

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'HYDRAULIQUE- ARBAOUI Abdellah-  
DEPARTEMENT GENIE DE L'EAU

## **MEMOIRE DE FIN D'ETUDES**

*Pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'Etat en Hydraulique*

**Option : Conception Des Systèmes d'Irrigation et de Drainage**

### **THEME :**

**Etude d'aménagement hydro-agricole du périmètre  
d'irrigation de la plaine de ouled boughalem à partir du  
barrage de kramis sur 380 ha (W- Mostaganem)**

### **Présenté par :**

**M<sup>r</sup> MENAD ANOUAR**

### **DEVANT LES MEMBRES DU JURY**

<b>Nom et Prénom</b>	<b>Grade</b>	<b>Qualité</b>
<b>M<sup>r</sup> MESSAHEL</b>	<b>M.C</b>	<b>Président</b>
<b>M<sup>me</sup> L.S BAHBOUH</b>	<b>M.A.A</b>	<b>Examinatrice</b>
<b>M<sup>me</sup> H.BOUCAMA</b>	<b>M.A.A</b>	<b>Examinatrice</b>
<b>M<sup>me</sup> S.HARKAT</b>	<b>M.A.B</b>	<b>Examinatrice</b>
<b>M<sup>r</sup> Y.BOUNAH</b>	<b>M.A.B</b>	<b>Examineur</b>
<b>M<sup>r</sup>C.ME NAD</b>	<b>ing principale</b>	<b>Promoteur</b>

**Septembre-2013**

# REMERCIEMENTS

Tout d'abord, nous remercions le dieu, notre créateur de nos avoir donné les forces, la volonté et le courage afin d'accomplir ce travail modeste.

Nous adressons le grand remerciement à mon promoteur **Mr MENAD CHAREF** qui a proposé le thème de ce mémoire, pour ses conseils et ses dirigés du début à la fin de ce travail.

Mes remerciements s'adressent également à tous les enseignants qui ont contribué à notre formation, surtout M<sup>me</sup> BAHBOUH qui m'a aidé beaucoup, sans oublier tout le personnel de l'ENSH. Et à tous ceux qui ont contribué de près ou loin à l'élaboration de ce travail.

Mon respect aux membres de jury qui me feront l'honneur d'évaluer mon travail.

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude à nos familles qui nous ont toujours soutenues et à tout ce qui a participé à l'élaboration de ce mémoire.

Mes derniers remerciements, mais non les moindres s'adressent à tous mes amis de la promotion 2013.

**Merci à tous**

# DÉDICACE

Merci ALLAH de m'avoir donné la capacité d'écrire et de réfléchir, la force d'y croire, la patience d'aller jusqu'au bout du rêve et le bonheur de lever mes main vers le ciel et de dire :  
**« YA KAYOUM »**

Je dédie ce modeste travail à celle qui m'a donné la vie, le symbole de tendresse, qui s'est sacrifiée pour mon bonheur et ma réussite, à ma mère...

À mon père, école de mon enfance, qui a été mon ombre durant toutes les années des études, et qui a veillé tout au long de ma vie à m'encourager, à me donner l'aide et à me protéger.

À mes frères ILYES, AYMENE, YASSINE et HOUSSEM.

À tous les membres de la famille : MENAD.

À ma très chères amie : HANANE.

Le long de ma vie, J'ai été entouré de personnes magnifiques qui m'ont donné le meilleur d'eux même sans rien attendre en retour, je crois qu'aujourd'hui il est le temps de leur dédiés du fond du cœur ce modeste travail pour les remercier : AZIZ, HAFID, MOHAMED, KADOUR, MHIDI, ABDELRAHMAN, HAMID, RABIE, IBRAHIM, HAYDER et AMINE. La liste est assez longue, je vous remercie pour tous les sentiments d'amitié que vous avez envers moi et dont je suis fier.

A tous ceux qui me sont chères.

A tous ceux qui m'aiment.

A tous ceux que j'aime.

**Je dédie ce travail.**

**MENAD**

## الملخص ملخص :

لقد قمنا في هذه المذكرة بدراسة عامة للمناخ، التربة و الماء حول المنطقة التي سننجز فيها مشروعنا.

هذا العمل يندرج في إطار دراسة مساحة مسقية، تقع في ولاء بوغالم بولاية مستغانم، انطلاقا من سد كراميس و هذا باستعمال أحسن تقنيات السقي و هي السقي بالتقطير للحصول على مردود جيد و كذا المحافظة على الثروات المائية، نوعية التربة و الماء. نستعمل أحسن الطرق لحساب حاجة المزروعات من الماء مع الحفاظ على مردودية جيدة في التوزيع من أجل الحصول على منتج زراعي وفير و بأقل التكاليف.

## Résumé :

Dans ce travail, nous avons fait une étude générale (climat, sol, eau...) sur la région où nous réalisons notre projet.

Le but de ce travail est de faire une étude d'un périmètre irrigué, situé dans la plaine de ouled boughalem de la wilaya de Mostaganem, à partir du barrage kramis en utilisant les meilleures technique d'irrigation, pour atteindre un bon rendement, tout en préservant les ressources hydriques, la qualité de sol et des eaux.

Par adoption des meilleures méthodes de calcul des besoins en eau des cultures, en ayant un bon coefficient d'efficienc pour la distribution, en vu d'avoir la bonne production agricole avec le moindre coût.

## Abstract:

In this work we have make a general survey (climate, soil, water...) on the region where we made our project.

The aim of this work is make a survey of perimeters irrigated, situated in the plain of ouled boughalem of wilaya of Mostaganem, from the dam of Kramis while using the best technique of irrigation, to reach a good output, while preserving the water resources, the quality of soil and waters.

By adoption of the best arithmetic techniques of the needs in water of the cultures, while having a good coefficient of efficiency for the distribution, for having good agricultural production with low costs.

# ***SOMMAIRE***

<i>Introduction générale :</i> .....	1
<b><i>Chapitre I : Présentation générale de la zone d'étude</i></b>	
I-1-Introduction : .....	3
I-2-Présentation de la zone d'étude: .....	3
I-3-Géologie, géomorphologie et hydrographie : .....	4
I-3-1-Relief et géomorphologie : .....	4
I-3-2-Géologie et stratigraphie : .....	4
I-3-3-Le réseau hydrographique : .....	5
I-4-Climatologie .....	5
I-4-1-pluviométrie : .....	5
I-4-2-La température de l'air : .....	7
I-4-3-L'humidité relative de l'air : .....	9
I-4-4-Le vent : .....	10
I-4-5-L'insolation : .....	10
I-4-6- L'évapotranspiration potentielle ETP : .....	11
I-4-7-Les autres paramètres climatiques : .....	13
I-4-8-les indices climatiques : .....	14
I-4-8-1-L'indice d'aridité de MARTON : .....	14
I-4-8-2-Quotient pluviométrique d'EMBERGER : .....	15
I-4-8-3-Climogramme pluviométrique de Gausсен : .....	15
I-5-Hydrologie : .....	16
I-5-1-Réseau pluviométrique : .....	16
I-5-2-Homogénéité de la série pluviométrique : .....	16
I-5-3-Etude de l'échantillon et choix du type de loi : .....	17
I-5-3-1-Traitement des données : .....	17
I-5-3-2-Ajustement de la série pluviométrique : .....	17
I-6-Ressources en sol : .....	18
I-6-1-But de l'étude pédologique : .....	18
I-6-2-Facteurs de formation et d'évolution des sols : .....	18

I-6-3-Description et classification des sols du périmètre :	19
I-6-3-1-Les sols peu évolués (sols d'apport) :	19
I-6-3-2-les sols calcimagnésiques :	20
I-6-3-3-les sols à sesquioxydes de fer :	20
I-6-4-Etat physique du sol :	20
I-6-5-propriétés physico-chimiques du sol :	22
I-6-6-Paramètres d'évaluation des sols irrigables :	22
I-7-Ressources en eau :	24
I-7-1-Ressources en eau de surface :	24
I-7-1-1-Les caractéristique du barrage de Kramis :	24
I-7-1-2-Qualité de l'eau d'irrigation :	25
I-7-1-3-Les caractéristiques physico-chimiques pour évaluer la qualité de l'eau d'irrigation: ....	26
I-7-1-4-La conductivité électrique :	27
I-7-1-5-Le SAR (Sodium Absorption Ration) :	28
I-7-2-Ressources en eaux souterraines :	29
I-7-2-1-Hydrogéologie et Ressources en eau souterraines :	29
I-7-2-2-Les ressources mobilisables et les moyens de mobilisation envisageables :	29
I-8-Conclusion :	30

## ***Chapitre II : Etude agro socio-économique***

II-1-Introduction :	31
II-2-statistique de la population :	31
II-3- Types des cultures pratiquées et systèmes de production existants :	33
II-4- Assolement et rotation choisis .....	34
II-5-Conclusion:.....	35

## ***Chapitre III : Besoins en eau***

III-1-Introduction :	36
III-2-Choix des cultures :	36
III-3-Les cultures adaptées à la zone :	36
III-4-Besoin en eau du périmètre :	37
III-4-1- L'évapotranspiration :	37
III-4-2-Méthodes d'évaluation d'évapotranspiration :	38
III-4-2-1-Formule de PENMAN et MONTEITH Modifiée :	38
III-4-3-Calcul de la pluie efficace :	39
III-4-4-Calcul des besoins en eau d'irrigation pour les cultures d'assolement :	41
III-4-4-1-L'évapotranspiration réelle ou culture (ETR ou ETc) :	41
III-4-4-2-Efficience de l'irrigation: .....	45

III-4-4-3-Bessin brutes en eau d'irrigation d'une culture :	45
III-4-4-4-Calcul du débit caractéristique :	46
III-5-Conclusion:	46

### ***Chapitre IV: Etude des schémas d'aménagement hydraulique***

IV-1-Introduction :	47
IV-2-Mode d'irrigation et de distribution :	47
IV-3-Choix du mode de distribution :	47
IV-4-Choix des matériaux de conduite :	48
IV-4-1-Réseau d'adduction :	48
IV-4-2-Réseau de distribution :	49
IV-5-Paramètres de dimensionnement du réseau de distribution :	50
IV-5-1-Les durées d'irrigation :	50
IV-5-2-Les durées de pompage :	50
IV-5-3- Calculs hydrauliques :	50
IV-5-4-Optimisation des diamètres des canalisations du réseau collectif de distribution :	51
IV-6-Réservoir :	51

### ***Chapitre V: Procédés et la technique d'arrosage des cultures agricoles***

V-1-Introduction :	52
V-2-Choix de la technique :	52
V-2-1-Selon les contraintes agronomiques :	52
V-2-2-Selon les contraintes naturelles :	53
V-2-3-Selon les contraintes techniques et socio-économiques :	55
V-3-Modes et techniques d'arrosages :	55
V-3-1-L'irrigation de surface :	56
V-3-2 Irrigation par aspersion :	56
V-3-3- Irrigation localisée (goutte à goutte) :	57
V-4-Equipements de la parcelle pour l'irrigation localisée :	58
V-5-Etudes préliminaires :	59
V-5-1- Données générales :	59
V-5-2- Besoins d'irrigation des cultures en irrigation localisée:	59
V-5-3 Dose nette :	60
V-5-4- Dose pratique :	61
V-5-5-Fréquence d'arrosage :	61
V-5-6-Dose brute :	61
V-5-7-Duré d'arrosage :	62
V-5-8-Durée d'arrosage journalier :	62
V-5-9-Nombre des postes :	62

V-5-10-Surface de parcelle :.....	62
V-5-11-Nombre des arbres par rampe :.....	62
V-5-12-Nombre des goutteurs par rampe :.....	62
V-6-Conclusion :.....	62

### ***Chapitre VI: calcul hydraulique et dimensionnement du réseau***

VI-1-Introduction :.....	63
VI-2-calcul hydraulique :.....	63
VI-3-Conditions hydrauliques :.....	63
VI-4-calculs des débits :.....	64
VI-4-1-Débit de la rampe :.....	64
VI-4-2-Nombre des rampes :.....	64
VI-4-3-Débit de la porte rampe :.....	64
VI-4-4-Débit de la parcelle :.....	64
VI-5canalisation :.....	65
VI-5-1-Diamètre de la rampe :.....	65
VI-5-2-Diamètre de la porte rampe :.....	65
VI-5-3-Diamètre de canalisation principale :.....	65

### ***Chapitre VII: Etude de l'impact du projet sur l'environnement***

VII-1-Introduction :.....	66
VII-2-Impact induit par la mise en place des réseaux d'irrigation :.....	66
VII-2-1-Sur la phase de construction :.....	66
VII-2-2-Sur la phase d' exploitation :.....	67
VII-3-conclusion :.....	70

### ***Chapitre VIII: Evaluation économique***

VIII-1-Introduction :.....	71
VIII-2-Couts Des investissements :.....	71
VIII-2-1-Coûts des conduites :.....	71
VIII-2-2-Cout de terrassement de réseau de distribution :.....	72
VIII-2-3-Cout des ouvrages d'art sur le réseau de distribution :.....	73
VIII-3-Estimation de l'équipement à la parcelle :.....	74
VIII-3-1-Estimation de l'irrigation localisée :.....	74
VIII-4-Conclusion :.....	74
<b><i>Conclusion générale :.....</i></b>	<b>75</b>

### ***Bibliographie***

# ***Liste des tableaux***

## ***Chapitre I : Présentation générale de la zone d'étude***

Tableau I-1 : Superficies des secteurs. ....	2
Tableau I-2 : Pluviométrie de la zone du périmètre .....	5
Tableau I-3: Valeurs moyennes de température de l'air (°C) .....	6
Tableau I-4: Températures maximale et minimale absolue de l'air (°C) .....	7
Tableau I-5 : Humidité Relative de l'air .....	8
Tableau I-6: Valeurs moyennes de la vitesse du vent (m/s) .....	9
Tableau I-7 : Insolation moyenne journalière au cours de l'année en h/j.....	10
Tableau I-8: Calculs de l'ETP moyenne par diverses formules.....	11
Tableau I-9: Valeurs moyennes mensuelles du déficit pluviométrique en mm .....	12
Tableau I-10: Autre paramètre climatiques en jours .....	12
Tableau I-11 : Limite des climats d'après l'indice climatique de Martonne .....	13
Tableau I-12: l'année de calcul.....	17
Tableau I-13 : les paramètres hydrodynamiques du secteur de ouled boughalem .....	21
Tableau I-14: Clef de classement des aptitudes des terres à l'irrigation.....	22
Tableau I-15: Qualité de l'eau brute pour la station hydrométrique de l'Oued Kramis.....	26
Tableau I-16 : Synthèse des ressources en eau souterraine.....	28

## ***Chapitre II : Etude agro socio-économique***

Tableau II-1 : Population de la zone d'étude par commune .....	30
Tableau II-2 : Population rurale et population urbaine des communes de la zone d'étude .....	31
Tableau II-3 : Type de desserte en eau et en électricité des logements de la zone d'étude .....	32
Tableau II-4 : Occupation actuelle des sols du périmètre en ha.....	32

### ***Chapitre III : Besoins en eau***

Tableau III-1 : surface occupée par les différentes cultures.....	36
Tableau III-2 : Evapotranspiration de référence (ET <sub>0</sub> ) de la zone d'étude selon Penman Monteith .....	38
Tableau III-3 : calcul des pluies efficaces.....	40
Tableau III-4 : coefficients culturaux de notre cultures et ET <sub>0</sub> en mm/mois .....	41
Tableau III-5 : Les profondeurs d'enracinement Z en cm .....	41
Tableau III-6 : les valeurs de RFU en (mm) de chaque culture.....	42
Tableau III-7 : La pomme de terre .....	42
Tableau III-8 : Laitue .....	42
Tableau III-9 : Les agrumes .....	42
Tableau III-10 : Les vignes .....	43
Tableau III-11 : Blé.....	43
Tableau III-12 : Les besoins en eau des cultures de chaque mois.....	43
Tableau III-13 : calcul des besoins bruts.....	44

### ***Chapitre IV : Etude des schémas d'aménagement hydraulique***

Tableau IV-1 : type de ventouse en fonction de la conduite : .....	49
Tableau IV-1 : Dimensionnement de l'adduction de la vallée de Kramis .....	51

### ***Chapitre V: Procédés et la technique d'arrosage des cultures agricoles***

Tableau V-1 : Les avantages et les inconvénients des systèmes d'irrigation de surface .....	68
---	----

### ***Chapitre VII: Etude de l'impact du projet sur l'environnement***

Tableau VII-1 : Principaux impacts sur l'environnement sur la phase de construction .....	68
Tableau VII-2 : Principaux impacts sur l'environnement sur la phase d'exploitation .....	70

### ***Chapitre VIII: Evaluation économique***

Tableau VIII-1 : les prix des conduites.....	73
--	----

Tableau VIII-2 : Différence des prix des travaux réalisés. ....	74
Tableau VIII-3 : Différence matériel installé. ....	75
Tableau VIII-4 : Facture des pièces de réseau d'irrigation localisée.	

