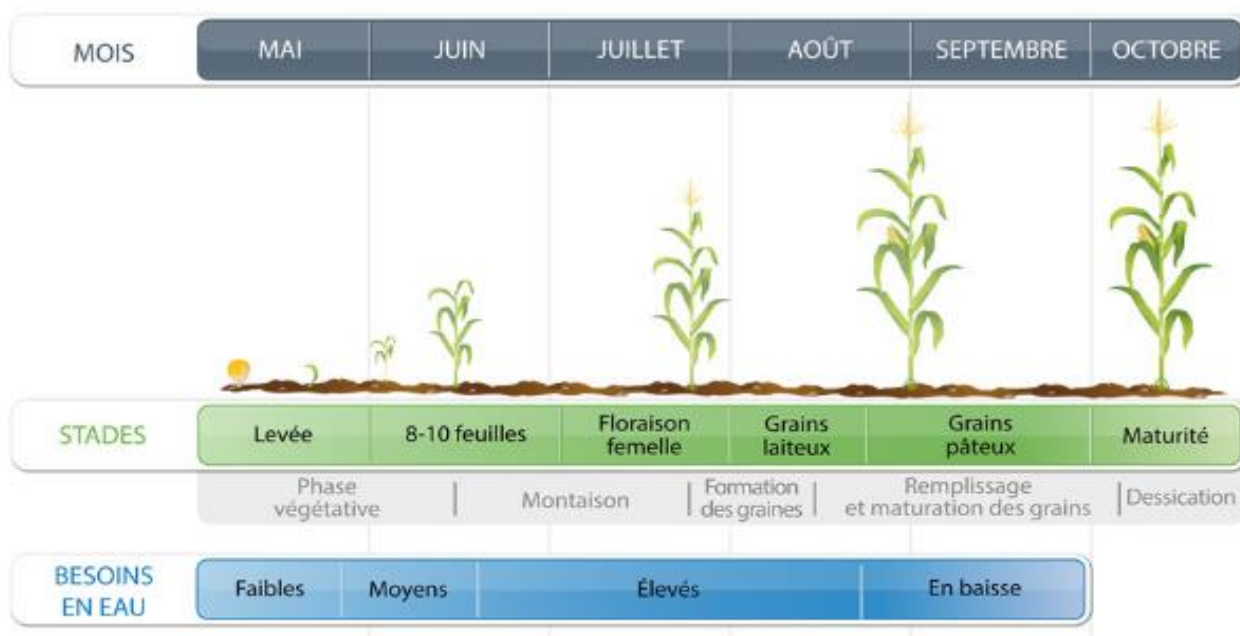


Figure n° 10 Les besoins en eau du maïs en fonction du stade de la plante (<https://www.lgseeds.fr/>)

II.4.1. Durée de végétation de la culture :

Le cycle germinatif du maïs dure de 90 à 180 jours suivant la variété et les lieux de la culture. Le maïs passe par les phases de germination, de croissance, de floraison et de fécondation (Hoopen et Maïga, 2012).

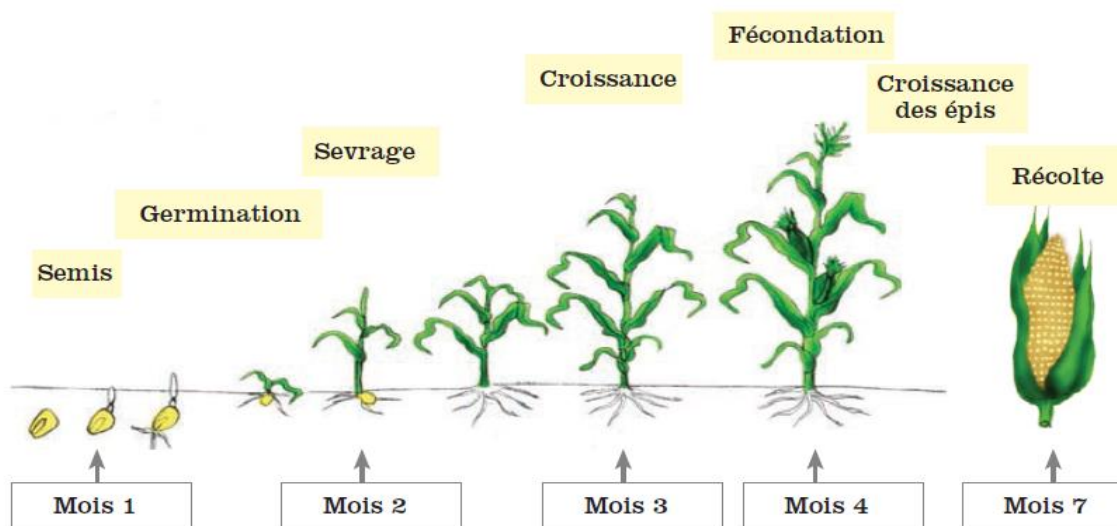


Figure n° 11: Le cycle de vie de maïs (Hoopen et Maïga, 2012)

II.2.2. Tournesol :

II.2.2.1. Définition :

C'est une plante originaire d'Amérique, On la rencontre encore à l'état sauvage au Mexique et au Pérou. Elle appartient à la famille des Composées, diploïde ($2n = 32$). Elle était connue et utilisée par les populations locales d'Amérique avant la découverte du Nouveau Monde, et fut introduite en Europe au XVIème siècle comme plante d'ornement (Hachemi, 2006).

II.2.2.2. Caractéristique général :

Grandes fleurs (environ 30 cm de diamètre). Sa tige peut atteindre 3 m de hauteur. Ses racines sont pivotantes ou exploratoires, ce qui permet à la plante de mieux exploiter le sol. Sa racine principale peut atteindre 2 m de profondeur. La hauteur moyenne de la plante varie de 182 cm (ensemencement pendant la saison des pluies) à 150 cm (ensemencement à la saison sèche)(Mezouagh, 2016).

Selon (Nouri, 2011) le tournesol appartient à la classification suivant :

- **l'embranchement** :des Spermaphytes
- **sous-embranchement** :des Angiospermes
- **la classe** :des Dicotylédones
- **phylum** :des Pariétales-Rhoeadales-Synanthérales
- **l'ordre** :des Synanthérales

- **la famille** :des Astéracées ou Composées
- **la sous-famille** :des Tubuliflores
- **la tribue** :des Hélianthés
- **genre** :*Helianthus L.*



Figure n° 12 Photo prise à la Station ITGC Oued SMAR (2006).

II.2.2.3. Variétés de maïs vulgarisées :

Le tournesol appartient à la famille des Composées (astéracées), du genre *Helianthus*, espèce annuus. Le genre *Helianthus* comporte environ 70 espèces dont 2 sont cultivées pour l'alimentation animale ou humaine : *H. annuus* (tournesol), *H. tuberosus* (topinambour)(DépartementAGER, 2003).

II.2.2.4. Exigences de Mais :

Le tournesol exige un climat doux et tempéré la germination se fait rapidement si la température est comprise entre 8 et 10°C, il s'adapte à tous les types de sol ; préférant cependant les sols argilo-sableux ; frais et profond. Il résiste bien à la sécheresse, à condition d'éviter le stress hydrique au moment de la floraison.il faut éviter les excès d'eau avant floraison (ITGC, 2013).

2.2.5. Mise en place de Mais :

1. Préparation du sol :

Exigences comparables à celles du maïs ou de la betterave.Veiller au maintien d'un bon état structural, sans couches compactées(agridea, 2007).

2. Semis :

Tableau 8 : des préparatifs les plus importants pendant le processus deSemis(agridea, 2007).

Ecartement Interligne	45-60 cm (mauvaise exploitation du sol au-delà de60 cm).
Densité de semis	50-70'000 graines/ha selon les conditions de semis et les risques de limaces.
P e u p l e m e n t	50-60'000 plantes/ha régulièrement réparties. Attention au réglage du sélecteur de doubles.

II.2.2.6. Mode d'irrigation :

Démarrez l'irrigation uniquement si le tournesol est peu vigoureux et si le sol est sec, impérativement avant la floraison et N'irriguez jamais un tournesol exubérant avant la floraison, Arrêtez l'irrigation lorsque le dos du capitule vire au jaune citron (**Guide de culture, 2019**).

Dans notre étude, nous avons appliqué un système d'irrigation localisée.

II.3.2. Besoin en eau de la culture:

Le tournesol est l'une des rares cultures d'été tolérante pour pousser en conditions sèches. Les périodes pendant lesquelles le tournesol est le plus vulnérable au manque d'eau sont la floraison et le remplissage des graines (**agridea, 2007**).

II.4.2. Durée de végétation de culture :

Le cycle complet dure de 120 à 150 jours selon la précocité du cultivar. Dans ces conditions, sur la base d'un zéro de végétation théorique de 6°C, les exigences en sommes de températures varient de 1600 à 1700 degrés jours. La floraison débute généralement entre le 65ème et le 70ème jour après la levée. Des variations existent selon les variétés et selon les lieux de culture (**Département AGER, 2003**).

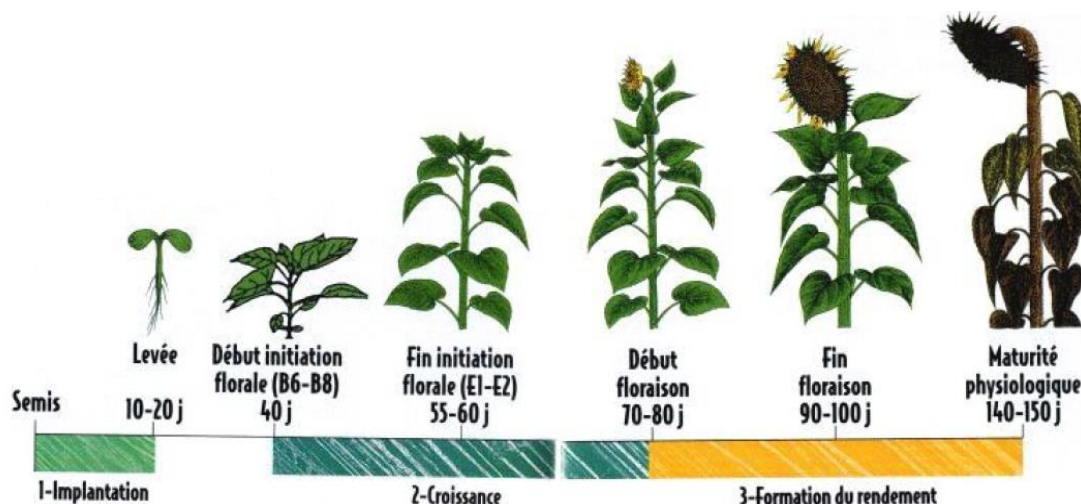


Figure n° 13: Le cycle de vie de tournesol (Département AGER, 2003).

F

Chapitre III :

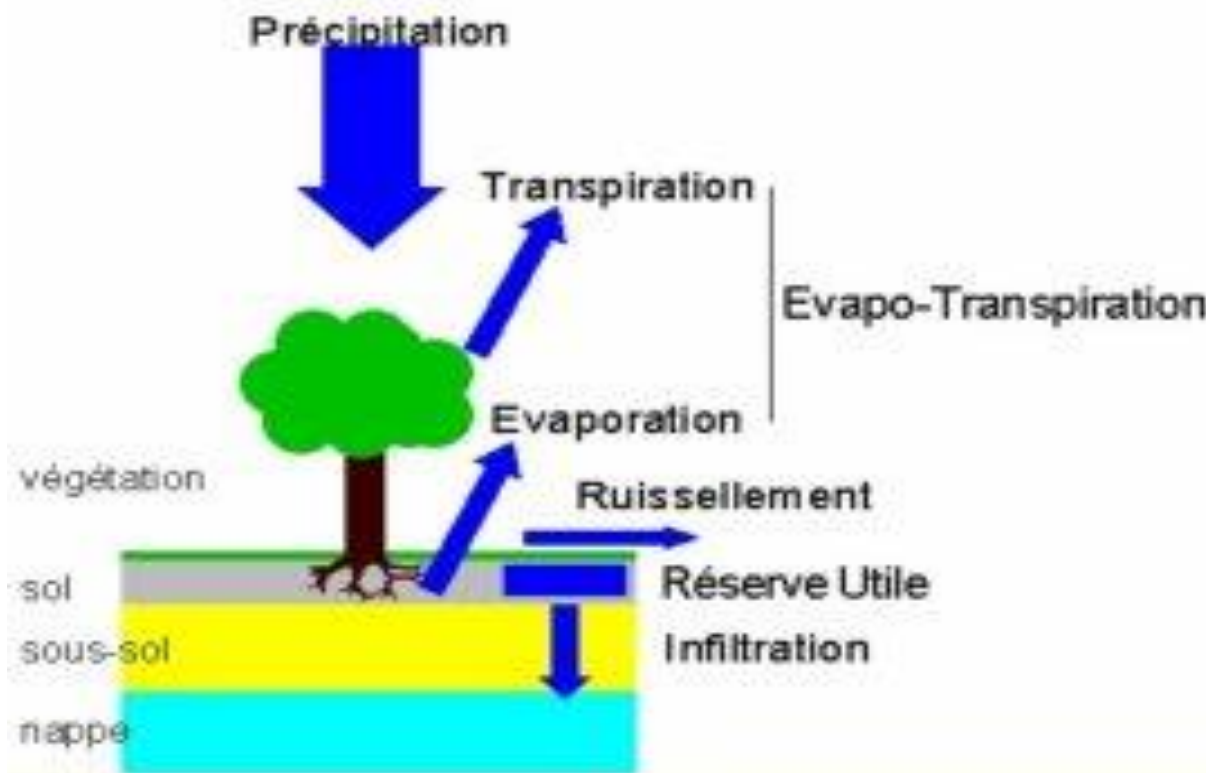
L'eau dans le sol

III. Comportement de l'eau dans le sol

III. 1. Introduction :

L'eau dans le sol ne représente qu'une infime part de l'eau douce (0.1%), mais à l'instar de la vapeur d'eau, elle-même fraction infime dans l'atmosphère et néanmoins fondamentale pour le cycle de l'eau. Il est indispensable pour la continuité du cycle hydrologique ; à la fois par l'intermédiaire de l'évapotranspiration (plantes et surface des sols) et en entretenant l'approvisionnement des nappes phréatiques et des aquifères.