## *Liste des figures*

Figure I-1: Valeurs moyennes de précipitations .....	5
Figure I-2: Température minimale et maximale moyennes de l'air (°C).....	7
Figure I-3: Température minimum et maximum absolue de l'air (°C).....	7
Figure I-4 : Humidité Relative de l'air.....	8
Figure I-5 : Valeurs moyennes de la vitesse du vent (m/s).....	9
Figure I-6: Valeurs moyennes du nombre d'heures d'insolation journalières.....	10
Figure 1-7 : Pluie, ETP et déficit hydrique .....	12
Figure 1-8 : Climogramme de Gaussen.....	14
Figure 1-9 : photo présentée oued de Kramis. ....	24
Fig. II-1 : répartition de sols par occupation. ....	33
Fig. II-2 : occupation des sols de ouled boughalem par groupe de culture.....	33

# *Listes de planches*

**PLANCHE N°1** : La carte pédologique des sols.

**PLANCHE N°2** : occupation du sol.

**PLANCHE N°3** : schémas d'aménagement hydraulique.

**PLANCHE N°4** : Profil en long de la conduite principale.

**PLANCHE N°5** : Réseau d'irrigation.

# Introduction générale

---

L'eau est la ressource à la fois la plus abondante sur la surface de la Terre, mais aussi une des plus rares : en effet, 97% de l'eau présente sur Terre est salée et donc inutilisable par l'homme pour l'agriculture, l'industrie et l'alimentation.

L'Algérie a connu durant les 30 dernières années, une période de sécheresse intense et persistante, caractérisée par un déficit pluviométrique important, évalué à près de 30%, sur l'ensemble du pays,

Cette sécheresse a eu un impact négatif sur les régimes d'écoulement des cours d'eau, le niveau de remplissage des réservoirs de barrages, et l'alimentation des nappes souterraines.

Par ailleurs, la croissance démographique et le développement économique et social du pays ont induit un accroissement considérable des besoins en eau potable, industrielle et agricole.

La faiblesse des ressources en eau est en outre aggravée par la mauvaise répartition spatio-temporelle de cette ressource, l'envasement des barrages, et les phénomènes de pollution des eaux, du fait de l'accroissement des rejets urbains et industriels et de l'intensification agricole.

La confrontation « Besoins -Ressources », met en évidence une situation actuelle largement déficitaire (déficit évalué globalement à près de un milliard de m<sup>3</sup>).

Dans le domaine de l'irrigation la solution consiste à identifier les futurs projets en adoptant les techniques et les procédés d'arrosage qui utilisent d'une façon rationnelle et efficace les volumes d'eau réservés.

Les besoins quantitatifs en eau d'irrigation pour la production végétale doivent être prévus avec précision quand on a bien traité les données climatiques, pédologiques, etc.....

Le périmètre faisant l'objet de l'étude couvre une superficie de 4300 ha et est scindé en 4 secteurs ; chaque secteur comporte plusieurs exploitations agricoles d'une taille variable et sur lesquelles seront pratiquées les différentes cultures. Ce projet rentre dans le cadre de la politique de développement rural durable entreprise par notre pays, qui vise à valoriser les potentialités naturelles (eaux et sols) et humaines disponibles pour une amélioration du niveau de vie des populations rurales en particulier et pour accroître le produit agricole National en général.

Notre étude ne sera concentrée que sur secteur de ouled boughalem sur 380 ha.

Etude d'aménagement hydro-agricole du périmètre d'irrigation de la plaine de ouled boughalem à partir du barrage de kramis sur 380 ha (W- Mostaganem), qui constitue ici le thème de notre travail.

**L'objectif de cette étude** est, non seulement de réunir les éléments de base nécessaires à savoir une analyse hydro pédologique, un aperçu socio-économique, mais aussi et surtout de définir une méthodologie pour le dimensionnement d'un réseau d'irrigation à partir des eaux d'un barrage afin que celles-ci soient utilisées de façon efficiente et efficace.

Et pour parvenir à cette fin, notre travail est reparti en deux grands volets : une première partie dominée par l'étude de base au cours de laquelle sont étudiées les ressources en eau et en sol après une présentation sommaire du milieu physique. Quant à la deuxième partie, elle traite après une étude socio-économique, de l'évaluation des besoins en eau d'irrigation, de l'étude des schémas d'aménagement hydraulique et de l'impact sur l'environnement que peut avoir le projet avant de se lancer dans les travaux d'exécution.

# *CHAPITRE*

## *I*

*Présentation générale de la zone  
d'études*

## **I-1-Introduction :**

Le présent chapitre a pour but la présentation générale de la zone d'étude, Le périmètre irrigué projeté est situé dans la Wilaya de Mostaganem, au nord du site du barrage de Kramis, de part et d'autre de la RN11, à proximité de la mer à une distance moyenne d'environ 60 km de la ville de Mostaganem.

Nous présentons dans le même chapitre le climat de la zone d'étude, hydrologie, ressources en sol et ressources en eau.

## **I-2-Présentation de la zone d'étude:**

Le bassin versant de l'oued Kramis<sup>(1)</sup> est un bassin côtier situé dans la partie nord-ouest de l'Algérie. Délimité:

Au nord par : la mer méditerranée.  
Mediouna.

Au sud par : Sidi Mhamed ben Ali,

A l'Est par : Ain Sidi Moussa.

A l'Ouest par : Sidi Ali et Touagrite.

Par ailleurs, plusieurs routes de Wilaya cadrent la zone et permettent en particulier l'accès jusqu'au site du barrage et aux localités voisines. La zone prévue pour l'aménagement est rattachée aux communes d'Ouled Boughalem, Achâacha, Khadra et Sidi Lakhdar de la Wilaya de Mostaganem. La zone la plus éloignée (secteur d'Ouled Boughalem) est située à environ 80 km de Mostaganem.

Notre zone se situe entre les coordonnées UTM suivante :

Est : 294000

Ouest : 272000

Nord : 4022000

Sud : 4006000

Le projet concerne l'aménagement hydro-agricole d'un périmètre irrigué de 4.300 ha irrigué à partir du barrage de Kramis cette superficie couverte par l'étude foncière est répartie comme suit :

**Tableau I-1 : Superficies des secteurs.**

Secteur	Superficie nette (ha)
<b>OULED BOUGHALEM</b>	<b>380</b>
VALLEE DU KRAMIS	700
KHADHRA	2.600
SIDI LAKHDAR	620
<b>TOTAL</b>	<b>4300</b>

Source : DHW Mostaganem.

<sup>(1)</sup> Vallée du bassin versant de laquelle le périmètre doit son nom, de même que le barrage qui alimentera le périmètre (source DHW Mostaganem).

Le secteur ouled boughalem sur lequel sera concentrée notre étude sur superficie de 380ha est une bande de terre de forme allongée.

### **I-3-Géologie, géomorphologie et hydrographie :**

#### **I-3-1-Relief et géomorphologie :**

Le périmètre d'étude s'étale sur un plateau côtier étiré Sud - Ouest Nord-Est et reliant l'embouchure du Chélif au lit majeur de Oued Kramis. Ce plateau est bordé au Sud par la série montagneuse des Djebels Djenane Arbi, Dar Nassis, Dar Chaouachi, Nefaissia, Bourzika et Maché alors qu'au Nord c'est le rivage qui façonne l'extrémité de sa périphérie. Par ailleurs, l'action conjuguée des différents facteurs du milieu naturel a engendré l'apparition de trois grands compartiments morphologiques dans le paysage :

- Un premier compartiment montagneux et collinaire qui colonise les secteurs amont formant la bordure Sud du périmètre,
- Un compartiment représentant le domaine des glacis et des secteurs de plaine alluviale s'intercalant entre ce dernier et le rivage,
- Et enfin un troisième compartiment qui jalonnent la bordure Nord du plateau et s'étend jusqu'à la côte.

#### **I-3-2-Géologie et stratigraphie :**

Sur le plan géologique, les terrains en affleurement identifiés dans notre zone d'étude manifestent des âges qui s'étalent du tertiaire jusqu'au quaternaire récent.

➤ Les formations géologiques antéquaternaires :

Elles dominent soit les séries montagneuses Sud, soit elles constituent le substratum de l'ensemble du territoire, néanmoins elles évoluent sous un important remplissage quaternaire. On distingue :

**Le Crétacé :** il est à base de matériaux marneux et marno-calcaires riches en gypse s'alternant avec des roches gréseuses à faciès quartzeux. L'essentiel de cette unité est couvert par un dépôt quaternaire et n'affleure que sur la bordure montagneuse Sud du périmètre.

**Le Miocène :** ce sont des formations géologiques à faciès mixtes marin et continental et à multiples séries. Elles se manifestent à base de grès quartzeux, de conglomérats et des marnes rouges, blanches et à tripolis. La série des marnes blanches dominant le compartiment des glacis et des plaines entre les Oueds Roumane et Zériffa, et la série des marnes à tripolis envahie la bordure méridionale et le synclinal de Sid Ali.

**Le Pliocène :** c'est une formation qui repose en discordance à celles du Miocène. Elle est représentée d'une part, par les marnes bleues qui affleurent dans la vallée de Oued Kramis, et d'autre part par les grès marins qui englobent les terrains naturels compris entre les Oueds El Abid et Kramis et le rivage.

➤ Les formations quaternaires :

Elles sont représentées par trois catégories de matériaux, les grès sableux ou parfois marneux (grès calabrien), les apports alluvionnaires et colluvionnaires gardant les mêmes caractéristiques des formations géologiques dont elles sont issues, et enfin les dunes littorales sableuses.

**I-3-3-Le réseau hydrographique :**

Sur le plan hydrographique, notre secteur d'étude présente un réseau hydrographique assez dense, représenté par un grand nombre d'Oueds à écoulement intermittent, qui entaillent les formations quaternaires jusqu'au substratum pour installer leur lits majeurs. Par ailleurs, la nature plus ou moins tendre de la majeure partie des formations géologiques et le contexte géomorphologique et topographique assez particulier (couloir encaissé entre le rivage et la bordure Sud Montagneuse), ont largement contribué au façonnement de ce paysage. Cependant le réseau hydrographique se caractérise par un tracé bien individualisé et un écoulement assez concentré donnant naissance à des lits d'Oued bien dessinés qui se manifestent sous forme de grandes vallées alluviales assez profondes.

**I-4-Climatologie :**

Le climat peut être défini comme étant les conditions moyennes et l'ensemble des phénomènes météorologiques qu'il fait dans un endroit donné (température, précipitations, ...) calculées d'après les observations. Il est donc caractérisé par des valeurs moyennes, mais également par des variations et des extrêmes. Les précipitations et les températures ainsi que d'autres éléments climatiques tels que le vent, l'évaporation ont des actions diverses sur la biosphère.

Le climat de la zone du futur périmètre irrigué est de type méditerranéen avec une saison pluvieuse allant d'octobre à mai et un été sec et chaud. .

Les données climatiques obtenues pour le site d'étude concernent :

- ✚ Valeurs moyennes mensuelles de pluviométrie correspondant à la période 1967 à 1997, de la station pluviométrique de Khadra située grosso modo au centre de la zone d'étude.
- ✚ Valeurs moyennes mensuelles de 12 années (période entre 1990 et 2002) de la station climatique de Mostaganem, située à l'Est du périmètre, pour les autres paramètres climatiques.

**I-4-1-pluviométrie :**

-La pluviométrie est l'étude des précipitations, de leur nature (pluie, neige, grésil, brouillard) et distribution, et des techniques utilisées pour leur mesure. Plusieurs instruments sont utilisés à cette fin, dont le pluviomètre/pluviographe est le plus connu.

- La mesure peut s'effectuer sous diverses unités, selon que le type de précipitations soit solide ou liquide, mais elle est ramenée en millimètre d'équivalence en eau par mètre carré de surface pour fin de comparaison. [1]

-Le pluviomètre est un instrument météorologique de mesure qui sert trouver la quantité de pluie tombée sur une région pendant un intervalle de temps donné.

-Le tableau ci- après présente la pluviométrie mensuelle moyenne ainsi que le nombre de jours pluvieux par mois et la pluie max enregistrée en 24 heures.

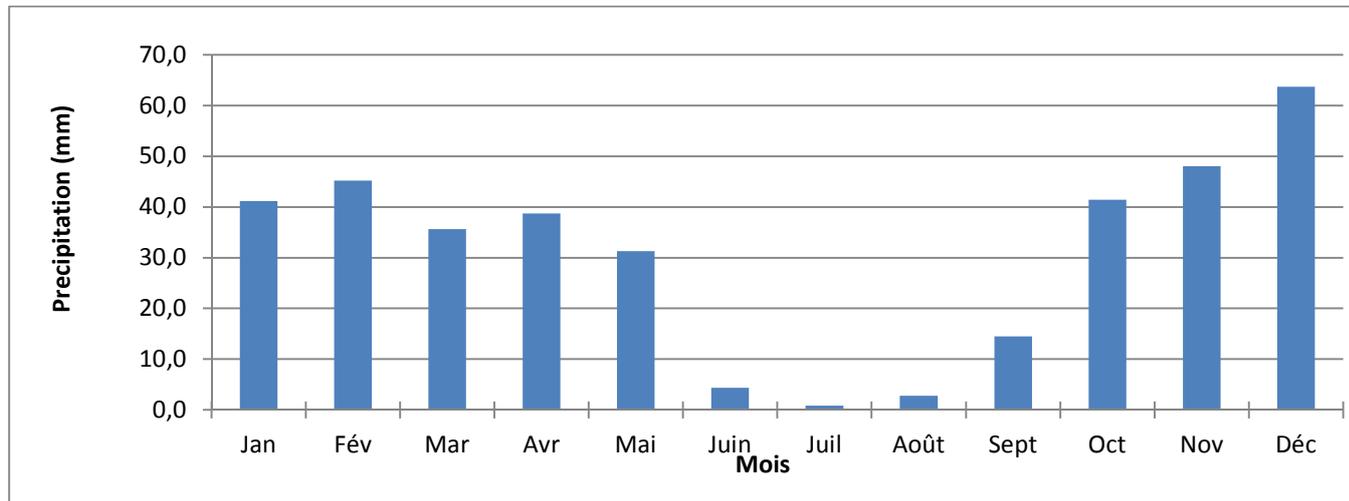
**Tableau I-2 : Pluviométrie de la zone du périmètre**

Mois	Jan	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept	Oct.	Nov.	Déc.	Année
Pluviométrie (mm)	41,2	45,2	35,6	38,7	31,3	4,4	0,9	2,8	14,5	41,5	48,0	63,7	<b>368</b>
Nbre de jours pluvieux	8,6	6,9	6,5	7,2	4,7	1,7	1,5	2,1	3,9	7,1	8,4	8,0	<b>66,7</b>
Pluie max 24 heures (mm)	56	59	44	61	30	17	6	12	63	36	112	45	<b>112</b>

Source : DHW

Mostaganem.

Le graphique ci- après illustre la répartition de la pluviométrie mensuelle dans l'année.



**Figure I-1: Valeurs moyennes de précipitations**

**\* Régime pluviométrique :**

La pluviométrie annuelle moyenne de la zone est de **368 mm environ**, répartie à raison de :

- 28% en automne      19 jours pluvieux (1 jours sur 5 en moyenne)
- 40% en hiver        23 jours pluvieux (1 jours sur 4 en moyenne)
- 28% au printemps    18 jours pluvieux (1 jours sur 5 en moyenne)
- 2% en été            5 jours pluvieux (1 jours sur 18 en moyenne)

**\* La répartition saisonnière est comme suite :**

-Saison pluvieuse d'octobre à février.

-Saison sèche de Juin à septembre.

-Saison à pluviométrie moyenne Maras, Mai.

\* Et en remarque que la pluviométrie maximale se trouve au mois de décembre (63,7mm), et la plus faible pluviométrie au mois de juillet (0,9mm).

#### **I-4-2-La température de l'air :**

La température est une grandeur physique mesurée à l'aide d'un thermomètre à liquide (mercure, alcool...) ou de thermomètres enregistreurs (thermographes) et étudiée en thermométrie. Dans la vie courante, elle est reliée aux sensations de froid et de chaud, provenant du transfert thermique entre le corps humain et son environnement. Pour les besoins agricoles, La température elle influe sur la croissance des plantes grâce à la photosynthèse et de la respiration, affecte la température du sol et contrôle de l'eau disponible dans le sol. La distribution spatiale de la température de l'air est généralement conditionnée par des facteurs physiologiques régionaux et particulièrement le relief (altitude et exposition), la nature du sol et de son revêtement, la proximité des grandes superficies d'eau et par le régime des vents. [1]

Le tableau ci-dessous nous fait état des températures moyennes mensuelles et annuelles enregistrées durant la période 1990 -2002. Pour des raisons de commodité nous avons pris les moyennes de maximales, les moyennes des minimales, les moyennes journalières.

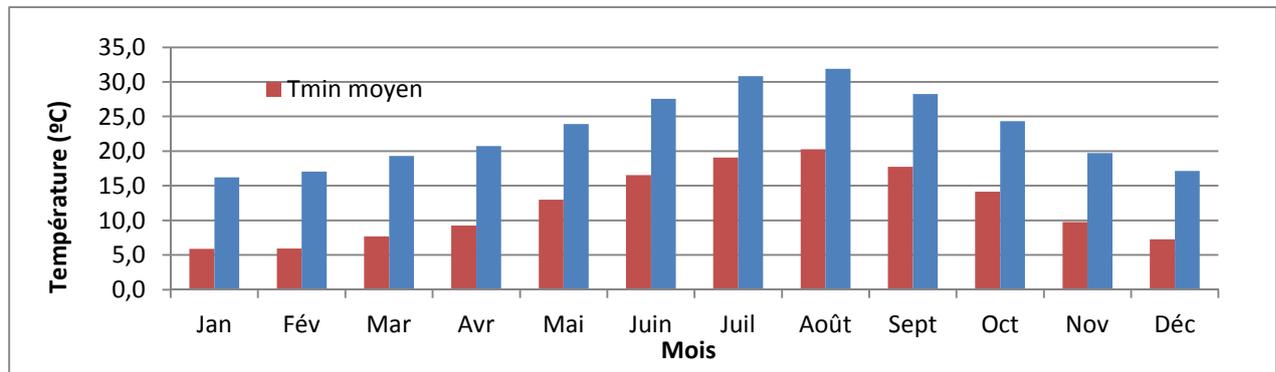
**Tableau I-3: Valeurs moyennes de température de l'air (°C)**

Paramètre	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	Année
Température Maximale (°C)	16,2	17,1	19,3	20,7	23,9	27,6	30,8	31,9	28,3	24,3	19,7	17,2	23,1
Température Minimale (°C)	5,9	5,9	7,7	9,3	13,0	16,5	19,1	20,3	17,7	14,1	9,8	7,3	12,2
Température Moyenne (°C)	10,8	11,3	13,6	15,2	18,6	22,1	24,8	25,8	22,8	19,0	14,6	12,0	17,6
Amplitude Thermique (°C)	10,3	11,1	11,6	11,5	10,9	11,0	11,8	11,6	10,5	10,2	10,0	9,9	10,9

Source : DHW Mostaganem.

Les résultats mentionnés sur le tableau montrent que les valeurs mensuelles de la température de l'air varient avec une certaine régularité pendant l'année, avec un maximum en Août et un minimum en Janvier. La température moyenne de l'air du mois le plus chaud est de 26 °C (août). La température de l'air du mois plus froid est de 10,8 °C et la température moyenne annuelle est de 17,5 °C.

Le graphe que nous présentons dans la figure ci-dessous donne l'évolution des températures maximales et minimales :



**Figure I-2: Température minimale et maximale moyennes de l'air (°C)**

Comme on peut observer dans la Figure, l'amplitude moyenne de la température de l'air est relativement homogène pendant toute l'année, présentant une valeur moyenne de 10,9 °C. L'écart majeur entre les valeurs moyennes des températures minimales et maximales correspond au mois d'août, avec une valeur de 11,8 °C.

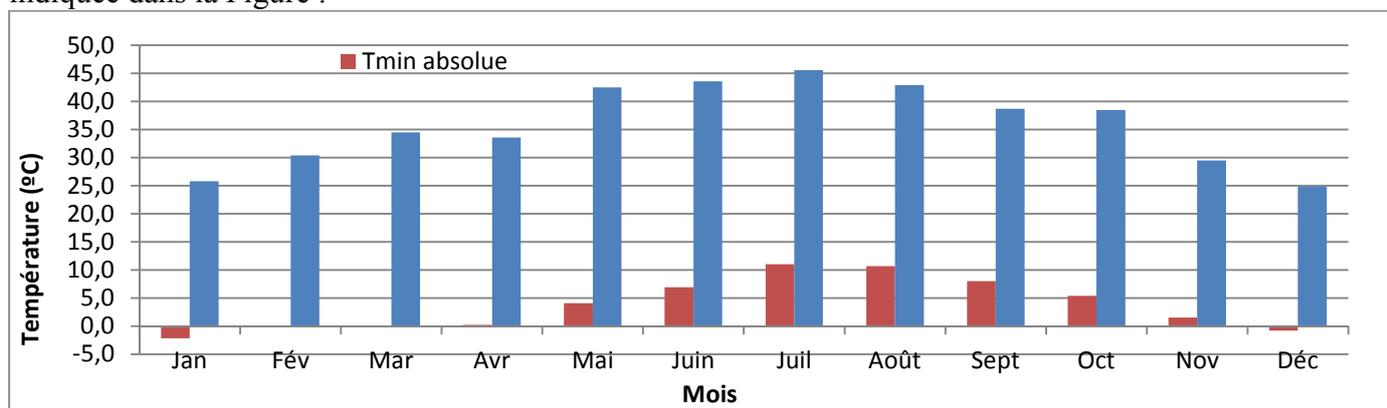
Dans le tableau ci-après sont indiquées les valeurs moyennes des températures maximales et minimales absolues observées.

**Tableau I-4: Températures maximale et minimale absolue de l'air (°C)**

Paramètre	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	Année
Temp. Maximale Absolue (°C)	25,8	30,4	34,5	33,6	42,5	43,6	45,6	42,9	38,7	38,5	29,5	24,9	45,6
Temp. Minimale Absolue (°C)	-2,2	-0,1	0,0	0,2	4,1	6,9	11,0	10,7	8,0	5,4	1,5	-0,8	-2,2

Source : DHW Mostaganem.

La température minimale absolue enregistrée pendant la période fut d'environ -2,2 °C en Janvier, et la température maximale absolue a été observée au cours du mois de juillet, avec environ 45,6 °C. L'évolution annuelle des températures minimales et maximales absolues est indiquée dans la Figure :



**Figure I-3: Température minimum et maximum absolue de l'air (°C)**

Cette figure montre que les températures maximales absolues sont supérieures à 40 °C, pendant la période mai-août. En ce qui concerne les températures minimales absolues, les

valeurs les plus basses sont enregistrées au cours de la période décembre-février, avec des températures inférieures à 0°C.

#### **I-4-3-L'humidité relative de l'air :**

L'humidité relative de l'air se définit par le rapport de la pression exercée par la vapeur d'eau contenue dans l'air atmosphérique à une température donnée sur la pression de la vapeur d'eau saturante (c'est-à-dire au maximum de vapeur d'eau que cet air atmosphérique pourrait contenir à cette même température). L'humidité relative dépend de la température : plus la température de l'air atmosphérique est élevée, plus il peut contenir de vapeur d'eau. L'humidité relative de l'air s'exprime en pourcentage. On mesure l'humidité relative de l'air à l'aide de deux thermomètres, un thermomètre ordinaire (sec) et un thermomètre dont le bulbe est entouré d'un coton imbibé d'eau (mouillé). Par conséquent l'humidité relative est quasiment élevée comme le confirme le tableau suivant qui présentent les valeurs moyennes mensuelles et annuelles de l'humidité relative de l'air.

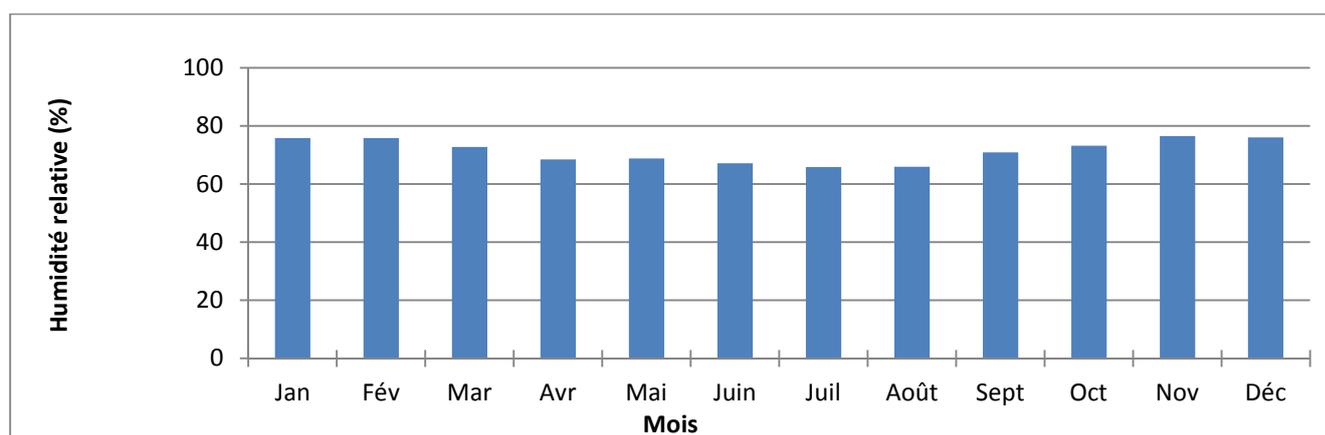
**Tableau I-5 : Humidité Relative de l'air**

Mois	Jan	Fév.	Mar	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept	Oct.	Nov.	Déc.	Année
Humidité Relative (%)	76	76	73	68	69	67	66	66	71	73	76	76	71

Source : DHW Mostaganem

On présente les valeurs moyennes mensuelles de l'humidité relative de l'air. Les mois durant lesquels on enregistre les valeurs les plus basses sont les mois de juillet et août, avec une valeur d'humidité relative de 66%. C'est pour les mois de novembre à février qu'on enregistre les valeurs les plus élevées, autour de 76%.

L'évolution annuelle de l'humidité relative peut aussi être observée dans la figure suivante :



**Figure I-4 : Humidité Relative de l'air**

#### **I-4-4-Le vent :**

Le vent représente le mouvement de l'air et est caractérisée par sa direction donnée par la girouette et par sa vitesse en Km/h ou m/s mesurée à l'aide d'un anémomètre mais peut être estimée par une manche à air, un drapeau, etc. Les vents les plus violents actuellement

connus ont lieu sur Neptune et sur Saturne. Le vent est aussi un paramètre qui peut jouer sur l'évaporation de la retenue d'eau, l'état d'humidité du sol. La connaissance de sa direction peut aider le projeteur à avoir une idée avant l'installation du réseau d'irrigation (cas de l'irrigation par aspersion).

Le tableau présente I-6 les valeurs moyennes mensuelles et annuelles de la vitesse du vent (m/s).

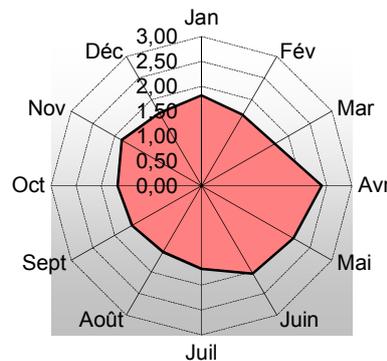
**Tableau I-6: Valeurs moyennes de la vitesse du vent (m/s)**

mois	Jan	Fév.	Mar	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept	Oct.	Nov.	Déc.	Année
Vitesse du vent (m/s)	1,8	1,6	1,7	2,4	2,1	2,0	1,7	1,5	1,6	1,7	1,8	1,7	1,8

Source : DHW Mostaganem.

La vitesse moyenne du vent présente une petite variation pendant toute l'année, en oscillant entre une valeur minimale en Août, de l'ordre de 1,5 m/s et une valeur maximale de 2,4 m/s environ en Avril.

Le graphique ci- après présente une illustration de ce paramètre sur l'année :



**Figure I-5 : Valeurs moyennes de la vitesse du vent (m/s)**

**I-4-5-L'insolation :**

L'insolation dépend de la latitude, de l'époque de l'année, de l'exposition solaire et de la nébulosité, ce qui explique les variations des valeurs d'un site à l'autre.

Le tableau ci-joint nous donne la durée d'insolation moyenne journalière en heures par jour au cours de l'année.