Toute l'eau dans le sol n'est pas pareillement ou totalement disponible pour les plantes ou pour les aquifères. En effet, l'eau entretient avec les différents matériaux composant les sols, des relations particulières qui la rendent plus ou moins durablement indisponible.



III. 2. état hydrique du sol :

La conduite judicieuse des arrosages nécessite que l'on puisse contrôler l'évolution de l'état hydrique du sol. Les concepts d'ordre stratégique font appel à des hypothèses qu'il est indispensable de vérifier, notamment quant à l'aptitude du sol à stocker et à restituer de l'eau.

L'état hydrique du sol s'apprécie l'aide de deux caractéristique ;

- ✓ La teneur en eau, très utilisée depuis longtemps pour le bilan hydrique ;
- ✓ Les forces de liaison entre l'eau et le sol « tension ».

III. 3. Les réservoirs de sol :

III.3.1. La profondeur utile :

La profondeur dite « utile » correspond à la profondeur d'enracinement de la culture, limitée elle-même par la profondeur du sol (et éventuellement du sous-sol).

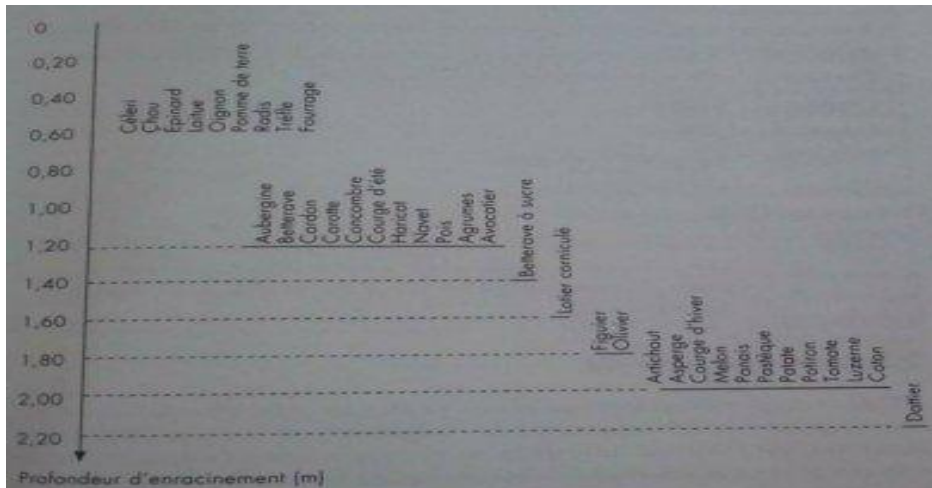


Figure n° 14 : Références de profondeurs d'enracinement en conditions normales de sol et de culture (Rebour et Deloye, 1971, d'après une documentation USA).

III.3.2. La réserve utile RU :

Cette notion a été conçue au départ pour aider à la définition des doses d'arrosage lors du développement de l'irrigation par aspersion, elle a servi également, par l'intermédiaire du bilan hydrique, dans les calculs prévisionnels et notamment les études fréquentielles des besoins en eau d'irrigation, pour l'estimation de la ressource en eau nécessaire aux projets, ainsi que pour le dimensionnement des installations.

On définit la RU comme le volume d'eau pouvant être emmagasiné dans le sol, après une période de pluie ou un arrosage copieux, suffisamment longtemps pour être par la suite restitué aux plantes, en évitant toutefois toute situation d'engorgement prolongé. Elle s'exprime classiquement en millimètre, comme les doses d'irrigation, sous la forme :

$$RU = (W_{CR} - W_{PF}) \cdot ds \cdot z \cdot 0,1 \quad \text{ou} \quad RU = (\theta_{CR} - \theta_{PF}) \cdot z \cdot 0,1$$

Il y a donc lieu d'estimer :

W_{CR} ou Θ_{CR} = teneur en eau pondérale ou volumique à la capacité de rétention en %.

W_{PF} ou Θ_{PF} = teneur en eau pondérale ou volumique ou point de flétrissement en %.

d_s = densité sèche (si l'on connaît que les teneurs en eau pondérales).

Z = la profondeur considérée du sol, en cm.

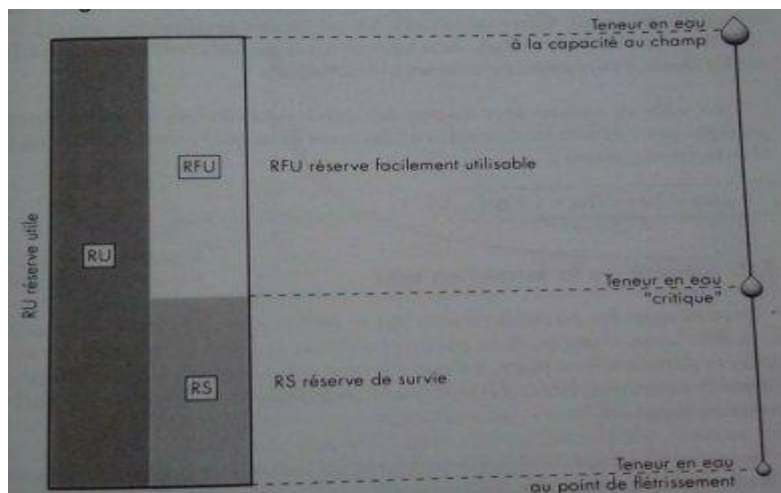


Figure n° 15: les définitions des notions de réserve dans le sol. (Amroun, 2018).

III.3.3. Le calcul de la réserve facilement utilisable RFU :

La plante commence à souffrir de la sécheresse et à fermer ses organes de transpiration, les stomates avant que ne soit atteint le seuil du point de flétrissement permanent. On a donc été amené à définir une RFU, réserve facilement utilisable qui, tant qu'elle n'est pas épuisée, permet à la plante, en théorie, de pomper de l'eau du sol sans restriction. Le terme de RFD, réserve chaque période végétative de la culture, en fonction de la profondeur d'enracinement alors atteinte.

Souvent on prend : $RFU = 50 \text{ à } 60 \% RU$.

On considère que la différence $RU - RFU$ ne peut servir qu'à la survie du végétal, non à sa croissance ou à son développement. C'est pourquoi on l'appelle réserve de survie (RS).

En fait, le rapport RFU/RU est très variable ; il dépend, entre autres :

- -du volume occupé par les racines et de la densité de l'enracinement ;
- -de la résistance de la plante au dessèchement ;
- -de la vitesse de dessiccation du volume de sol utilisé par les racines ; quand cette vitesse augmente, le rapport RFU/RU diminue (par rupture de liaisons capillaires).

Pour un calcul, en l'absence de précision spécifique, on prendra en général :

- - $RFU = 1/2 RU$ si la RU est faible et la consommation d'eau par la plante forte ;
- -jusqu'à $RFU = 2/3 RU$, si la RU est forte, et la consommation faible.

III. 4. La teneur en eau du sol :

III.4.1. Expressions de la teneur en eau :

La teneur en eau peut être exprimée en teneur en eau pondérale (W), poids d'eau ramené au poids du sol sec après séchage à l'étuve d'un échantillon, ou en teneur en eau volumique (Θ):

$$W = \frac{P_H - P_{sec}}{P_{sec}} \cdot 100 \quad P_H : \text{poids du sol humide.}$$

P_{sec} : poids du sol après séchage à l'étuve.

$$\Theta = ds \cdot W \quad \text{avec} \quad ds = \text{densité sèche (sans unité ou en g/cm}^3\text{)}.$$

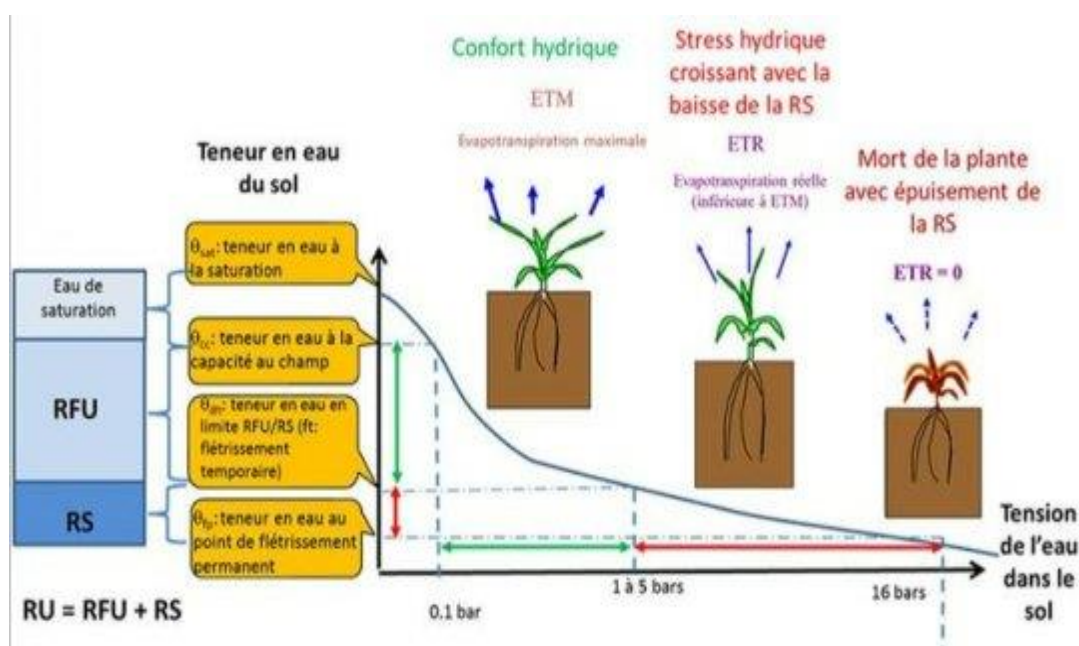


Figure n° 16 Relations entre la teneur en eau du sol, la tension de l'eau dans le sol et le statut hydrique d'une culture. (Arvalis-Institut du végétale, Terre Net Média, 2019).

III.4.2. Mesure de la teneur en eau :

On distingue les méthodes basées sur le prélèvement ponctuel d'échantillons, avec mesure par pesée et passage à l'étuve, et celles où les mesures sont réalisées dans le sol en place, à l'aide d'une sonde à neutrons de profondeur, ou par la technique TDR, (Time Domain Réflectométrie), réflectométrie dans le domaine temporel.

Notons que les méthodes par prélèvement, être l'important charge de travail qu'elles représentent, perturbent au cours du temps.

En outre, les mesures dans le sol en place sont susceptibles de fournir des teneurs en eau volumiques, celles qui sont intéressantes dans le cas de d'irrigation, alors que les mesures basées sur le prélèvement d'échantillons ne fournissent que la teneur en eau pondérale. Il

faut alors connaître par ailleurs la densité sèche, au risque de faire des erreurs allant jusqu'à 40 %, erreurs liées à la variabilité de la densité selon les types de sol.

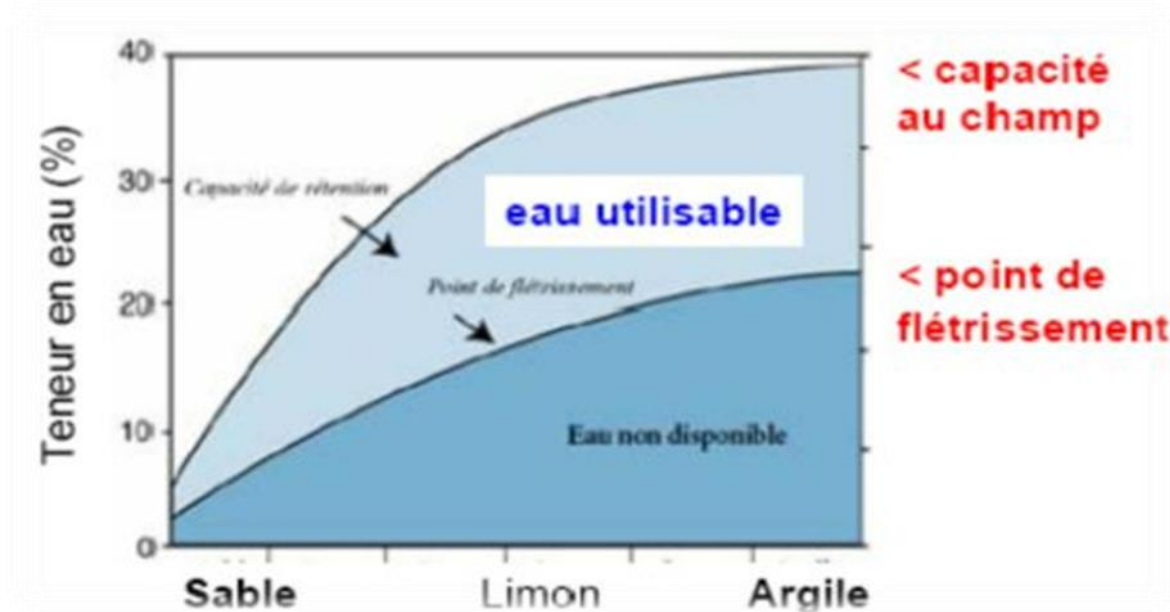


Figure n° 17 la teneur en eau dans les sols (<https://sites.google.com-besion-en-eau-de-la- plante>).

III.4.3. La teneur en eau à la capacité de rétention θ_{CR} :

La teneur en eau à la capacité de rétention peut aussi servir lors d'un essai de détermination de la tension approximative à la capacité au champ

La capacité au champ est l'état d'humidité maximale du sol bien drainé.

La détermination se fait par un essai préalable en conditions garantissant un bon drainage.

- ✓ sur une surface de 1 ou 2 m², réaliser un encadrement et apporter une quantité d'eau importante.
- ✓ quelques heures après, placer les tensiomètres à la profondeur d'utilisation et recouvrir la surface pour empêcher l'évaporation ;
- ✓ 24 heures après l'arrosage, noter les valeurs mesurées par les appareils et contrôler s'il n'y a pas de forte évolution le surlendemain.