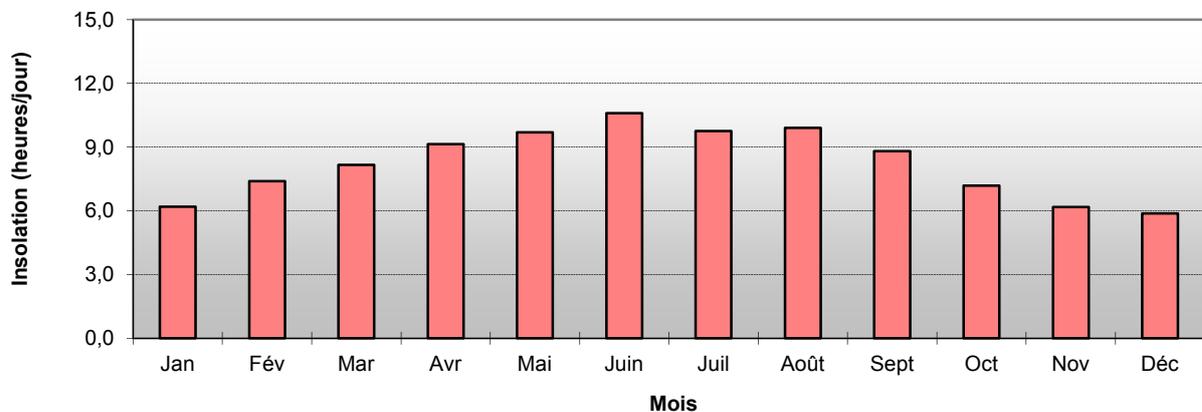
**Tableau I-7 : Insolation moyenne journalière au cours de l'année en h/j**

Mois	Janv.	Fév.	Mar	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept	Oct.	Nov.	Déc.	Année
Insolation (heures/jour)	6,2	7,4	8,2	9,1	9,7	10,6	9,8	9,9	8,8	7,2	6,2	5,9	8,2

Source : DHW Mostaganem.

Il apparaît clairement que les mois de l'été sont les plus ensoleillés avec une valeur maximale de 10,6 en juin, tandis que les mois de l'hiver enregistrent une durée d'insolation faible avec une valeur minimale de 5,9 en décembre.

L'histogramme ci-dessous illustre bien aussi cette situation.



**Figure I-6: Valeurs moyennes du nombre d'heures d'insolation journalières**

#### **I-4-6- L'évapotranspiration potentielle ETP :**

L'évapotranspiration (ETP) est la quantité d'eau transférée vers l'atmosphère, par l'évaporation au niveau du sol et par la transpiration des plantes. L'évaporation se définit par les transferts vers l'atmosphère de l'eau du sol, de l'eau interceptée par la canopée et des étendues d'eau. La transpiration se définit par le transfert d'eau dans la plante et les pertes de vapeur d'eau au niveau des stomates de ses feuilles. L'évaporation de l'eau est le passage progressif de l'état liquide à l'état gazeux. Ce phénomène est donc une vaporisation progressive.

De nombreux facteurs physiques, biologiques et météorologiques influencent l'évapotranspiration, dont notamment :

- \* Le type de plante, le stade de croissance et maturité de la plante, la hauteur de la plante, la profondeur des racines, le stress hydrique
- \* Le pourcentage de couverture végétale (ou paillage) du sol, la densité du feuillage, l'eau de pluie retenue sur le feuillage.
- \* Les radiations solaires, la réverbération sur le sol et les plantes
- \* L'humidité et la température de l'air, la pression atmosphérique
- \* L'humidité et la température du sol, la composition du sol (argile, sable...) et les capacités de rétention, drainage et percolation du sol.

L'évapotranspiration est calculée par diverses formules dont les plus pertinentes sont celles qui font appel à divers paramètres climatiques : température, humidité relative,

insolation et vitesse du vent. Dans la mesure où les paramètres de base sont disponibles, la FAO recommande l'utilisation de la formule de Penman-Monteith intégrée au logiciel CROPWAT conçu par le FAO pour le calcul des besoins en eau des cultures. Le tableau ci-après en présente les résultats :

**Tableau I-8: Calculs de l'ETP moyenne**

Mois	Jan.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juill et	Août	Sept	Oct.	Nov.	Déc.	année
<b>PENMAN – MONTEITH</b>	<b>37</b>	<b>45</b>	<b>78</b>	<b>105</b>	<b>132</b>	<b>151</b>	<b>159</b>	<b>152</b>	<b>111</b>	<b>76</b>	<b>46</b>	<b>35</b>	<b>1 127</b>

Source : DHW Mostaganem.

L'ETP annuelle calculée par la formule de Penman- Monteith (retenue) est de **1.130 mm /an** environ dont :

- 40% en été (la pointe se situe au mois de Juillet avec 152 mm soit 5 mm/jour en moyenne)
- 20% en automne
- 12% en hiver
- 28% au printemps

➤ **Le déficit pluviométrique**

Il représente la différence entre l'ETP et la pluviométrie

$DP = ETP - P$  avec : DP = déficit pluviométrique

ETP = évapotranspiration potentielle moyenne mensuelle

P = pluies moyennes mensuelles

Le tableau ci-dessous donne les valeurs du déficit pluviométrique :

**Tableau I-9: Valeurs moyennes mensuelles du déficit pluviométrique en mm**

Mois	Janv.	Févr.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juill	Août	Sept	Oct.	Nov.	Déc.	année
ETP	37	45	78	105	132	151	159	152	111	76	46	35	1127
P	41,2	45,2	35,6	38,7	31,3	4,4	0,9	2,8	14,5	41,5	48,0	63,7	368
D <sub>p</sub>	-4,2	-0,2	42,4	66,3	100,7	146,6	158,1	149,2	96,5	34,5	-2	-28,7	759

Source : DHW Mostaganem.

Le graphique ci- après illustre la répartition mensuelle de la pluviométrie et de l'ETP, donc du bilan hydrique.

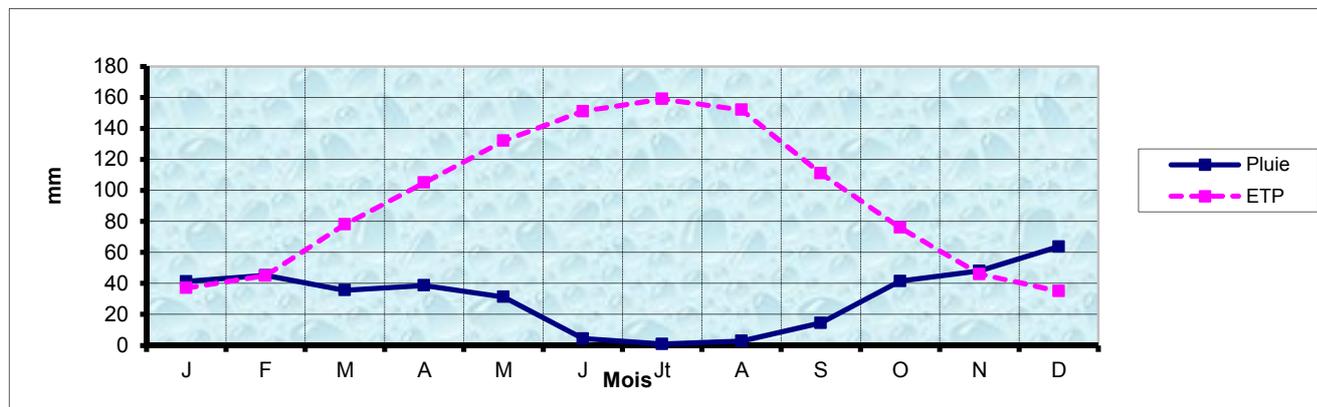


Figure 1-7 : Pluie, ETP et déficit hydrique

**I-4-7-Les autres paramètres climatiques :**

Il existe d'autres paramètres mais de moindre importance à paramètres climatiques décrits plus haut car leur fréquence est faible, voire négligeable.

Ces paramètres sont présentés dans le tableau suivant :

**Tableau I-10: Autre paramètre climatiques en jours**

paramètre	jan	fév.	Mar	Av.	mai	juin	juillet	aout	sep	oct.	Nov.	Déc.	Année
Brouillard	0,7	1,9	1,9	0,7	0,9	0,8	1,1	0,5	1,4	1,8	1,2	0,7	13,5
Gelée	5,6	4,5	1,8	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	3,2	16,0
Grêle	0,1	0,5	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,4	1,2
Orage	0,9	0,8	0,8	0,8	0,8	0,4	0,7	0,8	1,4	0,9	1,3	0,5	10,1
Neige	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Sirocco	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,9	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	1,2
Vent sable	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Source : DHW Mostaganem.

Pour l'ensemble des paramètres, on remarque que mis à part la gelée et dans une moindre mesure le brouillard ; la fréquence des autres paramètres est nulle presque au cours de tous les mois. Et pour toute l'année, on voit que le sirocco n'a qu'une moyenne d'apparition de 1 jour ; de même que la grêle. Le vent de sable et la neige sont nuls tandis que l'orage enregistre une moyenne annuelle de 10 jours. Les paramètres les plus fréquents sont la gelée et le brouillard avec respectivement une moyenne annuelle de 16 jours et 13 jours. La fréquence un peu élevée de la gelée au début de l'hiver doit faire penser aux espèces végétales résistantes à cette dernière.

**I-4-8-les indices climatiques :**

Le but de ce calcul c'est la détermination de type de climat et voir l'interférence des différentes variables de ce climat et leur action sur les plantes. Ces formules se basent principalement sur deux facteurs essentiels : Pluviométrie et température

Les indices les plus connus sont ceux d'E.MARTONE (1926) et E.EMBERGER (1932)

**I-4-8-1-L'indice d'aridité de MARTON :**

L'indice d'aridité ou de MARTON est un paramètre qui permet la classification du climat, et permet de préciser le degré de sécheresse de la région et par conséquent de renseigner sur l'indisponibilité de l'irrigation.

$$I_A = \frac{P}{T+10}$$

Avec :

$P$  : Précipitation annuelle moyenne de la région en (mm/an)

$T$  : Température moyenne annuelle moyenne en ( $^{\circ}$ C)

$I_A$  : indice d'aridité

Les limites des climats d'après l'indice climatique de MARTONNE sont donnée dans le tableau ci-dessous :

**Tableau I-11 : Limite des climats d'après l'indice climatique de Martonne**

Valeur de $I_A$	Type de climat	Irrigation
$I_A \leq 5$	Désertique	Indispensable
$5 < I_A \leq 10$	Très sec	Indispensable
$10 < I_A \leq 20$	Sec	Souvent indispensable
$20 < I_A \leq 30$	Relativement humide	Parfois utile
$I_A > 30$	Humide	Inutile

Pour :  $P = 368$  mm

$T = 17,5$   $^{\circ}$ C

$$I_A = \frac{368}{17,5+10} = 13,38$$

Selon l'indice d'aridité calculé, on constate d'après la classification ci-dessus, que la région est soumise à un régime de climat sec, et que l'irrigation est souvent indispensable.

**I-4-8-2-Quotient pluviométrique d'EMBERGER :**

Le but de calcul de ce l'indice c'est la détermination d'étage bioclimatique

$$Q = \frac{1000P}{\frac{M+m}{2}(M-m)}$$

Où  $Q$  : coefficient pluviométrique **d'EMBERGER**

$P$  : précipitation moyenne annuelle en (mm)

$M$  : moyenne des maxima du mois le plus chaud (en  $^{\circ}$  K)

m : moyenne des minima du mois le plus froid (en °K)

Pour:

P=368mm ; M = 31.9°C ; m = 5,9°C

$$M = 31,9 + 273 = 304,9 \text{ K}$$

$$m = 5,9 + 273 = 278,9 \text{ K}$$

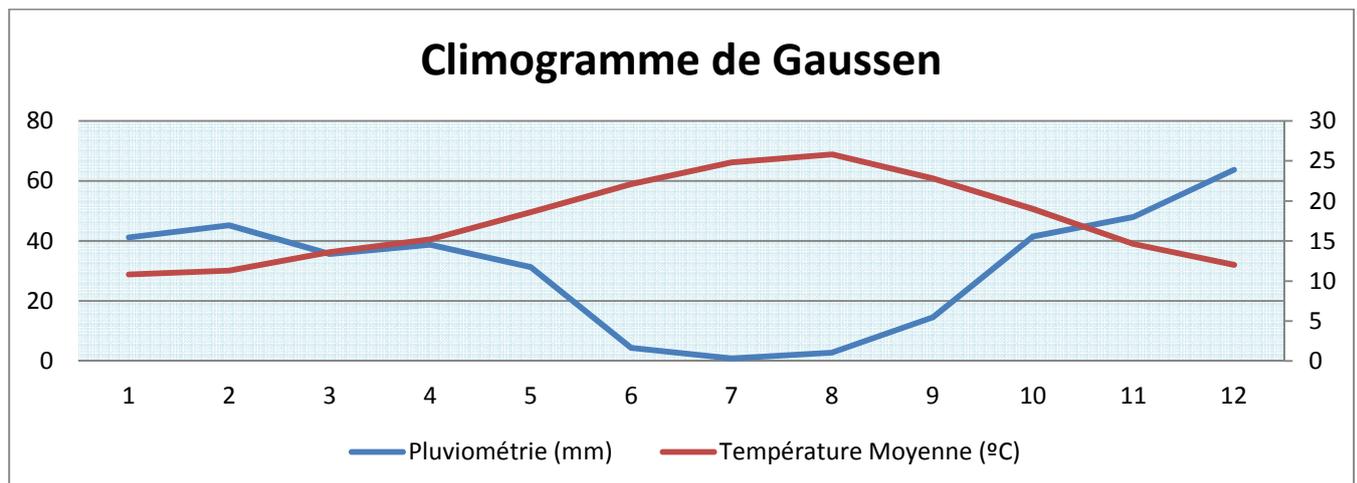
**Donc : Q=48 ,49**

En portant la valeur de (Q) dans le diagramme bioclimatique d'EMBERGER (voir annexes 1), et en fonction de la température moyenne minimale du mois le plus froid, on peut confirmer que notre région se situe dans :

- L'étage bioclimatique : Semi-Aride
- Sous étage : Hiver Tempéré.

### I-4-8-3-Climogramme pluviométrique de Gausсен :

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



**Figure 1-8 : Climogramme de Gausсен**

D'après le Climogramme de Gausсен, on remarque qu'il existe deux périodes : la période humide ou l'irrigation n'est pas indispensable, et la période sèche ou l'irrigation est indispensable. Cette période commence du mois de Mai jusqu'à octobre.

### I-5-Hydrologie :

L'étude hydrologique est indispensable pour toutes mise en œuvre des projets : hydro-électrique, de distribution d'eau, de protection contre les crues, drainage d'irrigation, d'assainissement, barrage et de navigation fluviale.

L'étude hydrologique dans notre projet d'aménagement hydro-agricole pour but de déterminer les caractéristiques des pluies de fréquences données, tels que :

\*le calcul des besoins des cultures à projetées dans le périmètre.

\*le dimensionnement notre réseau distribution. [3]

**I-5-1-Réseau pluviométrique :**

Les pluies mensuelles de la station pluviométrique Kramis sont récapitulées dans tableau (voir annexe 2).

Au vu du tableau la répartition des précipitations est irrégulière et variable suivant les mois et les années. Ces pluies sont nettement insuffisantes pour les mois de juin, juillet et août, elles sont moyennes au printemps et maximales en hiver.

L'étude de la série s'effectue par le logiciel de l'hydrologie, ainsi que son diagramme de dispersion et son traitement. Le logiciel fait son ajustement aux lois théoriques (log normale et normale).

**I-5-2-Homogénéité de la série pluviométrique :**

En générale, l'homogénéisation des données hydrologiques est indispensable, préalablement à toute exploitation hydrologique de ces dernières, car les mesures ne sont pas menées souvent avec soin. En effet, outre que la possibilité de données défectueuses ou sujette à caution, il arrive fréquemment qu'une station pluviométrique présente des interruptions dans les relevés, rendant difficile son utilisation. [3]

Pour vérifier l'homogénéité de la série pluviométrique on procède au Test de wilcoxon :

Ce test repose sur un procédé simple, permettant de tester l'homogénéité d'une série de données, sans qu'il fasse appel à une autre série pluviométrique homogène d'une station voisine, étalée sur la même période d'observation. La vérification de l'homogénéité d'une série pluviométrique par cette méthode repose sur le procédé ci-dessous :

\* On divise la série complète en deux sous séries : x et y tel que :  $N_1$  et  $N_2$  représentant respectivement les tailles de ces deux sous séries considérant généralement  $N_1 > N_2$

\* On constitue par la suite, la série x unions y après avoir classé la série de pluie d'origine par ordre croissant. À ce stade, on attribue à chaque valeur de la série pluviométrique classée, son rang tout en précisant à quelle sous séries appartient elle.

M<sup>r</sup> Wilcoxon a montré que la série est homogène avec une probabilité de 95% , si la relation ci-dessous est vérifiée .

Avec :

$$W_{\min} < W_x < W_{\max}$$

$$W_x = \left| \text{Rang} \right|_x$$

$W_x$  : Somme des rangs de sous sérient

$$W_{\min} = \left[ \left( \frac{(N_1 + N_2 + 1) \times N_1 - 1}{2} \right) - 1,96 \times \left( \frac{N_1 \times N_2 (N_1 + N_2 + 1)}{12} \right) \right]^{1/2}$$

$$W_{\max} = \left[ (N_1 + N_2 + 1) \times N_1 - W_{\min} \right]$$

L'annexe 3 détaille le procédé de Test d'homogénéité

$$W_x = 866$$

$$W_{\min} = 793,64$$

$$W_{\max} = 1066,36$$

$$793,64 < W_x < 1066,36$$

La condition de M<sup>r</sup> Wilcoxon est **vérifiée**, donc la série des précipitations moyennes annuelle de la station de Kramis est homogène.

**I-5-3-Etude de l'échantillon et choix du type de loi :**

La pluviométrie est souvent ajustable à des lois statistiques très nombreuses, on utilise pour notre projet celle qui garantit le meilleur ajustement possible. Les lois d'ajustement les plus communément employées sont les suivantes :

- Loi de Gauss ou loi Normale
- Loi de Galton ou loi log –Normale

**I-5-3-1-Traitement des données :**

La simulation des apports annuels avec le logiciel HYDROLAB nous donne les résultats suivants :

Station KRAMIS

**Statistiques de base**

- Nombre d'observations :..... 61
- Minimum :.....215
- Maximum :.....673
- Moyenne :.....411,68
- Ecart-type :.....83,147
- Médiane :.....408
- Coefficient de variation (Cv) :...0.20
- Coefficient d'asymétrie (Cs) :....0.043

**I-5-3-2-Ajustement de la série pluviométrique :**

On soumet la série pluviométrique annuelle de la station retenue aux ajustements à la loi Normale et la loi log –normale.

**I-5-3-2-1-Ajustement à la loi Normale :**

L'ajustement des séries par la loi normale appelée souvent loi de Gauss s'adapte bien avec les pluies moyennes annuelles. En effet sa fonction de répartition est de la forme

$$F(u) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\mu} \text{Exp}\left(\frac{-1}{2x\mu^2}\right) du$$

Les résultats de l'ajustement de la série des pluies moyennes annuelles de la station de KRAMIS sont regroupés dans le tableau et la figure (voir les annexes N° 4).

**I-5-3-2-2-Ajustement à la loi log-Normale :**

Les résultats de l'ajustement de la série des pluies moyennes annuelles de la station de KRAMIS sont regroupés dans le tableau et la figure (voir les annexes N° 5).

**I-5-3-2-3-Détermination de l'année de calcul :**

Puisque la loi Log-normale est la plus adéquate, alors nous la retenons pour l'estimation de la pluviométrie moyenne mensuelle représentative de la région.

$$P_{\text{moy } 80\% \text{ de chaque mois}} = P_{\text{moy de chaque mois}} * \frac{P_{\text{théorique (80\%) annuelle}}}{P_{\text{théorique (50\%) annuelle}}}$$

$$P_{\text{théorique (80\%) annuelle}} = 334,80667$$

$$P_{\text{théorique (50\%) annuelle}} = 402,57833$$

$$P_{\text{moy } 80\%} = \frac{334,80667}{402,57833} \times P_{\text{moy de chaque mois}} = 0,832 \times P_{\text{moy de chaque mois}}$$

**Tableau I-12: l'année de calcul.**

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

<b>P<sub>moy</sub></b>	<b>62,3</b>	<b>51,7</b>	<b>38,7</b>	<b>42,7</b>	<b>28,2</b>	<b>7,0</b>	<b>0,9</b>	<b>2,4</b>	<b>14,9</b>	<b>47,1</b>	<b>51,5</b>	<b>64,1</b>
<b>P<sub>moy 80%</sub></b>	<b>51,83</b>	<b>43,01</b>	<b>32,20</b>	<b>35,53</b>	<b>23,46</b>	<b>5,82</b>	<b>0,75</b>	<b>2,00</b>	<b>12,40</b>	<b>39,19</b>	<b>42,85</b>	<b>53,33</b>

## **I-6-Ressources en sol :**

En ce qui concerne l'alimentation en eau des plantes, le sol joue essentiellement un rôle d'un réservoir. Les caractéristiques de ce réservoir et son mode de fonctionnement qu'il est utile de connaître dans un périmètre d'irrigation ; et qu'il s'agisse pour un ingénieur de dimensionner le réseau de distribution ou pour les usagers de bien utiliser l'eau qui est mise à leur disposition.

### **I-6-1-But de l'étude pédologique :**

- Evaluer la capacité des sols du secteur étudié à assurer un bon développement végétatif des cultures envisagées et à valoriser économiquement l'investissement. Les aptitudes culturales sont appréciées en confrontant les exigences des productions possibles

- Estimer le degré de contribution des sols du périmètre à l'alimentation hydrique des plantes à irriguer.

- Choisir les techniques d'arrosage les plus adaptées aux conditions du sol et de culture (aspersion; goutte à goutte; submersion).

- Fixer les règles à respecter pour une conduite des arrosages dans le système «sol-culture» pratiqué. Ceci nécessite une connaissance approfondie des sols à l'échelle de la parcelle d'exploitation agricole. Il s'agit en effet pour l'irrigant d'économiser l'eau et d'adapter les apports aux besoins de la plante. Mais il faut aussi protéger les eaux des nappes phréatiques et du réseau hydrographique contre les risques de pollution.

### **I-6-2-Facteurs de formation et d'évolution des sols :**

Pour la couverture pédologique, quatre facteurs pédogénétiques conditionnent la répartition, la genèse et l'évolution des sols du périmètre étudié ; ces principaux facteurs sont :

- Le climat
- La géologie
- La topographie
- L'action anthropique

Cependant l'action conjuguée de l'ensemble de ces facteurs du milieu naturel à occasionné dans une large mesure le développement et l'évolution des sols.

La faiblesse du couvert végétal des régions amont qui sont essentiellement due à l'agressivité de l'aridité jointe à la fragilité du milieu naturel ont favorisé les processus érosifs et par conséquent le détachement et le transport de l'ensemble des éléments fins des secteurs amont et leur atterrissage dans les glacis et basses plaines alluviales. Par ailleurs, la nature plus ou moins calcaire et salée des formations géologiques, la topographie assez hétérogène et la mise en culture assez ancienne ont constitué les facteurs essentiels dans la formation des sols. Mais si on se réfère aux conditions générales d'évolution des sols. C'est principalement la

roche mère qui paraît constituer le paramètre fondamentale dans l'évolution contemporaine des sols.

### **I-6-3-Description et classification des sols du périmètre :**

La pédologie s'intéresse à la couche superficielle de l'écorce terrestre qui grâce à sa structure meuble et à sa composition physico-chimique est susceptible d'assurer un développement normal des végétaux cultivés. Vu cette importance de la pédologie, on se propose d'élargir notre étude pour se pencher sur la classification du sol de la zone d'étude.

A partir de la prospection pédologique et l'analyse des échantillons au laboratoire ont permis de reconnaître et de différencier plusieurs types de sols répartis dans trois classes :

#### **I-6-3-1-Les sols peu évolués (sols d'apport) :**

- \* la classe des sols suivant l'origine des dépôts : des apports fluviaux, alluvial colluvial, éoliens ou d'origine.
- \*Après stabilisation du matériau constituant le sol et dès que les processus de remaniement cessent, le dépôt subit un début d'évaluation ; un horizon humifère superficiel s'individualise et certains caractères de pédogenèse commencent à se manifester donnant naissance à certaines tendances évolutives.
- \*sur les surfaces continuellement affectées par l'action des vents, les sols sont sujets à une reprise des dépôts sableux marins ou fluviaux par le vent et qui à leur atterrissage seront bien triés et vont constituer l'ossature des horizons de surface sous forme d'un voile sableux.
- \*les lits d'oueds ou la lithologie est d'origine fluviale, les apports alluvionnaires présentent généralement une composition très hétérogène reflétant le régime du cours qui les a transportés et la nature de son bassin versant.

#### **I-6-3-2-les sols calcimagnésiques :**

- \* les sols calcimagnésiques sont des sols carbonatés calciques présentant des horizons à complexe saturé en calcium.
- \* les caractères morphologiques du profil pédologique sont déterminés par la présence d'ions alcalino-terreux. Dans l'horizon de surface, la matière organique est fortement liée aux éléments minéraux et forme avec eux un complexe stable ; le ravitaillement de la solution du sol en calcium est assuré par une roche carbonatée constituant la roche mère de ces sols.

\* dans le secteur d'étude, l'essentiel de cette classe de sol se matérialise par les sols bruns calcaires évoluant soit sur apports alluviaux colluviaux soit sur encroutements calcaires tendres et à un degré moindre par des rendzines à encroutements calcaires.

**I-6-3-3-les sols à sesquioxydes de fer :**

\* ces sols sont des sols dont l'individualisation des sesquioxydes de fer leur confère une couleur très accusée, rouge, ocre et parfois rouille.  
\* généralement les oxydes de fer accompagnent l'argile de façon similaire dans le profil et la couleur devient très vive. L'essentiel des sols de cette catégorie se rapport à deux groupes : ferrallitiques modaux et bruns évoluant sur différentes roches mères.

**I-6-4-Etat physique du sol :**

Les propriétés physiques du sol sont liées à deux notions fondamentales: la texture et la structure.

**\*Texture :**

La texture du sol caractérise la nature, la taille et la distribution des particules solides qui la constituent.

Quantativement, elle s'exprime par l'analyse granulométrique qui décrit les proportions relatives des diverses tailles des particules solides.

Les résultats de cette analyse permettent de classer un sol en utilisant, soit le triangle textural équilatéral de l'U.S (conservation soit service) soit le triangle textural rectangulaire recommandé par le GEPPA (groupe d'étude des problèmes pédologie appliqué), soit enfin la courbe granulométrique.

**\*Structure :**

La structure du sol caractérise la façon dont sont associées les particules élémentaires solides en agrégats.

C'est de la structure du sol que découlent directement des propriétés telles que la porosité qui est le rapport du volume des vides du sol et volume total exprimé en %, la cohésion, l'ameublissement .la structure se prête moins facilement que la texture à des analyses quantitatives.

**\*la densité apparente  $D_a$  :**

La densité est le poids des grains par rapport au volume de terre en place.

$$D_a = \frac{\text{poids de terre}}{\text{volume de terre en place}}$$

On mesure la densité apparente d'un sol par enfoncement d'un cylindre de volume connu dans le terrain, et par détermination du poids sec de cet échantillon.

**\*la densité réelle  $D_r$  :**

La densité réelle ou le poids spécifique d'un sol est le poids sec par unité de volume des grains solides

Les vides n'entrent pas en ligne de compte.

$$D_r = \frac{\text{poids de terre}}{\text{volume des grains}}$$

On mesure cette densité par détermination du poids sec et du poids du volume d'eau déplacée par les particules solides correspondant au volume des particules solides.

**\*la porosité totale p :**

Dans un sol en place la matière solide n'occupe pas en effet qu'une partie du volume total, les vides étant occupés soit par de l'eau soit par des gaz.

Il faut entendre par porosité, la fraction de l'unité de volume du sol en place qui n'est pas occupée par la matière solide.

Si l'on veut exprimer la porosité totale en % du volume de terre en place l'expression de la porosité est :

$$p = \frac{D_r - D_a}{D_r} \times 100$$

Les mesures ont concerné les paramètres physiques sont résumé dont le tableau suivant :

**Tableau I-13 : les paramètres hydrodynamiques du secteur de ouled boughalem**

stations	localisation		D <sub>a</sub>	D <sub>r</sub>	Pf 4,2	Pf 2,5	Porosité %
2	X=289825	Y=4020102	1,44	2,63	12,0	22,0	45,2
4	X=291330	Y=4018597	1,46	2,63	12,0	23,0	44,6
6	X=290343	Y=4017084	1,45	2,63	10,0	20,0	45,2
8	X=290343	Y=4014020	1,45	2,62	13,0	25,0	44,7
11	X=292336	Y=4019187	1,46	2,63	12,0	22,0	45,2
12	X=292336	Y=4018837	1,45	2,62	13,0	23,0	45,7

Source : DHW Mostaganem.

On remarque que les sols du secteur ont une densité apparente presque uniforme variant légèrement entre 1,44g/m<sup>3</sup> et 1,46g/m<sup>3</sup> ; et la densité réelle est uniforme sur l'ensemble du secteur. Les porosités enregistrées sont comprises entre 44,6% et 45,7%. Le sol de notre périmètre est limono-sableuse et à texture moyenne.

**I-6-5-propriétés physico-chimiques du sol :**

La concentration des sels peut influencer le sol directement ou indirectement de plusieurs manières :

➤ Influence directe :

L'accumulation des sels dans le sol entraîne une augmentation de la pression osmotique de la solution du sol et rend ainsi plus difficile l'absorption de l'eau par les plantes : pour une même humidité, un sol halomorphe sera plus sec qu'un sol non salé (sécheresse physiologique).

L'effet d'un excès de sels solubles va varier selon les propriétés physiques du sol (perméabilité, porosité ...).

➤ Influence indirecte :

Une teneur élevée en sodium échangeable (alcalinité sodique) va provoquer, dans les cas extrêmes, la dégradation de l'argile. Les limites de salure ont souvent fait l'objet de publication nombreuse car elles-mêmes étant en rapport avec d'autres caractères des plantes du sol.

**I-6-6-Paramètres d'évaluation des sols irrigables :**

L'importance des ressources en sols vis-à-vis du couple vocation agronomique et l'aptitude des sols à la pratique de l'irrigation s'effectue moyennant l'identification des paramètres caractéristiques du support sol, l'évaluation de leur importance et de leur évolution sous irrigation.

A cet effet, les principaux paramètres de classement des terres sont : la profondeur du sol, la texture, la salinité, la charge caillouteuse, le drainage, la teneur en calcaire et la pente. Toutefois, un diagnostic approfondi doit tenir compte de certaines spécificités relatives à une interdépendance des paramètres : cas de la relation profondeur du sol et nature de la roche mère (roches dures ou tendres) ou la relation texture et charge caillouteuse (capacité de stockage en eau du sol / drainage interne). Le classement des terres à l'irrigation s'articule sur l'évaluation et le jugement de l'importance des insuffisances qui les affectent. La hiérarchisation de ces insuffisances de mise en valeur en allant des plus contraignantes (facteurs limitant) jusqu'à celles dont l'incidence demeure limitée (contrainte) constitue la clé de classement des terres à l'irrigation.