Les valeurs obtenues donneront une bonne appréciation de la tension correspondant au sol très humide, mais non saturé (**source : d'après Peyremorte et Isbérie, 1986**).

On mesurera alors la teneur en eau après avoir atteint cet état d'équilibre aux profondeurs étudiées.

De toutes les méthodes permettant d'estimer la valeur de la teneur en eau à la capacité de rétention pour les différentes couches d'un sol, seules celles qui se prêtent à des mesures dans le sol en place peuvent donner des résultats corrects. Les autres ne sont que des

approches souvent inexactes, mêmes si elles restent les plus utilisées du fait de leur commodité d'emploi. Il faut cependant connaître leurs limites.

III.4.4. La teneur en eau au point de flétrissement θ_{PF} :

W_{PF} est mesurée au laboratoire à partir d'échantillons de sol. Dans ce cas, la mesure est moins critiquable que pour la mesure de teneur en eau à la capacité de rétention, puisque c'est ici la porosité la plus fine du sol qui est en jeu :

Le fait que les échantillons soient remaniés a peu de conséquences sur la mesure.

Conseils sur les méthodes de mesures des variables caractéristiques du sol utiles au calcul de la réserve en eau du sol :

- teneur en eau à la capacité de rétention : toujours préférer une mesure dans le sol en place.
- teneur en eau au point de flétrissement : on peut se satisfaire des mesures fournies par les laboratoires.

-ne pas oublier le paramètre densité, indispensable lorsque l'on ne dispose que des teneurs en eau pondérales pour les deux variables ci-dessus, au risque de sous-estimer le « réservoir sol » de l'ordre de 40 %.

Chapitre IV : Présentation de la zone d'étude :

IV.1. Situation géographique

La wilaya de M'sila avec une superficie de 18.175 Km² est située dans la partie centrale de l'Algérie du Nord, elle fait partie de la région du houât plateaux. Elle est comprise géographiquement entre les parallèles 34° 10' et 36° de latitude Nord et entre les méridiens de longitude 3°20' et 5°20' à l'Est de GREENWICH (DSA, 2011). La wilaya de M'sila limitée par :

Au Nord Est : les wilayas de Bordj Bou-Arredj et Sétif.

Au Nord-Ouest : les wilayas de Média et Bouira.

A l'est : la wilaya de Batna.

A l'ouest : la wilaya de Djelfa.

Au Sud Est : la wilaya de Biskra

Et compte une superficie de 16720 hectares pour une population totale de 16545 habitants. (AMMICHE L., 2018).

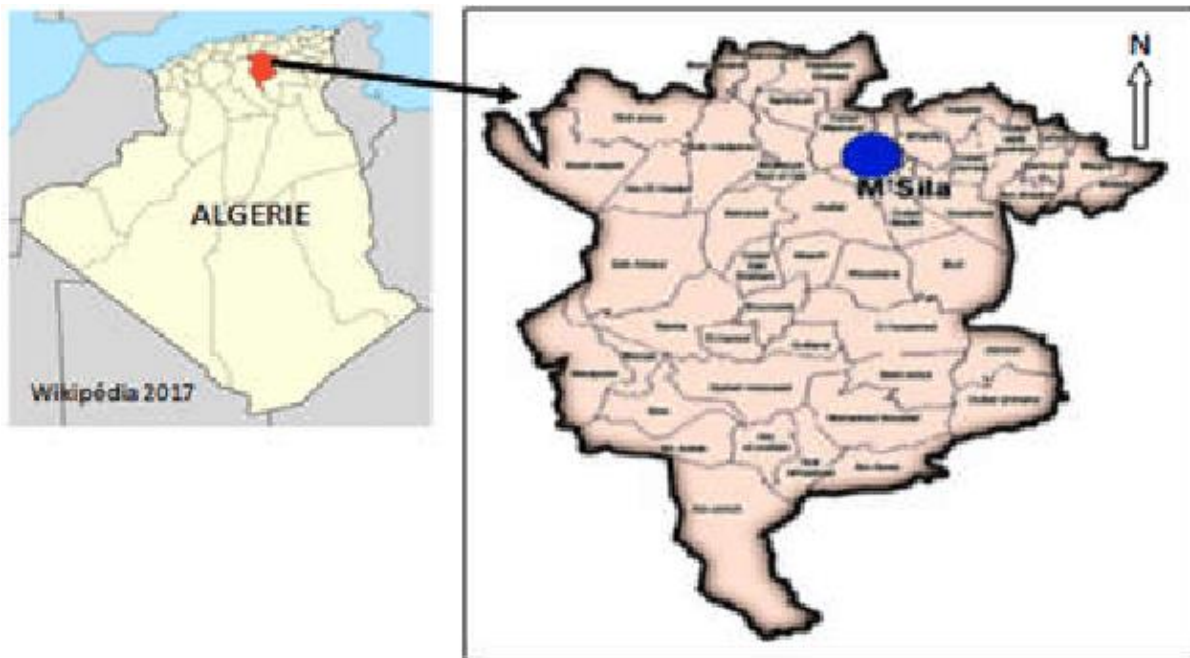
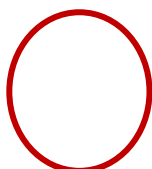


Figure 18 : Situation géographique de la zone d'étude pôle (M'Sila)(Image).



IV.2. Caractéristiques physiques de la région d'étude :

Dans cette caractérisation nous allons évoquer les paramètres suivants: le relief, la géologie, le sol, l'hydrogéologie.

IV.2.1. Relief de la zone étudiée :

La structure physique de la commune de M'Sila se caractérise par des régions naturelles bien distinctes(**HADBAOUI, 2013**).

En raison de la végétation clairsemée, les formes structurales sont bien mises en évidence l'érosion profitant du contraste lithographiques, dégages les bancs les plus durs et creuse les tendres, mettant ainsi en valeurs des formes classiques de relief: cuestas, monoclinaux.....etc

L'action érosive est fonction des types des roches trois cas de figure se présentent au niveau des reliefs :

a- Les marnes (roches tendres) :

Le paysage des bad-lands est observé au Nord de Hodna (marnes du Miocène).

b- Les marno-calcaires :

Ces types de roches ont donné un modèle de collines, l'érosion a été intense dans les marnes du fait de l'absence du couvert végétal forestier.

c- Alternance de roches dures et tendres :

L'alternance des grés et argiles Jurassico-crétacé, est un système d'érosions qui a réalisé un aplanissement des reliefs avec des alignements rocheux et des niveaux encroûtés du quaternaire ancien, il s'agit de glaciaires de dénudation; la surface du sol est recouverte par un voile discontinu de sables grossiers, graviers et quartz provient de la destruction des grés(**MIMOUNE, 1995**).

IV.2.2.Géologie de la région d'étude :

L'analyse de la carte géologique, feuille N° 168 de M'Sila (figure), échelle 1/500000eme indique que la ville de M'Sila repose sur des terrains sédimentaires caractérisés par des formations quaternaires essentiellement constituées d'alluvions récentes et anciennes. Ces dernières étant des limons à couleurs grise, riche en matière sableuse, ainsi, le sous sol est naturellement perméable et a une source de contamination des eaux souterraines (**ANRH, 2005**).

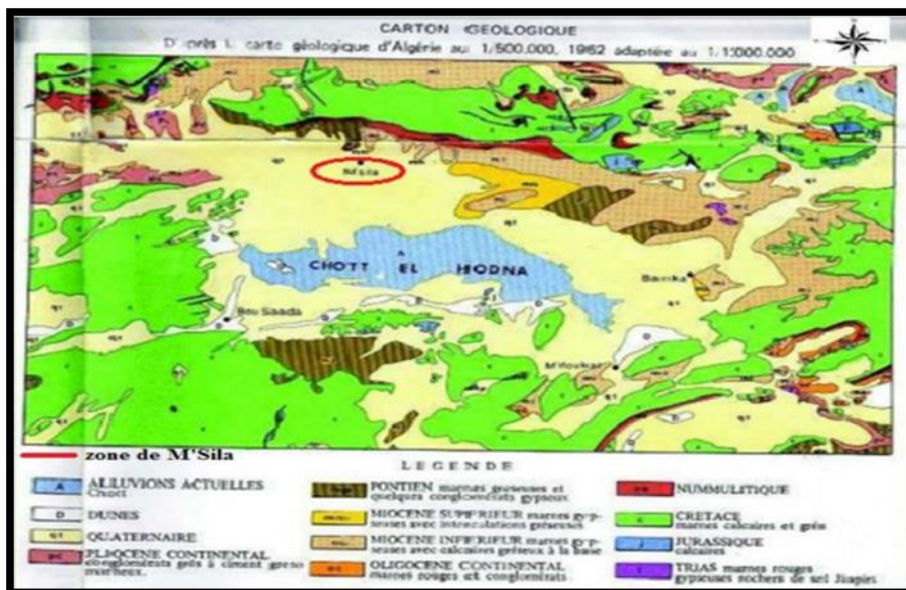


Figure n° 19: carte géologique de la zone d'étude (HOUEROU et al, 1975).

IV.2.3. Le sol de la zone d'étude :

Selon la carte pédologique, réalisée par T.G BOYADGIEV (figure); expert pédologique de la F.A.O au 1/800000è, la ville de M'Sila est une zone steppique de dépôts alluviaux récent avec des passages plats et une altitude de 400 à 500 m, les sols sont surtout peu évolués, d'apport alluvial en différents degrés affectés par des sels (HADBAOUI, 2013).

IV.2.4. Hydrogéologies :

Le réseau hydrographique est constitué de cours d'eau saisonniers, tous situés dans de grands Oueds originaires des montagnes de Boutaleb Sobella et d'Ouled Hanash, généralement orientés du Nord au Sud se déverse dans chott El hodna. Ce réseau est un cours d'eau saisonnier résultant de la pluie arrosé les terres agricoles (S.A.M. 2019).

IV.3. Caractéristiques climatiques de la zone d'étude :

- **Station de référence :**

Les principales caractéristiques climatiques de la zone d'étude ont été dégagées à partir de l'exploitation des données de la station météorologique la plus proche, c'est-à-dire celle de M'sila (Source ONM, moyenne 1990–2019).

Pour bien caractériser le climat de notre zone d'étude, nous avons exploité une série d'observations sur une période de référence de 29 ans de 1990 à 2019, relevée dans la station météorologique de M'sila; qui a pour coordonnées :

Nom Station	Lat_deg	Lat_min	Lon_deg	Lon_min	Altitude
M'sila	35	42	4	32	477

L'étude du climat permet d'établir les calculs du déficit hydrique en rapport avec chaque mois de l'année et chaque culture proposée.

Cela est encore plus important pour les cultures en irriguée dans la mesure où la climatologie nous permet de quantifier les apports en eau d'irrigation pour chaque culture et donc de connaître les superficies qui pourraient être irriguées en fonction de la quantité d'eau mobilisée pour l'irrigation et des cultures qui sont proposées.

Les facteurs climatiques qui conditionnent de façon très étroite les conditions de développement des cultures en cours de l'année, sont analysés ci-après afin de déceler les facteurs favorables ou défavorables dans la zone d'étude et d'en quantifier leurs effets probables sur le développement de cultures.

IV.3.1. Précipitations :

IV.3.1.1. Pluviométrie mensuelle et annuelle :

La pluie est parmi les facteurs les plus importants en raison de l'influence bénéfique ou néfaste qu'elle exerce sur les plantations et l'élevage volaille.

Tableau 9 : Répartition mensuelle des pluies (en mm)

Mois	Sep	Oct	Nov	Dé	Jan	Fé	Ma	Av	Mai	Juin	Jui	A	Cumul
Pluie(mm)	22,13	23,64	22,62	17,67	19,59	43,96	15,81	20,13	23,41	8,90	3,90	6,71	228.47

Source : ONM M'sila (1990-2019)

La moyenne annuelle des précipitations relevées pendant 29 ans (1990/2019) est de 228.47 mm avec une moyenne mensuelle de 19.04 mm.

La pluviométrie dans cette région est irrégulière, et on a les résultats suivants :

- Le mois le plus pluvieux est le mois de février (43.96 mm).
- Le mois le plus sec est le mois de juillet avec (3.90 mm).

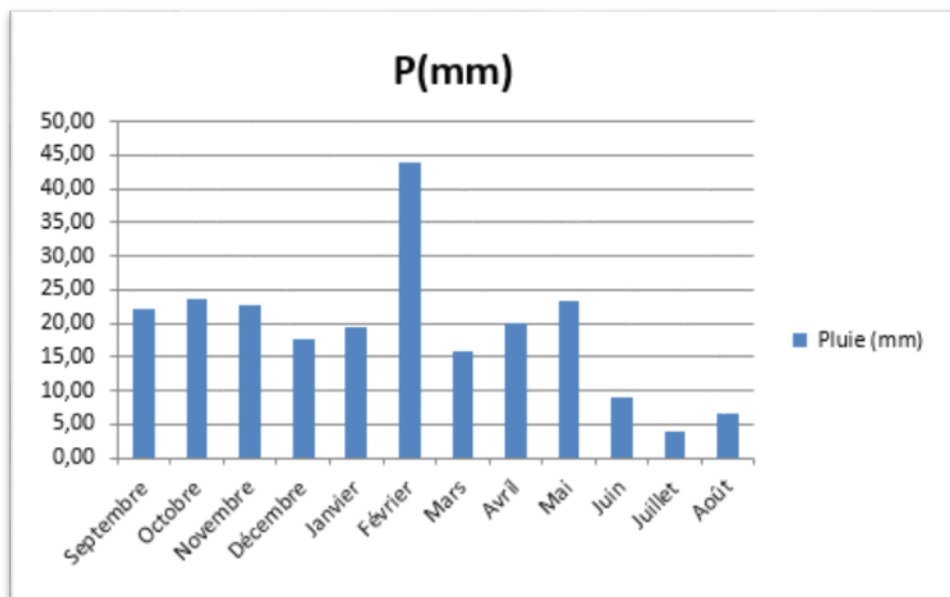


Figure n° 20 Histogramme de variation mensuelle de précipitation (mm)

IV.3.1.2. Régime saisonnier :

Le développement des cultures pérennes et herbacées est étroitement lié au régime saisonnier des pluies. En période estivale, les pluies enregistrées sont faibles, il faut prévoir l'irrigation.