Donc ces insuffisances en sols seront identifiées et ordonnées selon leur niveau d'importance et les possibilités d'amélioration envisageables moyennant certains aménagements.

**\*Classement des terres du périmètre à l'irrigation :**

A cet égard, les classes d'aptitudes à l'irrigation sont obtenues moyennant à la fois l'utilisation de la clef de classement et les caractéristiques de l'unité morpho-pédologiques comme suit :

**Tableau I-14 : Clef de classement des aptitudes des terres à l'irrigation**

Paramètres d'évaluation	CATEGORIES DES TERRES IRRIGABLES			
	I	II	III	IV
Profondeur /Roche mère/ Texture <u>Roche mère dure</u> - Texture moyenne - Texture grossière <u>Roche mère tendre</u> - Texture moyenne - Texture grossière	120 cm et plus - 80 cm et plus -	80 - 120 cm 120 cm et plus 50 - 80 cm 80 cm et plus	50 - 80cm 80 -120 cm 30 - 50 cm 50 - 80 cm	30 - 50 cm 50 - 80cm < 30 cm 30 - 50 cm
Texture	Moyenne	Fine Grossière	Très grossière	-
Salinité mmhos/cm	< 4	4 - 8	8 - 16	16 - 32
Perméabilité cm / h	0,8 - 3.5 0.5 - 6	0.1 - 0.5 ou 6 - 12	< 0.1 ou > 12	
Charge caillouteuse %	< 15	15 - 40	40 - 75	> 75
Teneur en Calcaire %	10 - 25	1 - 10 ou 25 - 50	> 50 ou < 1	
Pente %	< 2	2 - 5	5 - 8	8 - 12
Drainage Prof. Nappe (m) <u>Eau douce</u> <u>Eau salée</u>	2 3	1,2 2	0,75 1,2	< 0,75 < 1,2

Source : DHW Mostaganem.

Ainsi quatre catégories d'aptitudes à l'irrigation ont pu être identifiées :

**Catégorie I** : potentialités en sol très favorables, permettant une mise en valeur hautement productive sans aménagement au préalable, aptitude à l'irrigation très élevée. ,

**Catégorie II** : potentialités en sol favorables, permettant d'obtenir une production satisfaisante malgré la présence de certaines contraintes mineures, aptitude à l'irrigation élevée.

**Catégorie III** : potentialités en sol de qualité moyenne, correspondant à des ressources édaphiques présentant certaines contraintes, avec possibilité d'améliorations moyennant la pratique de certains travaux d'aménagement, aptitude à l'irrigation moyenne.

**Catégorie IV** : potentialités en sol marginales correspondant à des sols à facteurs limitant pour une mise en valeur en irrigué, faibles aptitudes à l'irrigation.

**Remarque :**

Les ressources en sol sont potentiellement intéressantes dans l'ensemble pour une mise en valeur en irrigué. Les sols sont globalement sains et présentent des aptitudes bonnes à moyennes pour les divers types de culture : arboriculture ; cultures maraichage ; cultures fourragères et céréales.

**I-7-Ressources en eau :**

Avant d'entamer une étude d'aménagement hydro-agricole, il faut d'abord localiser et quantifier l'eau nécessaire à l'irrigation. Dans le secteur étudié, il existe des ressources en eau de surface et des ressources en eau souterraines :

**I-7-1-Ressources en eau de surface :**

Les études présentées dans le rapport relatif à l'analyse des ressources en eau de surface ont eu comme objectif principal la définition des ressources en eau disponibles pour l'alimentation du périmètre, en considérant comme origine de l'eau les barrages actuellement en cours de construction dans le bassin hydrographique de l'oued Kramis : le barrage Kramis sur l'oued du même nom et éventuellement le petit barrage Bakhrti sur l'oued Sidi Bakhrti.

Les études réalisées ont concerné la révision des études hydrologiques du barrage de Kramis, notamment:

- La détermination de séries de pluviométrie moyenne sur les bassins versants, pour une période aussi longue que possible (61 années).
- L'établissement d'une relation pluie-écoulements.
- La détermination de séries d'écoulements annuels affluents aux sites des barrages pour la même période.
- L'évaluation des besoins en eau, soit pour l'AEP soit pour l'irrigation et les respectives distributions correspondantes.
- La définition de niveaux de garantie de fourniture d'eau considérée acceptable.
- Le développement d'un modèle mathématique de simulation de l'exploitation mensuelle des deux retenues.
- La détermination de la capacité de régularisation a été faite par l'utilisation du modèle mathématique de simulation de l'exploitation.

Et suite à l'analyse de ces derniers, on a pu conclure que l'apport annuel moyen affluant à la section du barrage de Kramis est d'environ  $23,8 \text{ hm}^3 / \text{an}$  et celui à la section du barrage de Bakhrti de  $3,3 \text{ hm}^3 / \text{an}$ .

**I-7-1-1-Les caractéristiques du barrage de Kramis :**

Le barrage de Kramis dont les travaux ont été achevés en septembre 2005 est un barrage en terre dont la capacité de stockage totale est de  $44,9 \text{ hm}^3$  avec un niveau de retenue normale à la cote 108m ; une capacité utile au-dessus du niveau minimale d'exploitation à la cote 80m, de  $33 \text{ hm}^3$  et une hauteur maximale de 48m.



**Figure 1-9 : photo présentée oued de Kramis.**

➤ **Les principales caractéristiques du barrage sont :**

➤ niveau de la retenue normale -----	108,00 m NGA
➤ niveau des plus hautes eaux -----	111,10 m NGA
➤ Surface inondée au -----	1,57 Km <sup>2</sup>
➤ Niveau minimal d'exploitation :	
+ Pour irrigation : -----	80m
+ Pour alimentation en eau potable -----	82,50m
➤ Volume totale de la retenue -----	44,90 hm <sup>3</sup>
➤ Volume utile de la retenue -----	33,00 hm <sup>3</sup>
➤ Volume mort -----	11,9 hm <sup>3</sup>

Pour prévenir aux problèmes de baisse du niveau d'eau qui pourront être dû à une exploitation intensive, un petit barrage ; barrage de bakharti a été construit pour le renforcement de la capacité de régularisation du barrage de Kramis. Ce barrage de bakhrti a une capacité de stockage utile d'environ 3 hm<sup>3</sup> ; ce qui ramène ainsi le volume utile de stockage totale des eaux retenues celle de Kramis et celle de Bakhrti) à 36 hm<sup>3</sup>.

**I-7-1-2-Qualité de l'eau d'irrigation :**

La plupart des problèmes qui se développent en agriculture irriguée proviennent de la composition chimique de l'eau d'irrigation. L'utilisation de types variés d'eaux pour l'irrigation, aussi bien que la nécessité de prédire les problèmes qui peuvent se développer quand différentes eaux d'irrigation sont utilisées, ont créé le besoin pour un système de classification de la qualité de l'eau qui est complètement différent des systèmes utilisés pour l'industrie, la vie aquatique et la santé, etc. Plusieurs schémas ont été proposés pour classer les eaux par rapport à leur qualité pour l'irrigation. L'eau n'a pas de qualité inhérente en soi

excepté dans le contexte pour lequel elle est utilisée. Sa qualité dépend de ce qui peut être fait avec elle sous des conditions spécifiques d'utilisation. Ces conditions spécifiques incluent la tolérance à la salinité de la culture utilisée, de différentes propriétés physiques et chimiques du sol, et des pratiques de l'irrigation, fréquence d'irrigation et les conditions climatiques de la région. Les critères pour évaluer la qualité de l'eau d'irrigation doivent inclure tous ces facteurs et devraient être évalués sur la base du danger potentiel que présente l'eau à créer des conditions dangereuses à la croissance et à leur utilisation.

### **I-7-1-3-Les caractéristiques physico-chimiques pour évaluer la qualité de l'eau d'irrigation:**

1- **SALINITÉ** : Les principaux sels responsables de la salinité de l'eau sont les sels de calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ), de Magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ ), de Sodium ( $\text{Na}^+$ ), de Potassium ( $\text{K}^+$ ), les Chlorures ( $\text{Cl}^-$ ), les Sulfates ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) et les Bicarbonates ( $\text{HCO}_3^-$ ). Une valeur élevée de la salinité signifie une grande quantité d'ions en solution, ce qui rend plus difficile l'absorption de l'eau et des éléments minéraux par la plante, et peut même causer des brûlures racinaires.

La salinité se mesure de deux manières :

- Soit par les matières dissoutes totales (TDS), en mg/l;
- ou, par la Conductivité Electrique (CE), en mmhos/cm, mS/cm ou dS/m.

2- **SODIUM** : proportion relative des cations sodium ( $\text{Na}^+$ ) par rapport aux autres.

(SAR et SAR aj) Cet élément est considéré comme étant l'élément le plus indésirable dans l'eau d'irrigation.

3- **ALCALINITÉ et DURETÉ** : concentration d'anions Carbonate ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) et bicarbonate. L'alcalinité est une mesure du pouvoir de l'eau à neutraliser les acides.

4- ( $\text{HCO}_3^-$ ) en relation avec la concentration en calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ) et en magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ ).

5- **pH DE L'eau d'irrigation** : Le pH est la mesure de la concentration en ions hydrogènes de la solution ( $\text{H}^+$ ). Plus la concentration en ions hydrogènes est élevée, plus le pH est bas et plus c'est acide. Le pH de l'eau d'irrigation devrait se situer entre 5,5 et 8,5. À ces valeurs, la solubilité de la plupart des microéléments est optimale.

6- **Autres éléments** : Chlorure, Sulfates ... etc.

Les deux premiers critères sont d'importance majeure, car un excès de sel augmente la pression osmotique de l'eau du sol et provoque des conditions qui empêchent les racines d'absorber l'eau, provoquant une sécheresse physiologique et un flétrissement des plantes puisque les racines n'absorbent pas suffisamment d'eau pour remplacer celle perdue par évapotranspiration.

Alors la qualité de l'eau de surface qui sera utilisée pour l'irrigation a été caractérisée par l'analyse des données de qualité d'eau brute de l'Oued Kramis (échantillonnage fait dans les années 1996, 1997, et 2001) présentées dans l'étude de la station de traitement (Groupe INCO-MAG, 2004). Les valeurs de référence en ce qui concerne la qualité de l'eau brute pour la station hydrométrique de l'Oued Kramis sont présentées dans le tableau suivant :

**Tableau I-15 : Qualité de l'eau brute pour la station hydrométrique de l'Oued Kramis**

Paramètre	Moyenne	Maximum	Minimum
Conductivité en $\mu\text{s}/\text{cm}$	730	964	496
Résidu Sec en mg/l	1568	2040	660
PH	7,9	8,2	7,5
$\text{Cl}^-$ en mg/l	311	631	109
$\text{Na}^+$ en mg/l	175	249	101
$\text{Ca}^{++}$ en mg/l	140	212	67
$\text{Mg}^{++}$ en mg/l	59	93	25
$\text{K}^+$ en mg/l	14	21	8
$\text{SO}_4^{2-}$ en mg/l	550	960	178
$\text{HCO}_3$ en mg/l	122	182	70
$\text{NO}_3^-$ en mg/l	11	32	2

Source : DHW Mostaganem.

Pour l'ensemble des paramètres analysés ici, on remarque que selon les normes de la FAO pour la classification des eaux d'irrigation applicable dans la majorité des aménagements hydro-agricoles des régions arides et semi-arides, leurs valeurs moyennes correspondent à des valeurs de classes de restriction d'utilisation II, faibles à modérées ; ne causant pas de préjudice aux cultures. Mais pour le PH, quelques problèmes relatifs à la précipitation du calcium qui peut entraîner des incrustations sont prévisibles.

#### **I-7-1-4-La conductivité électrique :**

La quantité totale des sels est exprimée, généralement, par la conductivité électrique (CE), elle est une propriété associée à la mobilité des ions, elle est mesurée à 25°C et exprimée en mmhos/cm.

On distingue quatre classes de danger de salinité de l'eau en fonction de la conductivité électrique :

##### **❖ Classe C1 : $\text{CE}_{25^\circ\text{C}} < 0,25$ mmhos/cm**

Eau de faible salinité utilisable pour irriguer la plupart des cultures sur la plupart des sols sans grand risque de salinisation du sol.

##### **❖ Classe C2 : $\text{CE}_{25^\circ\text{C}}$ compris entre 0,25 et 0,75 mmhos/cm.**

Eaux de salinité moyenne qualifiées de peu dangereux, convient pour les plantes modérément tolérantes aux sels.

❖ **Classe C3 : CE<sub>25°C</sub> compris entre 0,75 et 2,25 mmhos/cm ;**

Eaux dont la salinité est qualifiée de forte, inutilisables pour les sols à drainage restreint. Même avec un bon drainage, des pratiques spéciales de contrôles de salinité nécessaires et les plantes ayant une bonne tolérance aux sels peuvent pousser.

❖ **Classe C4 : CE<sub>25°C</sub> > 2,25 mmhos/cm**

Eaux de salinité très forte, normalement inutilisables pour l'irrigation. Exceptionnellement, elles peuvent être utilisées sur des sols très perméables avec un lessivage intense. Les plantes très tolérantes aux sels pourront être cultivées.

L'eau du barrage de kramis prévue pour l'irrigation du périmètre étudié a une conductivité électrique moyenne **CE=0,73mmhos/cm**. Donc l'eau en classe C2.

**I-7-1-5-Le SAR (Sodium Absorption Ratio) :**

C'est le rapport du Sodium par rapport aux autres cations. Ce terme est très utilisé et exprime le niveau d'alcalinité de l'eau à l'aide de la formule suivante :

$$\text{SAR} = \frac{\text{Na}^+}{\sqrt{\frac{\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}}{2}}}$$

$$\text{SAR} = \frac{175}{\sqrt{\frac{140+59}{2}}} = 17,55$$

**On distingue quatre (4) classes :**

❖ **classes S1 : S.A.R < 10**

L'eau contenant une faible quantité de sodium, peut être utilisée pour l'irrigation de presque tous les sols sans qu'il y ait à craindre que des difficultés ne surgissent du point de vue alcalinisation.

❖ **classes S2 : 10 < S.A.R < 18**

La quantité de sodium est qualifiée de moyenne. Le danger d'alcalinisation du sol est appréciable dans les sols à texture fine et à forte capacité d'échange, surtout dans des conditions de faible lessivage. Ces eaux peuvent poser des problèmes sur le plan structural du sol à moins que du gypse soit présent en quantité suffisante au niveau de ce dernier. Elles sont utilisables sur les sols à texture grossière ou les sols organiques ayant une bonne perméabilité.

❖ **classes S3 : 18<S.A.R<26**

La quantité de sodium dans ces eaux est qualifiée d'élévée. Elles sont à employer avec prudence. Sinon de graves difficultés peuvent apparaître sur la plupart des sols

❖ **Classes S4 : S.A.R>26**

De telles eaux sont qualifiées d'impropres à l'irrigation, sauf si sa salinité est très faible et si on ajoute du gypse ou autre source de Ca soluble pour améliorer le bilan ionique.

**Pour notre cas en classe S2.**

On réfère au diagramme de classification des eaux d'irrigation (voir les annexes N° 6). On peut affirmer que notre eau est caractérisée par une salinité moyen avec un risque d'alcalinité moyen aussi, c'est pour ça on le trouvé dans l'intervalle (C2-S2), ce qui montre que la qualité de ces eaux est acceptable dans le domaine d'irrigation

**I-7-2-Ressources en eaux souterraines :**

**I-7-2-1-Hydrogéologie et Ressources en eau souterraines :**

Des études antérieures ont montré que le secteur de ouled boughalem est dépourvu de nappe d'eau souterraine, mais selon l'enquêtes sur l'inventaire des points d'eau ; Le tableau ci-après présente une synthèse des données les plus significatives de l'inventaire des ressources en eau souterraine de la zone d'étude.

**Tableau I-16 : Synthèse des ressources en eau souterraine**

Secteur	Nombre de points d'eau	Niveau statique m	Prélèvement par point (m <sup>3</sup> /an)	Prélèvement actuel du secteur (m <sup>3</sup> /an)	Prélèvement possible à l'avenir (m <sup>3</sup> /an)
Ouled Boughalem	59	0.5 à 25	4.000	100.000	100.000

Source : DHW Mostaganem.

A l'avenir l'ensemble de l'infrastructure consentie, tant par l'Etat que par les bénéficiaires avec 674 points d'eau dont 464 puits équipés continuera de donner lieu à une exploitation dans le périmètre projeté. Ainsi, l'exploitation des ressources locales pourrait contribuer à hauteur de 2 Millions de m<sup>3</sup>/an à la couverture totale des besoins du périmètre.

**I-7-2-2-Les ressources mobilisables et les moyens de mobilisation envisageables :**

Trois moyens s'offrent pour la mobilisation des ressources avec des ouvrages d'une productivité significative.

- Leur collecte dans les oueds qui drainent la nappe.
- Leur captage par forage.

- Leur captage par puits à drains rayonnant.

✓ **Mobilisation du drainage de la nappe dans les retenues collinaires :**

Pour les ressources drainées par les Oueds et vu l'encaissement de la plus part des Oueds dans le substratum imperméable, qu'ils s'éloignent de 1,5 à 2 Km par rapport à la mer et en dehors des captages existants (puits généralement de mauvaise productivité, le moyen de captage centralisé qui semble le plus adapté est constitué par la réalisation de retenues dans les vallées collectrices). Une série de thalwegs pourrait servir à l'objet soit d'est en ouest ; les oueds Zerrifa, Roumane<sup>(4)</sup>, Sidi abid Moussa.

✓ **Captage de la nappe par forage :**

En plus du drainage de nappe dans les retenues, le reste de la structure soit 70% des bassins hydrogéologiques identifiés pourraient être capté au moyen de plusieurs techniques dont les forages.

Des forages d'une profondeur n'excédant pas 100 m, pourrait être envisagés principalement là où l'épaisseur des couches saturées dépassaient au moins 15 m. Les principales zones intéressées concernent la partie côtière des compartiments centrales et orientales de la nappe où la formation Estienne prend une épaisseur importante.

✓ **Captage par puits à drains rayonnants :**

Ce mode de captage est généralement indiqué sous deux conditions :

- Existence d'une nappe dont la tranche saturée est faible sans pour autant être en deçà de 3 à 5 m.
- Texture pulvérulente de la couche saturée autorisant le fonçage de drains rayonnants grâce à des vérins mécaniques éventuellement couplés avec une injection d'eau en tête du drain pour en faciliter la pénétration.

### **I-8-Conclusion :**

L'analyse des conditions naturelles de la zone d'étude montre :

- Le climat de la région est un climat Semi-Aride.
- La région est soumise à un régime de climat sec, et que l'irrigation est souvent indispensable.
- L'eau de la source de kramis est de qualité acceptable, donc elle peut être utilisée pour l'irrigation de notre barrage.

---

<sup>(4)</sup> premier grand Oued qu'on franchi de Sid Ali avant d'atteindre le barrage de kramis



# *CHAPITRE*

## *II*

*Etude agro socioéconomique*

**II-1-Introduction :**

L'étude Agro-socio-économique du projet d'aménagement hydro agricole du périmètre de ouled Boughalem, objet du présent chapitre a pour but d'analyser les contraintes socio-économiques et les facteurs qui influencent sur la production agricole végétale et animale, depuis la mise en place de la culture, et même avant, jusqu'à la récolte et l'écoulement du produit sur le marché, et de proposer les orientations de développement agricole pour la mise en valeur du périmètre.

**II-2-statistique de la population :**

La population des communes concernées par l'aménagement hydro agricole est de l'ordre de 107757 habitants cette estimation de Juin 2004, soit 15% de la population totale de l'ensemble de la wilaya qui compte 32 communes, de cette population, une frange très importante (12%) exerce dans le domaine agricole dont la majorité des exploitations sont regroupés au sein des organisations professionnelles et coopératives agricole. La répartition de la population par commune est donnée dans le tableau ci-après

**Tableau II-1 : Population de la zone d'étude par commune**

N°	Communes	populati on Mars 1987 RGPH	populati on Mars 1998 RGPH	taux d'accroiss. démographi que (TAD%)	Estimation Juin 2004	%
1	Khadra	9 089	12 294	2,72	14 443	13,4
2	Achaacha	24 661	31 360	2,16	35 648	33,1
<b>3</b>	<b>Ouled Boughalem</b>	<b>9 331</b>	<b>11 886</b>	<b>2,17</b>	<b>13 523</b>	<b>12,5</b>
4	S_Lakhdar	25 583	30 950	1,70	34 258	31,8
5	Nekmaria	7 702	9 104	1,50	9 953	9,2
<b>Total</b>		<b>76 366</b>	<b>95 594</b>	<b>2,02</b>	<b>107 757</b>	<b>100,0</b>
Wilaya		505 932	631 058	1,98	709 998	15,18

Source : DHW Mostaganem

Le tableau ci- après présente la répartition de la population des communes concernées entre population rurale et population urbaine en 1987 et en 1998.

**Tableau II-2 : Population rurale et population urbaine des communes de la zone d'étude**

N°	Communes	1987		1998		Pop rurale/Pop totale (en %)	
		Pop Rurale	Pop Urbaine	Pop Rurale	Pop urbaine	1987	1998
1	Khadra	9 089		12 294		100	100
2	Achaacha	24 661		31 360		100	100
3	O. Boughalem	9 331		11 886		100	100
4	S. Lakhdar	25 583		24 381	6 563	100	78,78
5	Nekmaria	7 702		9 104		100	100
<b>Total</b>		<b>76 366</b>		<b>89 025</b>	<b>6 563</b>	<b>100</b>	<b>93,13</b>
Wilaya		337 773	165 591	410 084	220 943	66,76	64,98

Source : DHW Mostaganem

Selon les données du tableau ci-avant, la population rurale a augmenté entre les deux recensements, pour les 5 communes concernées par le projet de 12.659 habitants (16,6 %), et pour l'ensemble de la Wilaya de Mostaganem de 72.311 (soit 21,4 %), sauf la commune de Sidi Lakhdar dont la population rurale a diminué de 1202 habitants (-4,7 %) sous les effets du phénomène de l'urbanisation du chef-lieu de commune et sous les effets d'autres facteurs sociopolitiques.

Et comme on ne peut pas parler de l'agriculture sans parler de l'élevage, on doit rappeler que les agricultures de la zone du projet pratiquent aussi de l'élevage qui constitue une source de revenu d'appoint au niveau des petites exploitations. Le cheptel est constitué de bovins, ovins et caprins ; et tire l'essentiel de son alimentation des sous-produits de la céréaliculture (chaumes, paille et jachère).

#### **\*Le raccordement aux réseaux assainissement, eau potable et électricité**

Le tableau ci- après donne la répartition des logements occupés selon le mode d'approvisionnement en eau et le raccordement au réseau électrique.

**Tableau II-3 : Type de desserte en eau et en électricité des logements de la zone d'étude**

N°		Réseau AEP	Puits	Source	Citernes mobile	Autre	ND	Total approuvé en eau	Reliés au réseau électrique
1	Khadra	527	422	19	125	479		1 572	1 268
2	Achaacha	531	977	102	1 163	1 061	1	3 835	3 062
<b>3</b>	<b>Ouled Boughalem</b>	<b>98</b>	<b>282</b>	<b>15</b>	<b>524</b>	<b>511</b>		<b>1 430</b>	<b>1 124</b>
4	S. Lakhdar	1 470	1 000	355	329	1 379		4 533	3 901
5	Nekmaria	216	218	34	178	433		1 079	
<b>Total zone d'étude</b>		<b>2 842</b>	<b>2 899</b>	<b>525</b>	<b>2 319</b>	<b>3 863</b>	<b>1</b>	<b>12 449</b>	<b>9 355</b>
% horizontal		22,83	23,29	4,22	18,63	31,03	0,01	100,00	75,15
Wilaya		47 148	13 164	2 539	4 930	19 463	53	87 297	75 265

Source : DHW Mostaganem

**II-3- Types des cultures pratiquées et systèmes de production existants :**

On constate que ; la répartition spatiale des cultures, la variation du taux d'occupation du sol pour chaque culture, ainsi que les productions végétales et animales sont intimement liés ; aux conditions climatiques, aux paramètres socio-économiques et surtout à la disponibilité de la ressource en eau pendant la saison sèche. L'étude menée dans le cadre de ce projet montre que l'occupation actuelle des sols est largement dominée par les céréales (49,4%) et les vignes (38%). Les cultures maraîchages occupent près de (9%) des surfaces cultivées ; en revanche l'arboriculture fruitière est pratiquement inexistante. L'occupation actuelle des sols de secteur de ouled boughalem est largement dominée par céréale (47,37) et les maraichages (52,63). Le tableau ci-après présente l'occupation actuelle des terres de la zone d'étude par secteur.

**Tableau II-4 : Occupation actuelle des sols du périmètre en ha**

Cultures	Sidi lakhdar	Khadra	Kramis	Ouled boughalem	ensemble
Céréales	176	1098	669	225	2168
Céréale intercalaires	39	100			139
Maraichages	13	152	31	90	286
Vignes	383	1250		50	1683
Arboriculture	9			15	24
Total	620	2600	700	380	4300

Source : DHW Mostaganem

Le graphe ci-après qui représente l'occupation du sol par les différentes cultures des terres de la zone d'étude :

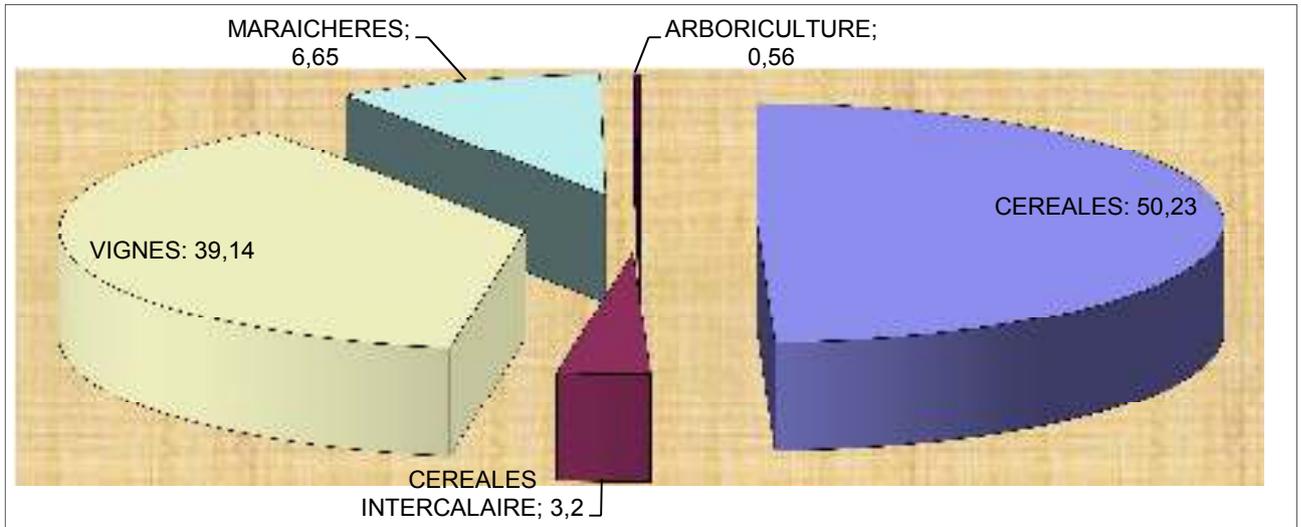


Fig. II-1 : répartition de sols par occupation.

D'après le graphe ci-dessous et en fonction du tableau II-4 ; nous remarquons que le sol d'ouled boughalem est occupé par les céréales (225 ha) et les maraichages (90 ha).

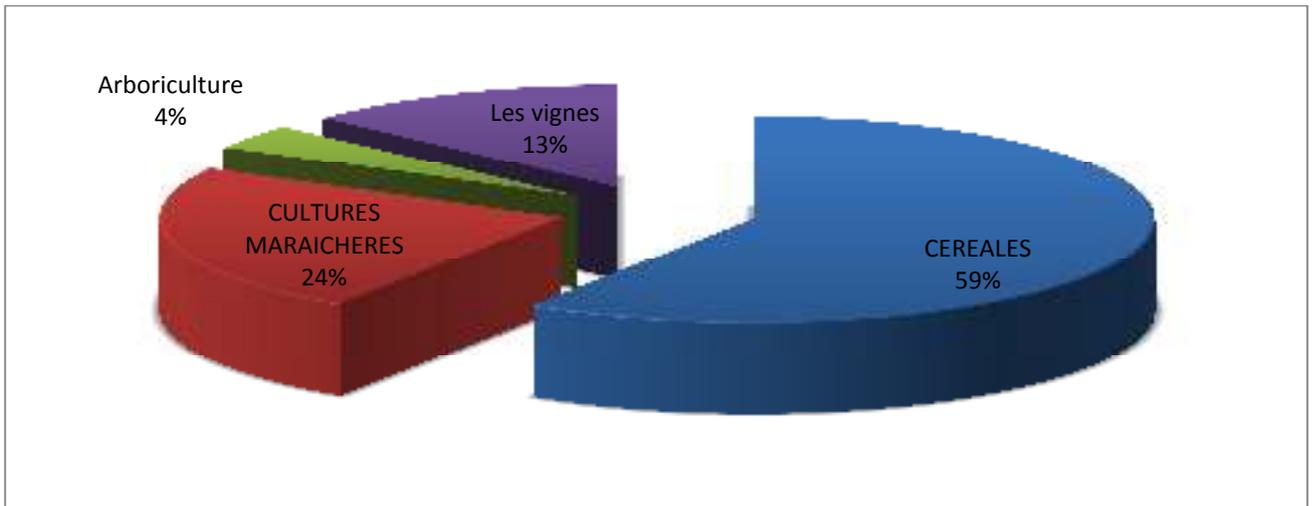


Fig. II-2 : occupation des sols de ouled boughalem par groupe de culture

**II-4-Assolement et rotation choisis :**

**a) Assolement**

L'assolement est défini comme étant la répartition des cultures dans la parcelle, il a également pour effet, d'assurer une utilisation rationnelle des éléments nutritifs en fonction des préférences marquées des plantes pour ces derniers et leur mode d'alimentation suivant le système racinaire des cultures.

On peut citer encore les objectifs de l'agriculture, qui visent principalement la satisfaction des besoins de consommation de la population locale. En fin on souligne que l'assolement est fait en fonction :

- ☞ Des facteurs écologiques (climat, sol ...).
- ☞ Des facteurs humains (mains d'ouvre et sa qualification).
- ☞ Des facteurs techniques (organisation du travail, matériel).
- ☞ Des facteurs économiques (prix de produits, débouchés ...).