Tableau 10 : Répartition saisonnière des pluies

Saison	A	H	P	E	Moy. annuelle
P (mm)	68,39	81,22	59,35	19,51	228,47
P (%)	30%	36%	26%	9%	100%

Source : ONM M'sila (1990-2019)

D'après le tableau on remarque que la répartition des précipitations varie d'une saison à une autre

La période pluvieuse débute en l'automne avec 68.39 mm représentant 30%, l'hiver avec 81.22mm représentant 36% et le printemps avec 59.51mm représentant 26%. La période estivale est marquée par 19.51 mm représentant ainsi 9% de la pluie annuelle.

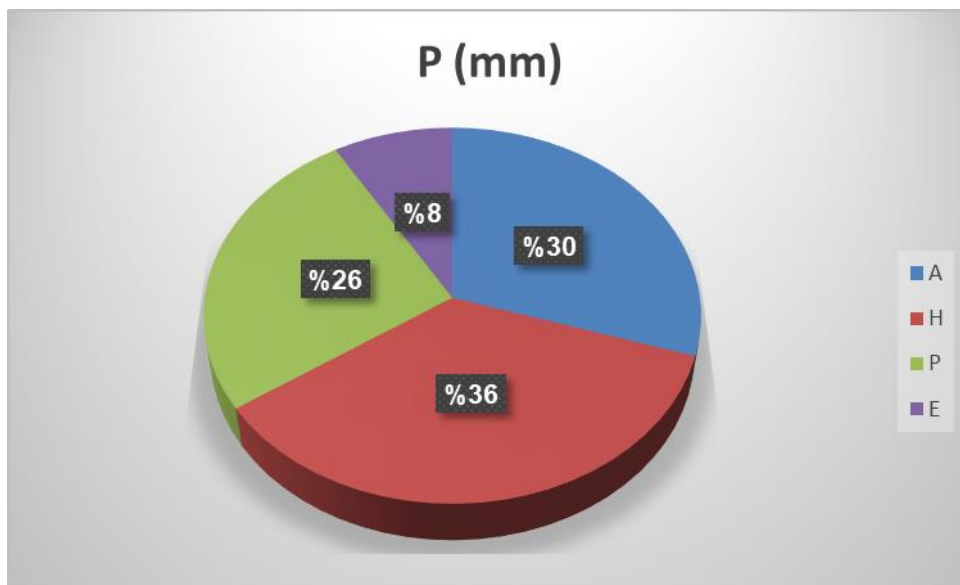


Figure 21 : Répartition saisonnière des précipitations en (%)

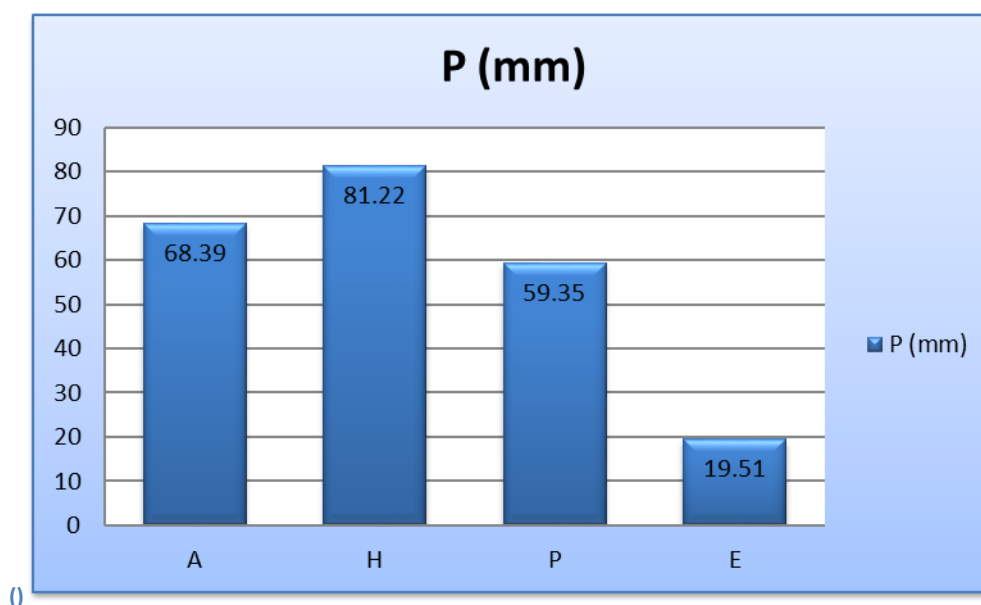


Figure 22 : Régime saisonnier moyen des précipitations

Le régime saisonnier est de type H- A- P-E (Hiver -Automne - Printemps - Été).

IV.3.2. Températures :

La température est un facteur très important dans la répartition du climat. Ce sont les températures extrêmes et leurs fréquences qui jouent les premiers rôles en particulier pour l'évapotranspiration élevée pour les hautes températures et pour le risque du gel avec des basses températures.

La température d'un lieu dépend avant tout de la situation de ce lieu sur la terre (son altitude) ; les zones climatiques, sont déterminées en fonction de cette situation, comme il y a aussi une variation plus locale qui dépend par exemple de la forme du relief, de

l'exposition au soleil, de la couverture végétale. Le paramètre climatique mensuel (température) enregistré à la station de M'sila est représenté dans le tableau suivant :

Tableau 11 : Répartition des températures minimales (m), maximales (M) et moyennes

Mois	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D	Moy
T min (C°)	3,47	4,24	7,56	10,72	16,11	21,02	24,47	23,92	19,37	14,59	8,44	4,58	13,21
T max (C°)	14,32	16,37	19,7	23,66	29	35,2	38,56	38,11	32,18	26,32	19,27	14,7	25,62
T moy (C°)	8,48	9,89	13,54	17,09	22,56	28,26	32,06	31,22	25,61	20,23	13,17	9,16	19,27

Source : ONM M'sila (1990-2019)

I.3.2.1.Températures moyennes :

La température a un rôle important dans le développement de la végétation. A M'sila la température moyenne annuelle est de 19.27 °C, ce qui correspond à une région froide (T°<20°C). La saison chaude s'étale sur 4 mois.

Plus importantes sont les températures extrêmes particulièrement les températures estivales dont les valeurs élevées.

Les deux facteurs essentiels à considérer pour la croissance et le développement végétal se rapportent :

- A l'intensité et la durée du froid hivernal (période de dormance hivernale).
- A la sécheresse des saisons estivales.

Au mois de Janvier et Février la température moyenne oscille entre 8.48 °C et 9.89 °C, par contre en été elle est élevée (> 32 °C).

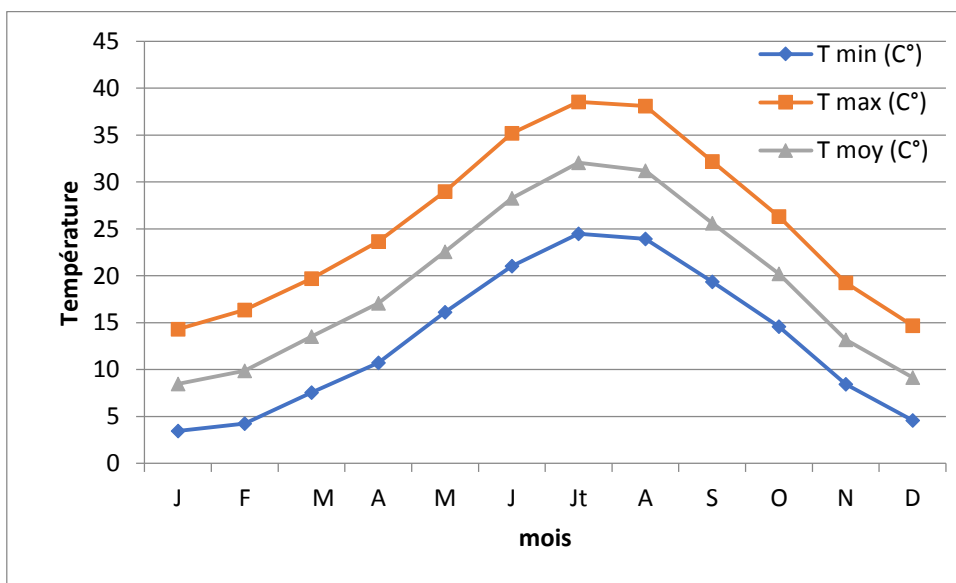


Figure 23 : Variation mensuelle des températures minimales,maximales ,et moyennes

IV.3.2.2. Températures moyennes extrêmes :

Pour mieux appréhender les variations thermiques dans notre région, il est utile de se pencher sur les valeurs extrêmes mensuelles car ce sont leurs effets qui agissent directement sur la vie végétale.

Emerger a montré l'importance de la moyenne des minimas du mois le plus froid. Cette valeur représente les conditions thermiques limites survenant régulièrement durant le froid hivernal.

La plus basse température des minimas est observée en Janvier (3.47 °C). Quant à la température des maximas, la plus élevée est de 38.56 °C observée au mois de Juillet.

A ces températures, il faut connaître en plus l'amplitude thermique journalière car de nombreuses espèces végétales y sont sensibles.

IV.3.3. Vent :

Le vent est le composant climatique le plus marquant dans la région semi-aride, c'est un facteur important à considérer dans l'agriculture, il joue un rôle essentiel dans le phénomène de pollinisation, comme il peut provoquer le flétrissement de certaines espèces végétales sensibles à la sécheresse. M'sila par sa topographie, elle est exposée aux vents de Nord- Ouest en direction Sud-est.

Tableau 12 : Moyenne mensuelle de vitesse de vent (m/s)

Mois	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D	Moy.
Vent (m/s)	32	35	34	37	31	40	41	39	44	38	28	37	36.33

Source : ONM (1990-2019)

La lecture de tableau ci-dessus, montre que durant toute l'année la vitesse des vents est supérieure ou égale à 36.33 m/s (Station M'sila), et par conséquent notre région est exposée à ces vents et l'ensablement engendrés par la force des vents.

IV.3.4. Humidité relative :

C'est le rapport en pourcentage entre la tension de vapeur d'eau effectivement mesurée dans un air à une température T°C et la quantité saturante à la même température.

Tableau 13 : Moyenne mensuelle d'humidité relative de l'air

Mois	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D	Moy
H (%)	69.87	65.03	59.67	53.55	45.52	37.66	32.72	34.83	49.43	56.79	69.14	74.03	54.02

Source : ONM M'sila (1990-2019)

Les données du tableau, montrent que l'humidité relative est faible et varie beaucoup par les effets des températures élevées et les amplitudes thermiques importantes. Elles varient généralement de 32.72% au mois de juillet jusqu'à 74.03 % au mois de décembre pour la période 1990 à 2019.

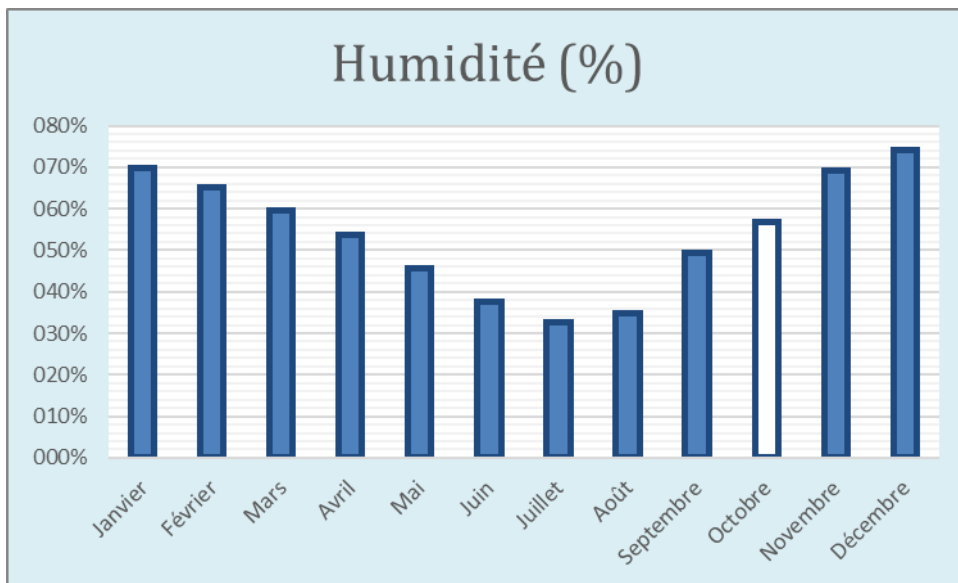


Figure 24 : Répartition du taux d'humidité par mois

IV.3.5. ETP (Évapotranspiration) :

C'est l'émission de la vapeur d'eau par une surface liquide ou par milieu humide (sol, végétale) à une température inférieure au point d'ébullition. Sa détermination approximative s'effectue avec l'évaporomètre placé sous abris (Ollier et Poirée, 1987).

L'évapotranspiration est très importante quand elle se trouve renforcée par les vents chauds comme le sirocco (Toutain, 1977).

En absence de mesure directe de l'ETP, seul le calcul permet une estimation très proche de la réalité. La formule de Penman – Montheith intègre le plus de facteurs climatiques influant directement l'ETP.

Tableau 14 : Calcul de l'évapotranspiration

Mois	sept.	oct.	nov.	déc.	janv.	févr.	mars	avr.	Mai	juin	juill.	août	Cumul
ETP	156,93	104,79	49,9	30,97	37,43	57,4	104,9	146,41	195,9	236,55	256,9	224	1602,08

Source : ONM M'SILA (1990-2019)

L'évapotranspiration dans la région est très importante, son apogée atteint une moyenne de 256.9 mm au mois de juillet. Cependant, son minimal fut observé une moyenne de 30.97 mm au mois de décembre

IV.3.6. Insolation :

C'est la durée pendant laquelle le soleil brille sur le sol, elle conditionne l'activité photosynthétique (Eliard, 1979).

Tableau 15 : Nombre moyen d'heures d'insolation

Mois	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D	Moy.
Insolation (h/j)	6.12	7.59	7.98	9.54	10.03	10.84	10.83	9.96	9.09	7.87	6.54	6.1	8.54

Source : ONM M'sila (1990-2019)

La durée d'insolation varie régulièrement durant l'année, elle augmente en été et atteint son maximum en juin avec une moyenne journalière de 10.84 h/j, ensuite elle descend progressivement en hiver où elle atteint la valeur minimale de 6.12 h/j en janvier. La moyenne mensuelle est de l'ordre de 8.54 h/j.

IV.3.7. Bilan hydrique :

Tableau 16 : Pluie efficace et déficit pluviométrique (unité : mm/mois)

Mois	S	O	N	D	Ja	F	M	A	M	J	JT	A	Cumul
Pr	22,13	23,64	22,62	17,67	19,59	43,96	15,81	20,13	23,41	8,9	3,9	6,71	81,69
P _{eff}	17,704	18,912	18,096	14,136	15,672	35,168	12,648	16,104	18,728	7,12	3,12	5,368	65,35
ETP	156,93	104,79	49,9	30,97	37,43	57,4	104,9	146,41	195,9	236,55	256,9	224	1602,08
Dp	-134,8	-81,15	-27,28	-13,3	-17,84	-13,44	-89,09	-126,28	-172,49	-227,65	-253	-217,29	-1520,39

La pluie efficace est définie comme étant la pluie réellement utile disponible pour la végétation.

- ✓ $P_{eff} = \alpha \cdot Pr$
- ✓ α : Coefficient de valorisation égale à 0,8 en raison du relief plat du périmètre d'étude.
- ✓ Pr : Précipitation réelle (moyenne).

Le déficit pluviométrique représente la différence entre l'évapotranspiration et la pluie utile qui nous donne la quantité d'eau à apporter sous forme des apports d'eau (d'irrigation) et la période des irrigations.

Il ressort des calculs obtenus dans le tableau ci-dessus, un déficit annuel estimé à 1520.39 mm. Il correspond aux besoins en eau des cultures et il est enregistré durant tous les mois de l'année et il atteint son maximum au mois de Juillet avec 253 mm.

IV.3.8. Synthèse climatique :

IV.3.8.1. Diagramme Ombro-thermique de GAUSSEN :

Ce diagramme est une méthode graphique où sont portés en abscisse les mois et en ordonnées à droite les précipitations et à gauche les températures à une échelle double de celle des précipitations ($P = 2T$).



Figure 25 : Diagramme Ombro-thermique

Pour la station de M’sila, le diagramme ainsi élaboré montre que la période sèche s’étale sur 5mois (Mai - Octobre).

La saison humide occupe le reste de l’année, ce qui se traduit par une demande en eau durant ce cycle.

IV .3.8.2.Diagramme pluviométrique d’Emberger :

Pour déterminer l’étage bioclimatique de la zone d’étude, on applique la formule d’Emberger (1932) modifié par Stewart en 1969 (Halimi, 1980).

$$I_s = 3,43. P / M-m$$

- ❖ Is: Indice de Stewart.
- ❖ P: Précipitation annuelle en (mm).
- ❖ M : Moyennes des températures maximales du mois le plus chaud en degré Kelvin (°K).
- ❖ m : Moyennes des températures minimales du mois le plus froid en degré Kelvin(°K).

Valeurs d’Is	Type de climat
Is> 100	Humide
100 >Is > 50	Tempéré
50>Is >25	Semi-aride
25 >Is> 10	Aride
10 >Is	Désertique

D'après les données de la station de M'sila

- ❖ P = 228.47 (mm),
- ❖ M = 38.56°C
- ❖ m = 3.47°C

Nous avons obtenu une valeur d'Is égale à 15.82 indiquant que notre région d'étude à un climat aride.

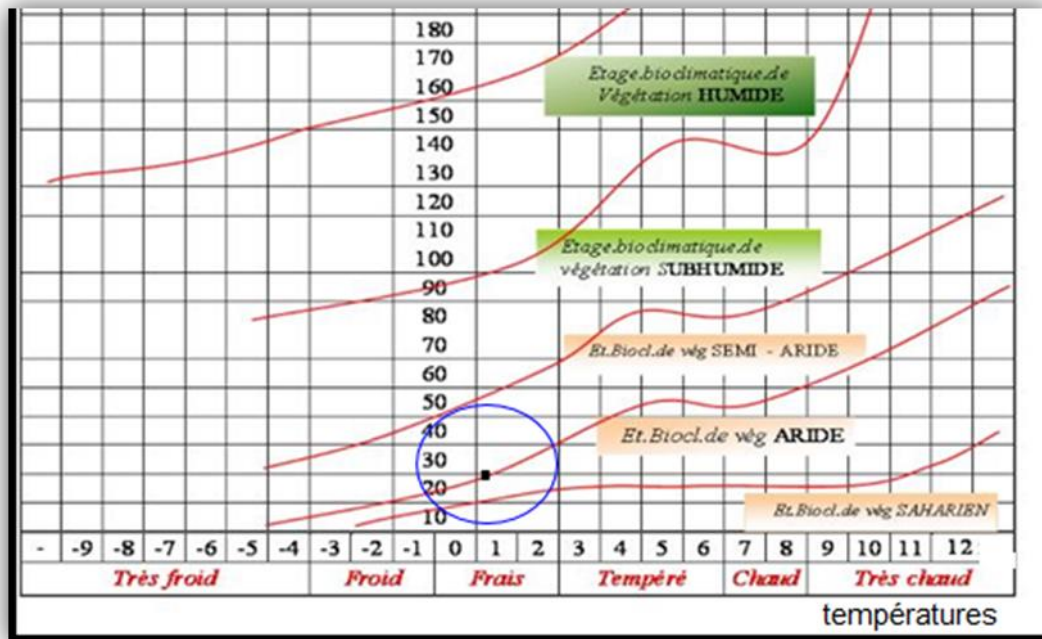


Figure 26 : Localisation de la région d'étude dans le climagramme d'EMBERGER

Cependant, il ressort de l'emplacement de cet indice sur le climagramme d'Emberger, que la région étudiée est située dans l'étage bioclimatique aride à hiver Frais. Donc, C'est un climat qui présente des conditions favorables pour l'agriculture.

CHAPITRE V :

ETUDE DU MILIEU

PHYSIQUE DE LA ZONE

D'ETUDE

V. Matériel et Méthodes

V.1. Objectif

L'objectif de notre travail est de concevoir, installer et d'évaluer un système d'irrigation au goutte-à-goutte pour irriguer différentes cultures plantées ou semées au niveau de la station expérimentale. L'absence d'un plan de la station, le manque de quelques éléments du matériel d'irrigation acquis et l'insuffisance de l'eau stockée pour l'irrigation de l'ensemble des cultures plantées dans la station. Nous a poussés à se limiter à l'irrigation d'une surface restreinte, dans la quelle des linges de maïs, de tournesol et d'autre cultures, mais que le maïs et tournesol qui sont pries en considération dans l'étude

V.2. Etude des caractéristiques du sol au niveau de laboratoire:

Comprennent les granulométriques et l'humidité, capacité de rétention.

V.2.1. Matériels de mesure et produits consommable

Balance de précision (0, 0001g), pH-mètre, étuve, une minuterie, papier d'aluminium, coton, papier hygiénique, une règle graduée ou papier millimétré. Une tarière, des sacs plastiques des récipients, éprouvette graduée et, un décamètre.

V.2.2. Analyse granulométrique :

L'analyse granulométrique a été effectuée selon la méthode internationale à la pipette de ROBINSON, sur des échantillons des sols séchés à l'air et tamisés à 2 mm.

Après élimination des ciments (HCL N) et organiques (H₂O₂ 30%) et dispersion des particules (Hexametaphosphate de Na) en procède comme suit :

- Détermination des fractions argile et limon par sédimentation à la pipette de Robinson Détermination des sables ; fin et grossir par tamisage.
- La détermination de la texture est réalisée à l'aide du diagramme de texture.



Figure 277 : Analyse granulométrique par la méthode internationale (originale).

II.2.3. mesure de la capacité de rétention du sol :

Les analyses du sol se font en trois étapes : d'abord on prélève un échantillon représentatif dans la parcelle expérimentée, puis on le met dans un pot, et on remplit le vide restant avec de l'eau jusqu'au bord, on couvre l'ensemble avec un film plastique. Après 12 heures de temps on obtient la phase en saturation de notre sol, et à l'aide d'une balance de précision, on mesure le poids de l'échantillon (p_1), puis on mesure le poids (p_2) de l'échantillon asséché par étuvage pendant 24 heures dans une température de 105 °C, pour déduire la capacité de rétention massique de notre sol. L'utilisation de ces résultats nous permettra d'établir le volume d'eau optimale d'irrigation ou bien la durée d'irrigation.

V.2.4. L'humidité :

Peser (à la balance de précision, à 1 mg près) une boîte à tare ou une capsule préalablement séchée à l'étuve à 105 °C et refroidie à la température ambiante dans un dessiccateur. Transvaser la totalité de l'échantillon de sol tamisé à 2 mm (conservé dans une boîte), dans un plateau. Mélanger avec une spatule de façon à homogénéiser le sol et prélever avec la spatule, par petites fractions, en différents endroits du plateau (on peut suivre les diagonales et les médianes rectangle formé par les bords du plateau). Prélever environ 5 g de sol. Peser la boîte à tare (ou la capsule) contenant l'échantillon puis la mettre à l'étuve à 105 °C, pendant 24 heures. Peser la boîte à tare (ou la capsule) contenant l'échantillon séché, après l'avoir laissée refroidir à la température ambiante dans un dessiccateur.

V.3. Au niveau de la parcelle :**V.3.1 Caractéristique de la parcelle choisie**

La configuration de la parcelle choisie pour réaliser l'expérimentation se situe dans (Figure 28) d'une superficie de 8,67 m², ayant les caractéristiques suivantes :

Longueur : 5,10 m

Largeur : 1,70 m

Type du sol : la couche superficielle de 20 cm à 35 cm de la parcelle expérimentale, est un sol apporté d'ailleurs, comme un sol agricole, pour améliorer les caractéristiques du sol existant auparavant qui est constitué de remblais, des gravas et le reste des chantiers de construction.

Travail de sol réalisé : Le travail de sol est effectué au mois de mars de l'année 2021, avec le motoculture disponible dans la station. Étant donné que le sol n'a jamais été travaillé auparavant, et l'existence des cailloux, nous rend difficile d'atteindre la profondeur voulue, qui a engendré une profondeur qui ne dépasse pas les 15 cm.

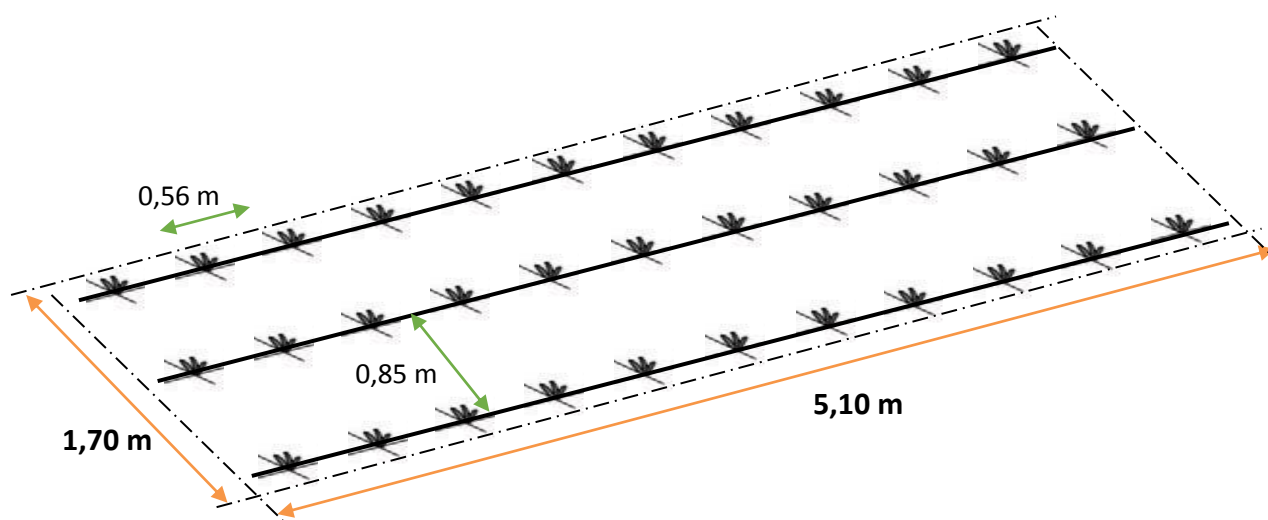


Figure 288 : Schéma de principe de parcelle du maïs et tournesol irriguée

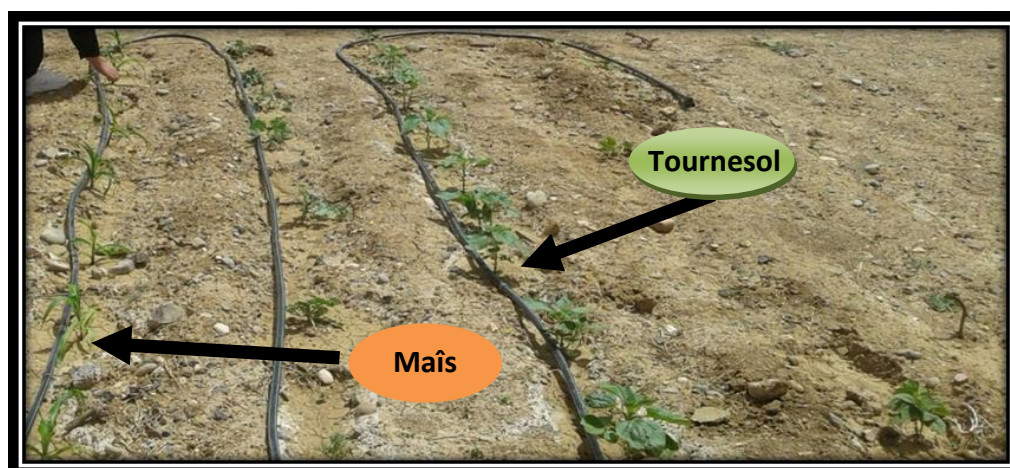


Figure 299 : photo de la parcelle expérimentale de l'irrigation des cultures du maïs et tournesol



Figure 300 : Image aérienne de la position de la parcelle expérimentale (google maps)

V.3.2. Matériel végétal

Le matériel végétal ayant fait l'objet des observations au cours de son cycle végétatif concerne la variété de Maïs (*Zeamays*), et celle de Tournesol (*Helianthus L*).

Sur le terrain d'autres espèces végétales qui sont arrosées par le même réseau d'irrigation, mais ils ne sont pas pris en considération dans notre étude

II.3.2.1. Caractéristiques des plantes :

Ecartement entre ligne : $E = 0,85$ m

Ecartement entre plant : $e = 0,56$ m

Tableau 17 : Caractéristique la parcelle dans la quelle on a expérimentée le goutte à goutte

Cultures irriguées	localisation	Superficie de la parcelle	Sources hydrauliques	Matériels hydriques
Mais (<i>Zeamays</i>)	Station exploitation de l'Universitaire de M'Sila	8,67* 10 ⁻⁴ ha	Réservoir d'eau alimenté par le réseau d'eau potable de la ville de M'Sila	système goutte à goutte
Tournesol (<i>Helianthus L</i>)				



Figure 311 : la parcelle d'essai du système d'irrigation (sur le maïs et tournesol)

V.3.2.2. Détermination des besoins en eau des cultures :

Les Besoins en eau des cultures sont déterminés par, L'utilisation du logiciel CROPWAT, pour calculer l'évapotranspiration potentielle mensuelle, en se basons sur les données agro-climatiques fournie par la station météorologique de M'sila (Annexe 1).

V.3.2.2.1. Besoins en eau des cultures

Besoins en eau des cultures correspondent à la quantité d'eau maximale dont la culture a besoin pour une croissance optimale et définie par le produit de l'ETP et du Kc. Ces besoin est appelé évapotranspiration maximale ETM.

$$ETM = ET_0 * K_c$$

V.3.2.2.2 Calcul de l'évapotranspiration potentielle :

L'utilisation du logiciel CROPWAT. On s'est basés sur les données agro-climatiques de station.

Tableau 18 : données d'ET₀ et de la pluie efficace calculées par le logiciel CROPWAT

Mois	janv.	févr.	mars	avr.	mai	Juin.	juill.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	Moy
ET ₀ mm/jour	0.86	1.51	2.48	3.57	4.41	4.73	4.8	4.36	3.62	2.52	1.45	0.91	2.93
Pluie _{eff} mm	28.6	213.8	22.7	36.6	51.8	33	16.5	28.6	33	34.8	25.8	17.5	542.7

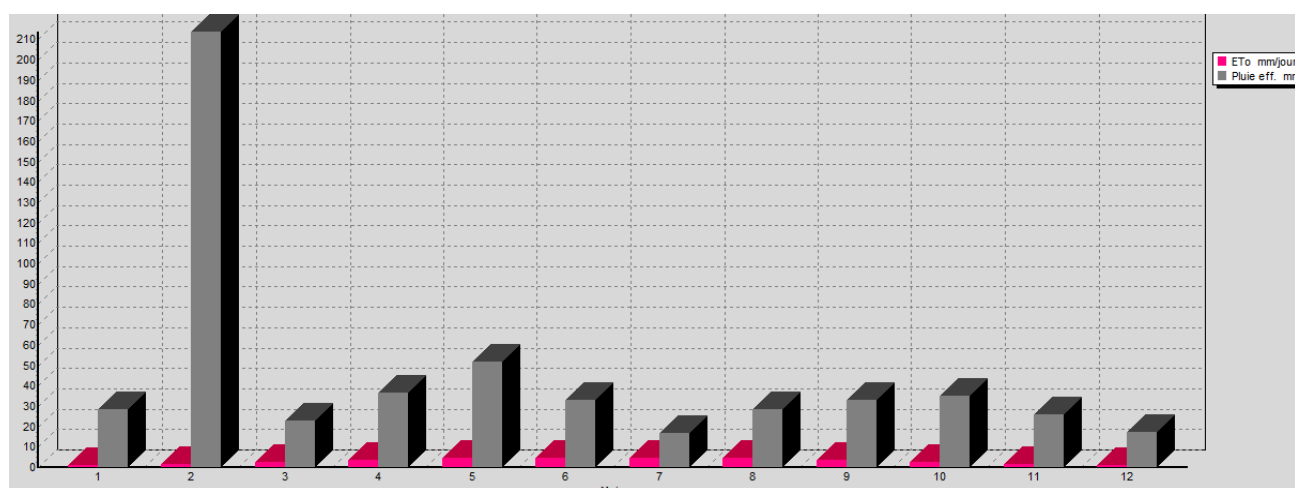


Figure 32: graphique montrant la variation de l'évapotranspiration potentielle et précipitation(cropawat)

La courbe graphique représente une variation du taux d'évapotranspiration relatif et de la précipitation pour la zone étudiée. Plus le taux de précipitation est élevé, plus l'évapotranspiration est faible.

V.3.2.2.3. Caractéristiques pédologiques

En considérant les données pédologiques du secteur, les caractéristiques générales de ce sol données par le modèle CROPWAT sont :

Eau disponible total (CC-PF) 290 mm/m

Taux d'infiltration maximum de l'eau de pluie 40 mm/jour

Profondeur maximum d'enracinement 900 cm

Puisement de teneur en eau initial (en %TAM) 0 %

Eau disponible initiale 290 mm/m

V.3.3. Installation du système réseau d'irrigation au goutte-à-goutte :

V.3.3.1. Matériels nécessaires à la conception et réalisation du réseau d'irrigation au goutte-à-goutte :

Système d'irrigation goutte à goutte se compose de plusieurs éléments. Ceux-ci doivent être compatibles entre eux et adaptés aux exigences des cultures ainsi qu'aux caractéristiques de la parcelle irriguée.

Les éléments disponibles pour une éventuelle réalisation d'un réseau d'irrigation à basse pression, sont définis en quatre catégories principales :

1. Une source d'approvisionnement en eau (réservoir d'eau): constituer d'une citerne galvanisée de 2 m³ (Figure 27 A)
2. Un réseau de distribution d'eau: les canalisations de notre réseau (conduite principale, secondaires et rampes d'irrigation) sont de la même matière PET de 20 mm de diamètre. (Figure 27 B)
3. Des accessoires de contrôle: vanne d'arrêt, tés. (Figure 27 C et D)
4. Les goutteurs de 4 l/h. (Figure 27 E)

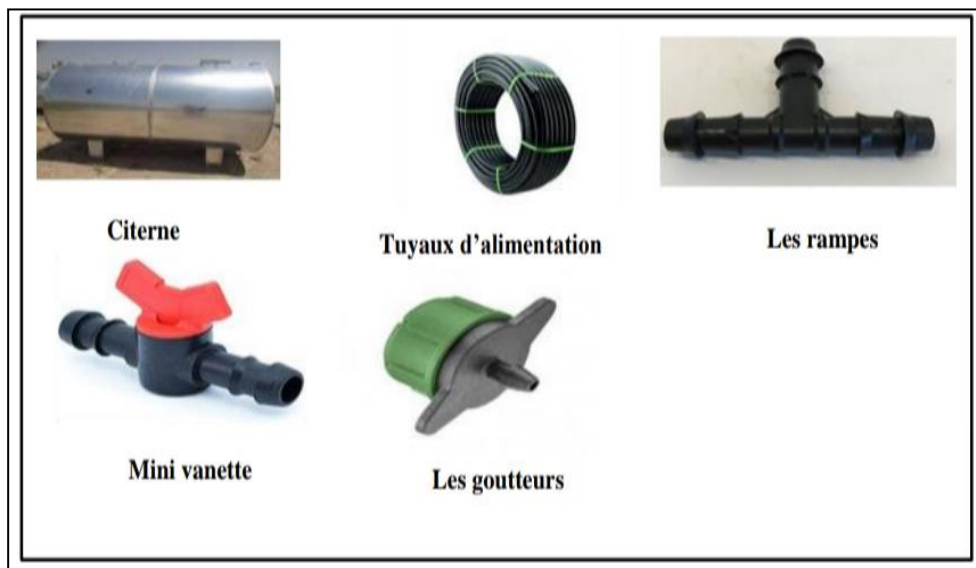
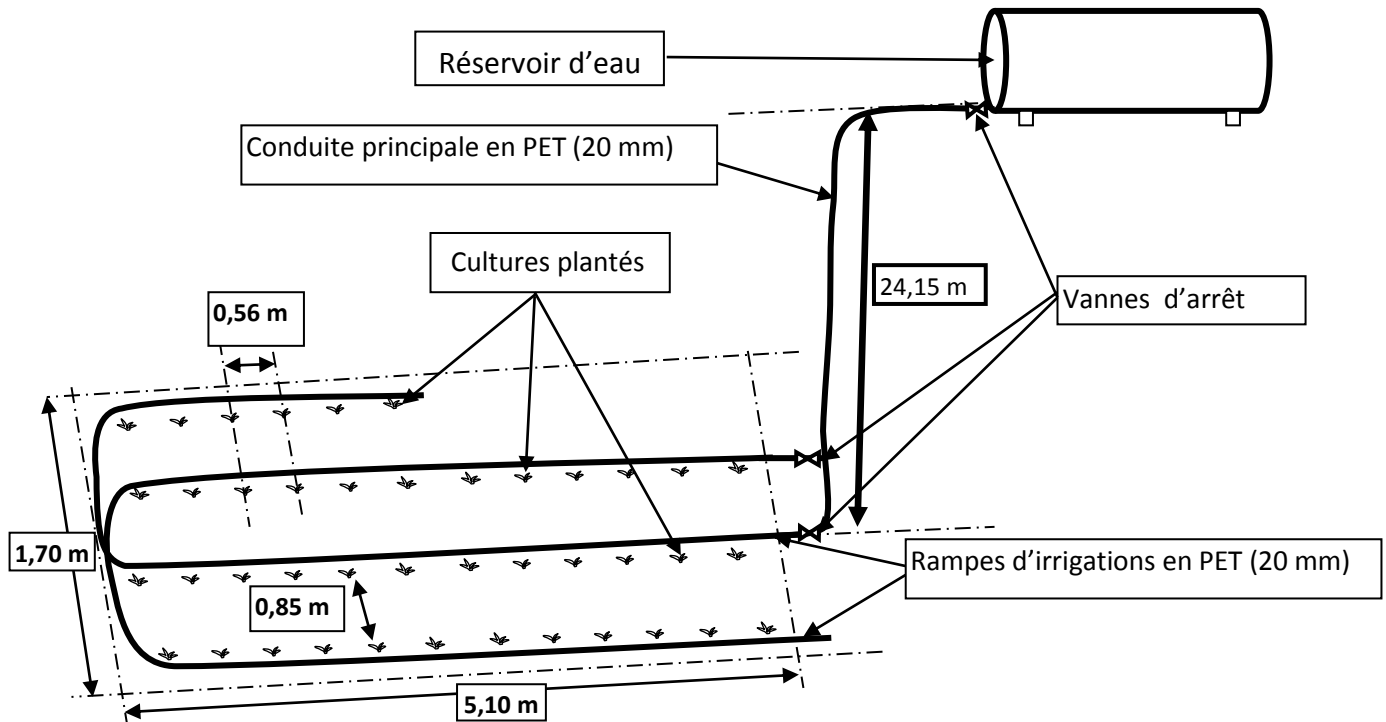


Figure 33: les éléments nécessaires du système goutte à goutte

V.3.3.2. l'installation de réseau d'irrigation goutte à goutte :

L'installation du réseau d'irrigation goutte à goutte a été prévue pour une surface suffisamment importante et mettre le réseau sous pression est assuré par une pompe, l'absence de la pompe nous a obligée ainsi de réduire surface arrosée et le réseau de



tuyauteries, pour qu'il fonctionne à basse pression, c'est-à-dire la pression (l'arrosage) est obtenue sous l'effet de différence de niveau entre le réseau d'irrigation et le réservoir d'eau. Le schéma de principe est dessiné dans la figure suivante

Figure 34 : Schéma de principe de la parcelle expérimentale

V.3.3.2.1. caractéristique de réservoir d'eau :

Un réservoir d'eau de 2000 l constitue la source d'eau pour le réseau d'irrigation. Il est alimenté en eau par le réseau de distribution de l'eau potable de la ville de M'silla. La distance qui la sépare de la parcelle était d'environ 24,15 m. Le dénivelé entre le niveau d'eau du réservoir rempli au max et circuit de tuyauterie d'irrigation est de 1,80

V.3.3.2.2. caractéristique du réseau de conduites d'eau :

- Le tuyau utilisé dans cette expérience, est en PE (polyéthylène), souple, et de diamètres de 20 mm

- La longueur des conduites principales est de 30 m, est celle des rampes est de 11 m fixées en serpentins entre deux lignes, l'écart entre les lignes successives est de $E = 0,85$ m;
- Les goutteurs sont de type rapporteur ou non, intégrés à débit variable de 0 à 4 l/h, sont insérés dans des trous perforés au préalable par un outil spécial. La distance entre deux goutteurs successifs est de $e = 0,56$ m ;

V.3.3.3. Vérification de l'uniformité d'irrigation de goutteur :

Dès l'installation du réseau d'irrigation goutte à goutte, on vérifie l'uniformité des débits des goutteurs, avec un bécher gradué, pour assurer un temps d'irrigation par période d'arrosage de même durée pour l'ensemble du réseau.

On a vérifié et contrôlé l'existence des fuites d'eau sur tout le réseau de tuyauterie.

CHAPITRE VI

RESULTATS ET DISCUSSION

Introduction

Ce partie est consacré à la présentation de nos résultats obtenus suit à ce travail les résultats seront présentés comme :

Premièrement présenter les résultats des analyses des sols (des analyses granulométrique, capacité de rétention, l'humidité).

Deuxièmement calcul des besoins en eau des cultures.

VI. Résultats d'analyse de sol :

VI.1. Analyse granulométrique :

1- Analyse d'argile : 24,76%

2- Analyse (Sable (f) + Sable (g))

$$6,47 + 8,67 = 15,14\%$$

3- Analyse (Limon (f) + Limon (g))

$$50,81 + 9,29 = 60,1\%$$

Après la mise les valeurs de triangle des textures il a été que le type de sol :

Limon Argileux

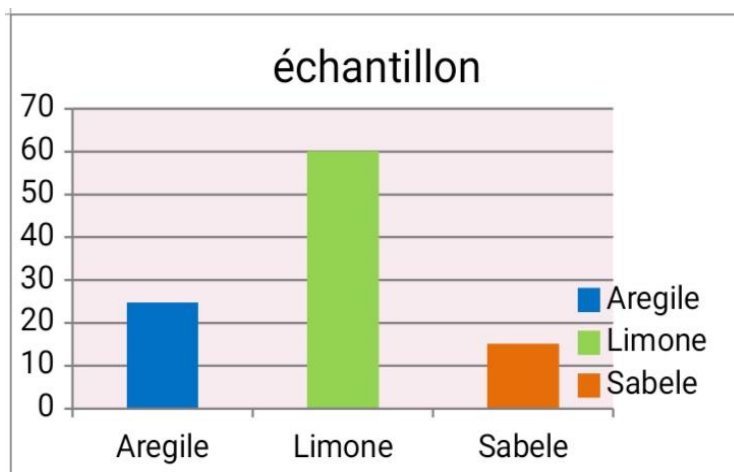


Figure n° 325 : Résultats d'analyse de sol

1.2. Capacité de rétention :

- P_1 (poids du vide bicher) = 26.006 g

- P₂ (Poids du sol et bicher) = 46.006 g
- Poids du sol : 20 g

CR= $P_H - P_{Sec} * 100 / P_{Sec}$ avec PH : Poids du sol humide.

P_{Sec} : Poids du sol après séchage à l'étuve.

$$CR = 20 - 14,001 * 100 / 14,001$$

CR = 42,84 %

1.3. L'humidité du sol :

Soit en :

C_v : Poids de la boite à tare vide.

C_{ah} : Poids de la boite à tare plus le sol sèche à l'air.

C_{SS} : Poids de la boite à tare plus le sol à l'étuve a 105C°.

$$H\% = (C_{ah} - C_{SS}) * 100 / (C_{SS} - C_v)$$

$$H\% = (35,768 - 34,663) * 100 / (34,663 - 26,006)$$

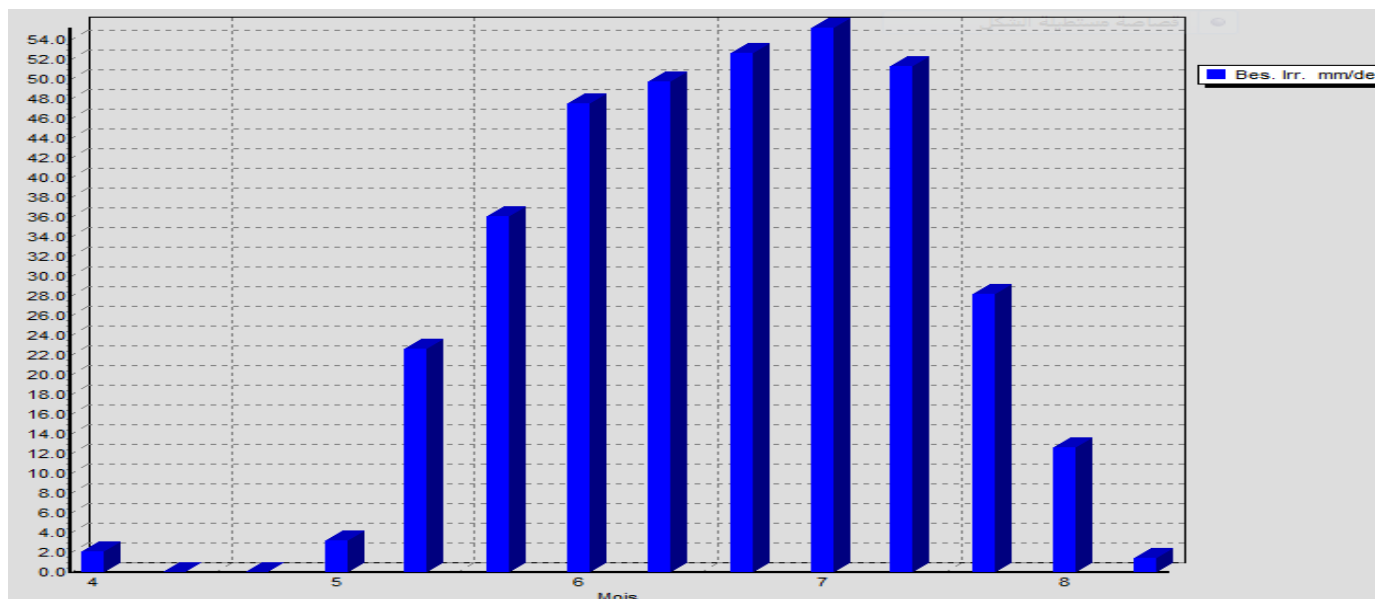
H% = 12,76

Tableau 19 : besoins en eau de Maïs

Mois	Décade	phase	Kc coeff	ET0 mm/jour	ETM mm/dec	Pluie eff mm/dec	Besoin d'irrigation mm/dec
Avr	2	Init	0.3	1.07	2.1	2.4	2.1
Avr	3	Init	0.3	1.15	11.5	13.8	0
Mai	1	Crois	0.31	1.27	12.7	16.6	0
Mai	2	Crois	0.5	2.21	22.1	18.9	3.2
Mai	3	Crois	0.78	3.53	38.9	16.2	22.6
Jui	1	Crois	1.07	4.92	49.2	13.1	36.1
Jui	2	Mi-sais	1.24	5.85	58.5	11	47.5
Jui	3	Mi-sais	1.24	5.89	58.9	9.1	49.7
Jui	1	Mi-sais	1.24	5.92	59.2	6.5	52.7
Jui	2	Mi-sais	1.24	5.94	59.4	4.2	55.2
Jui	3	Arr-sais	1.12	5.21	57.3	6	51.3

Août	1	Arr-sais	0.81	3.66	36.6	8.4	28.2
Août	2	Arr-sais	0.51	2.24	22.4	9.8	12.6
Août	3	Arr-sais	0.35	1.44	1.4	0.9	1.4
Moyenne	/	/	/	/	490.2	137	362.8

Tableau 20: besoins en eau de tournesol



Mois	Décade	phase	Kc coeff	ET0 mm/jour	ETM mm/dec	Pluie eff mm/dec	Besoin d'irrigation mm/dec
Avr	2	Init	0.35	1.25	2.5	2.4	2.5
Avr	3	Init	0.35	1.35	13.5	13.8	0
Mai	1	Crois	0.35	1.44	14.4	16.6	0
Mai	2	Crois	0.42	1.83	18.3	18.9	0
Mai	3	Crois	0.66	2.98	32.8	16.2	16.5
Jui	1	Crois	0.91	4.21	42.1	13.1	29.1
Jui	2	Mi-sais	1.14	5.38	53.8	11	42.8
Jui	3	Mi-sais	1.19	5.64	56.4	9.1	47.2
Jui	1	Mi-sais	1.19	5.67	56.7	6.5	50.2
Jui	2	Mi-sais	1.19	5.69	56.9	4.2	52.7
Jui	3	Arr-sais	1.19	5.53	60.8	6	54.8
Août	1	Arr-sais	1.04	4.68	46.8	8.4	28.4
Août	2	Arr-sais	0.70	3.07	30.7	9.8	20.9
Août	3	Arr-sais	0.43	1.79	10.7	5.6	5.6

Moyenne	496.4	141.7	360.7
---------	-------	-------	-------

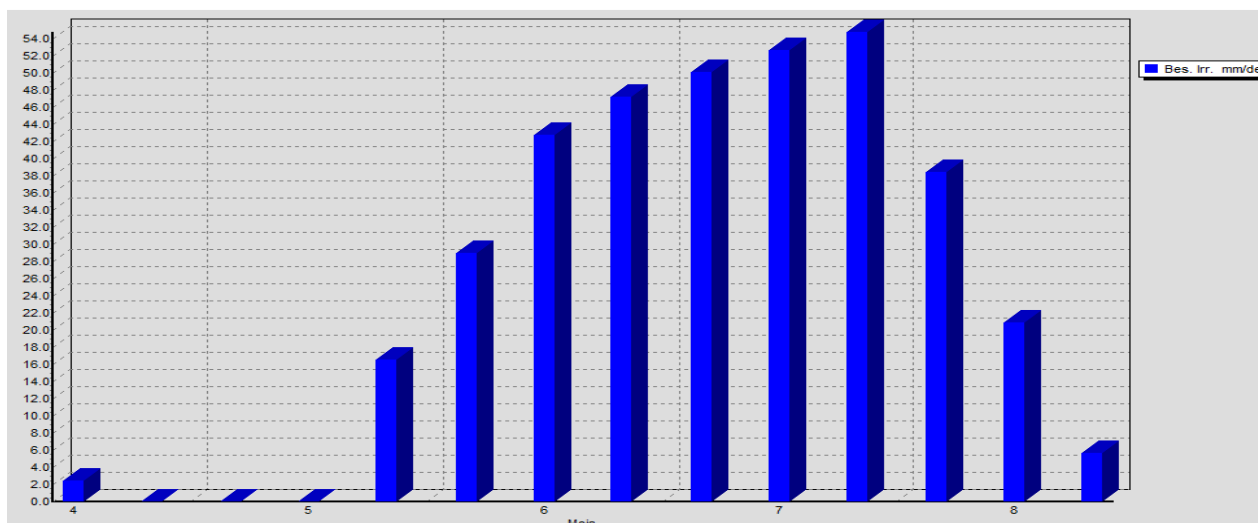


Figure 37 graphique montrant la variation de besoins en eau de tournesol

Tableau 21 : Tableau représente les besoins en eau et la surface

	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Jui	Aoû	Sep	Oct	Nov	Déc
Déficit Précipitations												
1. MAIZE (Grain)	0.0	0.0	0.0	2.1	25.8	133.4	153.2	42.2	0.0	0.0	0.0	0.0
2. Sunflower	0.0	0.0	0.0	2.5	16.5	119.1	157.7	64.9	0.0	0.0	0.0	0.0
Bes. Irr. Net. du périmètre												
en mm/jour	0.0	0.0	0.0	0.1	0.7	4.2	5.1	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0
en mm/mois	0.0	0.0	0.0	2.3	21.2	126.3	158.4	53.6	0.0	0.0	0.0	0.0
en l/s/ha	0.00	0.00	0.00	0.01	0.08	0.49	0.59	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00
Surface irriguée	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0
(% de la surface totale)												
Bes. en Irr. pour surf. réel.	0.00	0.00	0.00	0.01	0.08	0.49	0.59	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00
(l/s/ha)												

CONCLUSION :

L'utilisation de triangle textural (annexe 2), avec les données granulométriques de notre sol ont données

- la texture du sol est argilo-limoneux
- la réserve utilisable max (*RUmax*) en eau est de 2,00 mm/cm de terre fine
- donc la réserve facilement utilisable *RFU* =1/2 à 2/3 de *RUmax*

Conclusion générale

Conclusion Général

Conclusion :

Notre présent étude a eu pour objet de concevoir et d'évaluer expérimentale un système d'irrigation localisé pour une pression de service basse, afin d'arroser les cultures de tournesol et de maïs, sur une petite parcelle. La distribution de eau est obtenue accompli sous l'effet gravitaire, c'est-à-dire sous l'effet de différence de niveau du réservoir d'eau par rapport au réseau de goutteurs qui est de 1,8 m, les rampes sont menu de goutteur variable pour assurer une uniformité de l'eau approvisionnée, et les besoins en eau pour chaque espèce.

L'évaluation expérimentale du réseau d'irrigation localisé, installer sur une parcelle réduite nous a permit, de confirmer son efficacité de point de vue consommation en eau et énergétique. On a démontré aussi qu'il existe une relation entre la hauteur de l'élévation du réservoir d'eau et l'étendue de surface irriguée d'une part, et par rapport a l'ouverture du goutteur d'autre part.

Les cultures choisi pour l'irrigation « maïs et tournesol » son connue pour leur consommation élever en eau « respectivement 632.8mm pour le maïs et 360,7mm pour tournesol » en un développement correcte.

Les carences des produit au niveau de laboratoire pour effectue les analyses nécessaires nous a empêché de vérifier la qualité de l'eau d'irrigation de point de vue de colmatage des goutteurs.

L'importance de L'irrigation localisée provient dans son économie de l'eau, puisque il humidifier uniquement la partie du sol occupé par racines, et de possibilité des réaliser une fertigation avec ce système, « fertilisation » on injectant par proportion les engrais liquides dans l'eau d'irrigation. Dans ce cas le dosage d'engrais rationalisé puisque est focalisé au niveau des racines.

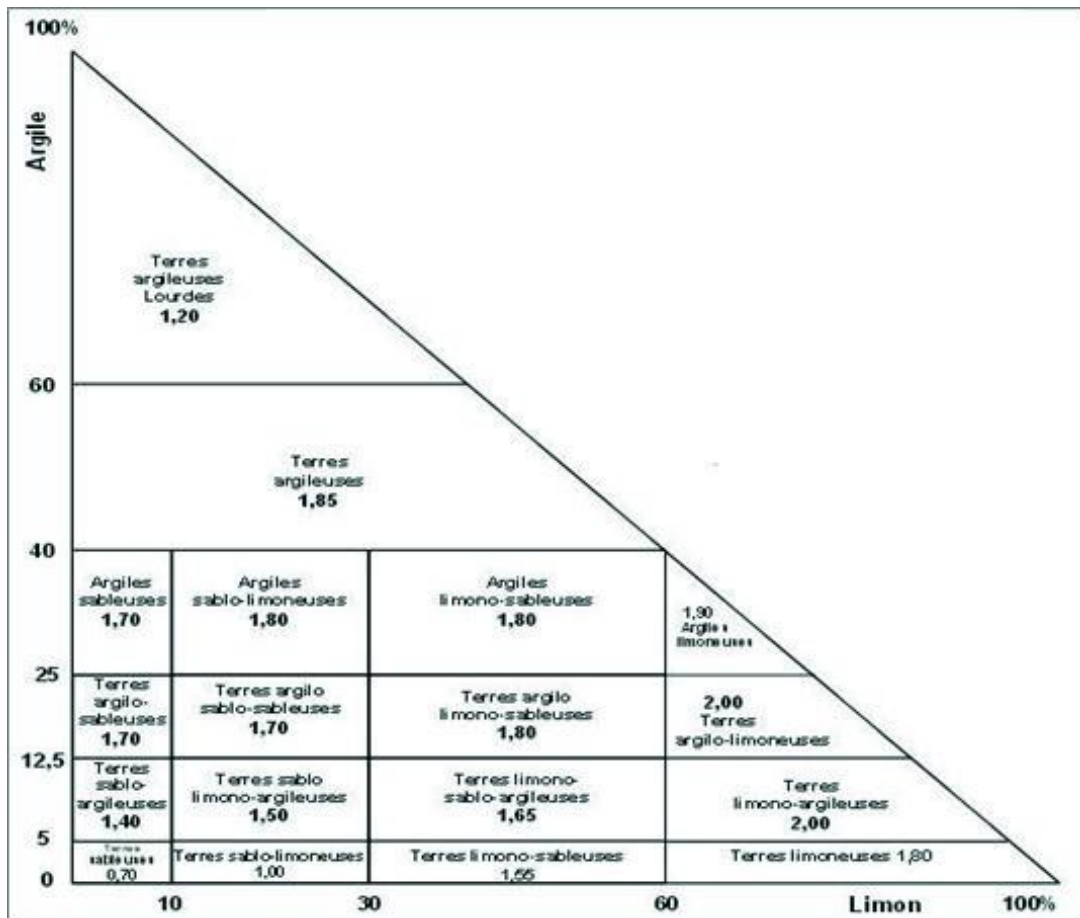
ANNEXE

ANNEX 1

Tableau : calcule d'évapotranspiration potentielle de 10 ans

mois	T _{min} °C	T _{max} °C	Humidité %	Vent M/s	Insolation heures	Ray Mj/ mm/jour	ET0 mm/jour	Pluie mm	Pluie _{eff} mm
janvier	-7.1	22.6	69.87	3.68	6.12	10.2	0.86	30	28.6
février	-3.8	28.7	65.03	4.12	7.59	14	1.51	888	213.8
mars	-3.2	33.8	59.67	4.48	7.98	17.4	2.48	23.6	22.7
avril	1.4	36.8	53.55	4.67	9.54	22.2	3.57	39	36.6
Mai	3	43.6	45.52	4.4	10.03	24.5	4.41	57	51.8
Juin	7.7	44.2	37.66	4.57	10.84	26.1	4.73	35	33
Juillet	14.2	46.2	32.72	4.22	10.83	25.8	4.8	17	16.5
Août	14	45.2	34.83	3.78	9.96	23.3	4.36	30	28.6
septembre	11.1	41.3	49.43	3.68	9.09	19.7	3.62	35	33
Octobre	4.1	39.3	56.79	3.63	7.87	15.1	2.52	37	34.8
novembre	-2.5	30.8	69.14	3.58	6.54	11.1	1.45	27	25.8
décembre	-3	23.3	74.03	3.63	6.1	9.5	0.91	180	17.5
moyenne	3	36.3	54	4	8.5	18.2	2.93	1236.6	542.7

ANNEX 2



REFERENCES

BIBLIOGRAPHIQUES

- 1- A.N.R.H ;2005-L'agence nationale des ressources hydrauliques de wilaya de M'sila : étude d'actualisation du système d'épuration de la ville de M'sila , phase 3,EPE-SPA-NEE. Alger , PP.18-20.
- 2- **Agence Nationale d'Appui au Développement Rural, 2017**, Fiche technicoéconomique du Maïs, Republique de CÔTE D'IVOIRE.
- 3- **agridea, 2007**, Maïs, P11-73.
- 4- **agridea, 2007**,Tournesol, P11-62.
- 5- **agridea, 2013**, Maïs, P1-8.
- 6- ANCTIL F. ,2008- L'eau et ses enjeux . les presses de l'universités Caval , Canada , 228p .
- 7- AYERS R .S et WESTCOL D.W, 1976 – La qualité de l'eau en agriculture . Bull . FAO N° 29 , Rome . 81 P.
- 8- **Boukar I., 2017**,Comportement de quelques varietes importes du mais vis à vis des conditions du milieu de la région d'ADRAR, Mémoire demaster en Agronomie, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie (S.N.V). Département d'Agronomie, Université Abdelhamid Ibn Badis- Mostaganem,P5-6.
- 9- COUTURE I. 2006- Analyse d'eau pour fin d'irrigation MAPAQ Montérégie – Est AGRI –VISION 2003 -2004 .8P .
- 10- **CRAAQ., 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, Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation, P2.
- 11- **Département AGER, 2003**, Le Tournesol, P1-22.
- 12- **El Ouahabi K. et Benjelloun S., 2013**, Performance de l'irrigation localisée et son impact sur le sol dans le périmètre de N'fis, Mémoire de fin d'études, Faculté des sciences et Techniques –Marrakech, Option : Eau et Environnement, P6.
- 13- **Emeraude Panaget, 2017**,L'irrigation du maïs au goutte-à-goutte en France et en Italie, International Irrigation Magazine,service agronomique NETAFIM France.
- 14- FAO , 1990- Qualité de l'eau . Dosage du sodium et potassium . Méthode spectromètre d'émission à flamme . NA 1653 , ISO 9964-3 . Ed .INAPI . Edition et diffusion . Alger ,4P.
- 15- **FAO, 2003**, Amélioration de la production irriguée.
- 16- **FAO., 2015**, Indicateurs sensibles au genre pour l'agriculture et l'eau en Algérie. Rapport interne. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- 17- **FOA, 2002**.Le Maïs en zones tropicales : amélioration et production.
- 18- **Guide de culture, 2019**, L'institut technique de référence des professionnels de la filière des huiles et protéines végétales et de la filière chanvre, P27.
- 19- HABAOU I ;2013- Les pacours steppiques dans la région de M'sila : Quelle gestion pour quel devenir ? , Mémoire magistère , Univ . KasdiMerbah Ouargla , PP.8-35.
- 20- **Hachemi, 2006**,Impact prévisible de l'intégration de l'Algérie à la zone de libre échange Union Européenne et Organisation Mondiale du Commerce sur la filière huile alimentaire,Mémoire En vue de l'obtention de diplôme de magister en sciences agronomiques, Spécialité economie rurale, Option développement rural, Institut National Agronomique - ELHARRACH-, P11.
- 21- **Hiéma S., 2005**, Caracterisation et classification de lignees de Maïs (*Zeamays L.*), Mémoire de diplôme d'ingénieur du développement rural, Option Agronomie, UniversitéPolytechnique de BOBO-DIOULASSO BURKINAFASO, P5.
- 22- <https://www.lgseeds.fr/fr> 5h : 05min.

- 23- **Hussaini M.A., Ogunlela V.B., Ramalan A.A. et Falaki A.M., 2008.**Mineral composition of dry seasonmaize(*ZeamaysL.Poaceae*) in response to varyinglevels of nitrogen, phosphorus and irrigation atKadawa, Nigeria. *World Journal of Agricultural Sciences* 4(6): 775-780.
- 24- **Hydrological Sciences Journal, 2009,** La gestion de l'eau en Algérie, P190-197.
- 25- **IPEDEMD., 2013,** État des lieux du secteur de l'eau en Algérie, le ministère des ressources en eau, P2.
- 26- **ITGC, 2006**
- 27- **ITGC, 2013,** la culture du Tournesol(*Helianthus L.*), P1.
- 28- **Kattab A., 1992,** Traitement des eaux : les eaux potables. Office des publications universitaires, place centre de Ben Aknoun. Alger, 151P.
- 29- **Kettab A., 2000,** Les ressources en eau en Algérie : stratégies, enjeux et vision, Ecole Nationale Polytechnique (ENP) - Alger, Laboratoire de recherche des sciences de l'eau (LRS-EAU) 10, Av. Hacène-Badi, B.P.182 El-harrach 16000 Alger, Algeria, P 25–33.
- 30- **M. Benblidia et G. Thivet, 2010,** Gestion des ressources en eau : les limites d'une politique de l'offre, Les notes d'analyse du CIHEAM,N°58, P1-15.
- 31- **M. E. T. Hoopen& A. Maïga, 2012,** Production et transformation du maïs,Collection pro-Agro, P6-12.
- 32- **M.T. Halilat, 2004,** Irrigation/FertigationStatus in Algeria, Département des Sciences Agronomiques. Université de Ouargla (30000). Algérie.
- 33- **MADR, 2003,** Rapport sur la situation du secteur agricole en 2001, Données de la relance des investissements, 79p.
- 34- **Mezouagh, 2016,** Mise en valeur des huiles de tournesol, **Spécialité : Analyse et Contrôle de la Qualité,** Faculté des sciences et de la technologie et sciences de la matière, Département de génie des proceds,Universite KASDI MARBAH OUARGLA, P2.
- 35- **Ministere de l'agriculture, 2009,** fiche itineraire technique du maïs, 2P.
- 36- **N. K. Laurent, 2017,** Performances agronomiques du maïs [*Zeamays (L.) (Poaceae)*] et du niébé [*Vignaunguiculata (L.) Walp. (Fabaceae)*] dans différents types d'associations culturales, Mémoire de master productions végétales, université ANGUI ABROGOU, Republique de CÔTE D'IVOIRE, P4- 6.
- 37- **NANCY M. , 1997-** La qualité de l'eau d'irrigation : un facteur à ne pas négliger , 33- 34 P.
- 38- **Nouri L., 2011,**Identification de marqueurs physiologiques de la tolérance à la sécheresse chez le tournesol (*Helianthusannuus L.*), Thèse En vue de l'obtention du diplôme de Doctorat es Science en Biologie, Spécialité biologie et physiologie végétales, Université des Frères Mentouri Constantine, P10.
- 39- **Nyabyenda P., 2005,**Les plantes cultivées en régions tropicales d'altitude d'Afrique : Généralités, légumineuses alimentaires, plantes à tubercules et racines, céréales, Volume 1,Presses Agronomiques de Gembloux, P145.
- ONM., 2019**
- 40- **Ouali N. et Taiebi O. H., 2019,** Evaluation de la qualité physico-chimique des eaux d'irrigation de région de MAGRA (wilaya de M'sila),Mémoire présenté pour l'obtention du diplôme de master, Option sciences de sol, Departement des sciences de la nature et de la vie, Universite MOHAMED BOUDIAF - M'SILA, P3.
- 41- **RODIER J. , LEUBER B., MERLET N. et COLL., 2009-** L'analyse de l'eau : eau naturelles , eau résiduaires , eau de mer,DOUND , 9^{ème} , DUNOD . Paris , 1326 P.
- 42- **SalomonJ.N., 1987,** Exploitation et mise en valeur traditionnelle des terres de mangrove en Afrique de l'Ouest, Les cahiers d'Outre-Mer n° 160, P 313- 342.
- 43- **Salomon J.N., 2006,** Les dangers de l'irrigation, Responsabilité et environnement, p20-33.
- 44- **Taibi H. et Kastali F., 2018,** dimensionnement d'un reseau d'irrigation du perimetrehessaine wilaya de mostaganem,Memoire pour l'obtention du diplôme de Master,

- Spécialitéaménagement hydro-agricole, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre, Université Djillali Bounaama - Khemis Miliana, P1.
- 45- TRON, G and *al.* , 2013. La tensiométrie pour piloter les irrigations .Eduagri éditions 1^{er} éditions 2013, 39-47 P.
- 46- **UN WATER, 2015**, Water for a sustainable world, United Nations World Water Assessment Programme, P1-12.
- 47- ZELLA ,L. et MOUHOUCHE ,B ., 2009-Guide pratique de microirrigation . Office des publications , 17-34 P.

Résumé

المخلص

أجريت هذه الدراسة بهدف تصميم وتقييمات تجريبية لنظام ري موضعي منخفض الضغط في المحطة التجريبية بالقطب الجامعي لمسيلة. بحيث قمنا أولاً بجمع المعلومات المتعلقة بنوع التربة (طمي الطين), النبات المدروس عليه مع احتياجاته المائية المحسوبة بـ CROPWAT والمقدرة بـ 632.8 مم بالنسبة لنبات الذرة 360, 7 مم بالنسبة لعباد الشمس كذلك تحديد المصدر المائي والأجهزة اللازمة بعد ذلك قمنا بتهيئة شبكة أنابيب الري الموضعي ومراقبتها وتعديلها على أساس الاحتياج المائي لكل من نبات الذرة وعباد الشمس.

الكلمات المفتاحية: تصميم, ريموضية, منخفض الضغط, جامعة المسيلة.

Résumé

Cette étude a été réalisée conception évaluations et expérimentales d'un système d'irrigation à basse pression au niveau de la station expérimentale de l'Université de M'sila. La source d'eau a été calculée à l'aide du logiciel CROPWAT, estimée à 632,8 mm pour le maïs et 360,7 mm pour les tournesols, ainsi que la détermination de la source d'eau et des équipements nécessaires. Après cela, nous avons installé, surveillé et modifié le réseau de canalisations d'irrigation local en fonction des besoins en eau des mayes et des tournesols.

Les mots clés : conception, irrigation localisée, basse pression, université de M'sila.

Abstrat

This study was conducted design and experimental evaluations of a low pressure localized irrigation system at the experimental station at the University of M'sila. The water source was calculated using the logiciel CROPWAT, estimated at 632.8 mm for Mayes and 360, 7 mm for sunflowers, as well as determining the water source and the necessary equipment. After that, we installed, monitored and modified the local irrigation pipe network based on the water needs of Mayes and sunflowers.

Key words: Design, local irrigation, low pressure, university of M'sila.