**b) Rotation**

La rotation est l'ordre de succession des cultures sur une même parcelle. Elle correspond à une répartition des cultures dans le temps. Elle permet aux plantes :

- ☞ Réserves minérales : la rotation permet aux plantes selon leur exigence et la zone de développement des racines d'exploiter au mieux les ressources minérales.
- ☞ Propriétés des sols : certaines plantes tendent à détériorer la structure du sol, d'autre plantes sécrètent des toxines racinaires, mais il existe par contre des cultures améliorantes.
- ☞ La rotation constitue un moyen de lutte contre les mauvaises herbes, les maladies et les parasites

**II-5- Conclusion :**

Ce projet vient de résoudre les problèmes d'irrigation des agricultures et les ont encouragé pour l'investissement dans ce domaine et limitation d'urbanisation, afin de diminuer le taux de chômage ainsi que l'augmentation du rendement agricole. Le développement agricole de la zone d'étude par le biais de l'irrigation est une condition nécessaire du passage d'une agriculture traditionnelle et aléatoire à une agriculture moderne et sécurisée qui insufflera avec certitude un développement économique à toute la région



# *CHAPITRE*

## *III*

*Besoins en eau*

**III-1-Introduction :**

Le présent chapitre, se propose de quantifier les besoins en eau des cultures sur la base des informations définies auparavant, conditionnant la conception de notre projet tels que : les conditions climatiques, systèmes agronomiques, l'intensité culturale, potentialités des sols, l'eau disponible, fertilité des sols, pratique culturale et méthodes d'irrigation.

**III-2-Choix des cultures :**

Dans cette étude qui nous amène au choix des cultures, on se basera sur plusieurs facteurs, qui sont :

**◆ Climat :**

La plante a des exigences climatiques telles que la quantité de chaleur nécessaire pour accomplir son cycle, températures critiques, minimale et optimales, besoins en eau et périodes critiques.

**◆ Sol :**

Les caractéristiques des sols ont une importance pour le choix des cultures. Telle que la texture, la structure, le PH, la profondeur de la nappe, et la profondeur de la couche active.

**◆ Qualité des eaux d'irrigation :**

L'irrigation par des eaux fortement minéralisée à une action directe sur le rendement des cultures pour cela il faut choisir des cultures tolérantes à une salinité existante ou éventuelle.

**III-3-Les cultures adaptées à la zone :**

La bonne qualité des sols, la disponibilité de l'eau d'irrigation dans la situation avec projet, constitue des conditions favorables au développement d'une agriculture performante.

Les cultures actuellement les mieux adaptées sont :

- ◆ Les arbres fruitiers rustiques tels que le pêcher, le prunier, la vigne, l'olivier de table, l'amandier qui sont moins exigeants en matière de ressources en eau.
- ◆ L'arboriculture sensible (agrumes) de type clémentine-navels sur les sols sableux et oranges-valentialate sur les sols se texture moyenne à fin.
- ◆ Les céréales de climat tempéré telles que le Blé dur, le Blé tendre, l'orge, l'avoine.
- ◆ Les cultures maraichères à racines peu profond (telle que la tomate et la carotte), qui préfèrent des sols à textures moyennes.
- ◆ Les maraichages à racines peu profondes adaptés aux textures fines telles que le chou-fleur, le chou, la laitue, les oignons.

On notre périmètre le choix de la culture et l'occupation du sol sont résumé en tableau suivant :

**Tableau III-1 : surface occupée par les différentes cultures**

Type des cultures	Céréales	blé	Cultures maraichères	Pomme de terre	Laitue	Arboriculture	agrumes	vigne
Surface occupée ha	<b>225</b>	225	<b>90</b>	60	30	<b>15</b>	15	<b>50</b>

**III-4-Besoin en eau du périmètre : [4]**

Les cultures pour se développer, puisent du sol, l'eau et les éléments nutritifs. La quantité d'eau donnée à la culture n'est pas entièrement absorbée par la culture, une partie percole et se perd en profondeur. L'eau qui constitue la plante est libérée par transpiration à travers l'appareil foliacé, le reste est évaporé par le sol, L'ensemble de ces deux actions est l'évapotranspiration.

Le besoin en eau d'irrigation ou la consommation en eau de la culture définie comme la hauteur d'eau (mm) consommé par l'évapotranspiration de la culture. Pour déterminer l'évapotranspiration de la culture (ETc) on utilise l'évapotranspiration de référence (ETo) d'une culture de référence conduite dans des conditions de référence, de sorte que le taux d'évapotranspiration (mm /j) représente les conditions climatique locales.

L'évaluation des besoins en eau du périmètre est basée sur la détermination des besoins de chaque culture retenue dans le calendrier agronomique, pour cela il faut déterminer :

**III-4-1- L'évapotranspiration :**

L'évapotranspiration est un phénomène complexe intégrant à la fois l'évaporation de l'eau du sol (phénomène physique) et la transpiration de la couverture végétale (phénomène physiologique). Sous le nom l'évapotranspiration, englobe la totalité de la consommation d'eau d'une plante en place.

On distingue l'évapotranspiration de référence (ETo), l'évapotranspiration potentielle (ETP) et l'évapotranspiration réelle (ETR).

L'évapotranspiration de référence, est définie comme " le niveau d'évapotranspiration d'une surface importante d'un gazon de hauteur uniforme (entre 8 et 15 cm), en croissance active, recouvrant complètement le sol et alimenté en eau de façon non restrictive "

L'évapotranspiration potentielle, c'est l'évapotranspiration d'une culture bien fournie en eau et où le sol est à sa capacité de rétention ; c'est la limite maximale de l'évapotranspiration.

L'évapotranspiration réelle, c'est la valeur réelle de l'évapotranspiration, le plus souvent elle est inférieure à l'évapotranspiration potentielle, puisque le sol n'est pas en permanence à sa capacité de rétention.

**III-4-2-Méthodes d'évaluation d'évapotranspiration :**

L'évapotranspiration potentielle peut être évaluée selon plusieurs possibilités parmi lesquelles :

- L'évapotranspiromètre.
- Les stations expérimentales.
- Méthode de bilan hydrique.
- Méthode de bilan thermique.
- Formules empiriques.

Il existe plusieurs formules empiriques parmi lesquelles :

- **Formule** de BLANEY-CRIDDLE
- Formule de TURC
- Formule de PENMAN et MONTEITH Modifiée
- Formule de Thornthwaite
- Formule de Prinstley- Taylor
- Formule de Makkink
- Formule de Hargreaves

**III-4-2-1-Formule de PENMAN et MONTEITH Modifiée :**

La formule de M<sup>f</sup> Penman et Montheit modifiée se présentant comme suit

$$E_{To} = C \times [ w \times R_n + ( 1 - w ) \times F ( u ) \times ( e_a - e_d ) ]$$

E<sub>To</sub> : représente l'évapotranspiration de référence, exprimée en mm / jour.

W : facteur de pondération rendant compte de l'effet de rayonnement à différente température et altitude.

R<sub>n</sub> : rayonnement net évaporation équivalente exprimé en mm/ j

F(u) : fonction liée au vent.

e<sub>a</sub> : tension de vapeur saturante à la température moyenne de l'air, en millibars.

e<sub>d</sub> : tension de vapeur réelle moyenne de l'air, exprimée en millibars.

$(e_a - e_d)$ : constitue le facteur de correction, afin de compenser les conditions météorologiques diurnes et nocturnes.

Le calcul de l'évapotranspiration de référence est effectué à l'aide d'un logiciel appelé CROPWAT 5.7, fondé sur la méthode de M<sup>r</sup> Penman et Monteith modifiée et recommandée par la consultation des experts de la FAO tenue à Rome en Mai 1990.

Pour l'exploitation du logiciel, nous devons fournir les données climatiques mensuelles de la station météorologique: à savoir:

- Les températures moyennes en degré Celsius.
- L'humidité relative de l'air exprimé en (%)
- L'insolation journalière en heure
- La vitesse du vent en m /s

Les résultats de l'évapotranspiration de référence ETo calculés à l'aide du logiciel CROPWAT 5.7 sont récapitulés dans le tableau ci-après.

**Tableau III-2 : Evapotranspiration de référence (ETo) de la zone d'étude selon Penman Monteith**

mois	Temp moy	Humidité relative	Vent	insolation	Radiation	ETo
	°C	%	km/j	heurs	MJ/m <sup>2</sup> /j	mm/j
Janvier	10.8	76	156	6.2	9.9	1.21
Février	11.3	76	142	7.4	13.4	1.64
Maras	13.6	73	146	8.2	17.4	2.47
Avril	15.2	68	207	9.1	21.5	3.49
Mai	18.6	69	182	9.7	23.9	4.24
Juin	22.1	67	176	10.6	25.7	5.04
Juillet	24.8	66	144	9.8	24.3	5.11
Aout	25.8	66	133	9.9	23.2	4.9
Septembre	22.8	71	138	8.8	19.2	3.67
Octobre	19	73	145	7.1	14	2.43
Novembre	14.6	76	159	6.2	10.4	1.51
Décembre	12	76	146	5.9	9	1.12
année	17.6	71	156	8.2	17.6	1123.5

#### **III-4-3-Calcul de la pluie efficace :**

La pluie efficace est définie comme étant la fraction des précipitations contribuent effectivement à la satisfaction des besoins de l'évapotranspiration de la culture après déduction des pertes par ruissellement de surface, et par percolation en profondeur, etc... Le calcul des pertes par ruissellement ou par percolation peut être effectué en choisissant une des quatre méthodes données par CROPWAT :

### 1. Pourcentage fixe des précipitations :

La précipitation efficace est calculée selon la relation  $P_{eff} = a * P_{tot}$  dans laquelle  $a$  est fraction donnée par l'utilisateur pour tenir compte des pertes par ruissellement et percolation profonde. En général, les pertes avoisinent 10 à 30%, auquel cas  $a=0.7$  à  $0.9$ . en générale en prend  $a=0,8$ .

### 2. formule empirique pour précipitation de projet :

Elle est basée sur une analyse réalisée pour différents climats, aride et subhumide. Une formule empirique a été établie par AGLW/FAO pour déterminer la précipitation efficace correspondant à une probabilité de dépassement de 80% tenant compte des pertes estimées dues au ruissellement et à la percolation. Cette formule peut être utilisée dans des buts de conception ou une probabilité au dépassement de 80% est requise. Le calcul est le suivant :

$$P_{eff} = 0.6 P_{tot} - 10 \quad \text{pour } P_{tot} < 70 \text{ mm}$$

$$P_{eff} = 0.8 P_{tot} - 24 \quad \text{pour } P_{tot} > 70 \text{ mm}$$

### 3. formule empirique :

Les paramètres peuvent être déterminés à partir d'une analyse des données climatiques locales. La relation peut, dans la plus part des cas, être simplifiée par les équations suivantes :

$$P_{eff} = a * P_{tot} + b \quad \text{pour } P_{tot} < z \text{ mm}$$

$$P_{eff} = c * P_{tot} + d \quad \text{pour } P_{tot} > z \text{ mm}$$

$A, b, c, d$  et  $z$  sont des coefficients de corrélation.

### 4. la méthode USDA-SCS :

Les précipitations efficaces peuvent être calculées par les formules recommandées par le United States Département of Agriculture – Soil conservation service :

$$P_{eff} = P_{tot} * (1 - 0.2 P_{tot}/125) \quad \text{pour } P_{tot} < 250 \text{ mm}$$

$$P_{eff} = 125 + 0.1 P_{tot} \quad \text{pour } P_{tot} > 250 \text{ mm}$$

**En général**, l'efficienc e d'une précipitation diminue lorsque celle-ci augmente. Vu, que dans la plus part des cas quand les précipitations sont inférieures à 100mm/mois l'efficienc e sera approximativement 80%, On optera pour la première méthode qui est la méthode du pourcentage fixe des précipitations. Les résultats obtenus sont portés dans le tableau suivant :

**Tableau III-3 : calcul des pluies efficaces.**

Mois	ET <sub>0</sub> (mm/jour)	Précipitation p <sub>80%</sub> (mm/mois)	Pluie efficace (mm/mois)
Janvier	1.21	51.83	41.5
Février	1.64	43,01	34.4
Mars	2.47	32.20	25.7
Avril	3.49	35.53	28.4
Mai	4.24	23.46	18.8
Juin	5.04	5.82	4.6
Juillet	5.11	0.75	0.6
Août	4.9	2,0	1.6
Septembre	3.67	12.40	9.9
Octobre	2.43	39.19	31.4
Novembre	1.51	42.85	34.3
Décembre	1.12	53.33	42.7
<b>Total de l'année</b>	<b>1123.5</b>	<b>342.3</b>	<b>273.8</b>

**III-4-4-Calcul des besoins en eau d'irrigation pour les cultures d'assolement :**

Les besoins théoriques mensuels sont déterminés par le bilan hydrique

$$B = (P_{\text{eff}} + \text{RFU}) - \text{ETM}$$

B : besoin en eau d'irrigation (mm)

ETM : évapotranspiration (mm / jour)

RFU : réserve facilement utilisable

P<sub>ef</sub> : pluie efficace

P<sub>ef</sub> = A. Pluie ; ou A = 0,8 à 0,9 (pour notre cas on à prendre A = 0,8)

L'irrigation est fait lorsque B < 0, (d'après la formule)

**III-4-4-1-L'évapotranspiration réelle ou culture (ETR ou ETc) :**

L'évapotranspiration d'une culture, ET<sub>c</sub>, se calcule en multipliant l'évapotranspiration de référence ET<sub>0</sub> par un coefficient cultural, K<sub>c</sub>.

$$ET_c = K_c \times ET_0$$

Avec: K<sub>c</sub> : Représente le coefficient culturale, dépendant du type de la culture et de son stade de développement et des conditions climatiques qui y règnent, est donnée dans le tableau suivant :

**Tableau III-4 : coefficients culturaux de notre cultures et ET<sub>0</sub> en mm/mois**

culture	jan	fév.	mars	avr.	mai	juin	juillet	aout	sept	oct.	nov.	déc.
ET <sub>0</sub>	37.41	45.85	76.66	104.78	131.5	151.28	158.5	151.98	110.19	75.18	45.36	34.81
Pomme de terre	1,1	1,35	1,35	1,25								0,6
Tomate				0,5	0,85	1,02	0,85	0,75				
Laitue												
Agrumes	0,64	0,66	0,68	0,70	0,71	0,72	0,72	0,70	0,68	0,67	0,66	0,65
Vignes	0,20	0,25	0,30	0,50	0,70	0,8	0,8	0,75	0,65	0,50	0,35	0,2
Blé	0,95	1,12	1,28	1,32	1,14	0,8					0,6	0,8

Le tableau ci-dessous présente les profondeurs d'enracinement Z en cm de chaque culture pendant le cycle végétatif :

**Tableau III-5 : Les profondeurs d'enracinement Z en cm**

culture	jan	fév.	mars	avr.	mai	juin	juillet	aout	sept	oct.	nov.	déc.
Pomme de terre	15	27	40	45								5
Tomate				5	20	40	65	80				
Laitue				5	15	30						
Agrumes	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120
Vignes	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
Blé	30	45	60	75	90	120					5	17

Donc on peut calculer le RFU de chaque culture.

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

Y : degré de tarissement, est égale à 2/3      Z : profondeur d'enracinement mm,

H<sub>cc</sub> : humidité à la capacité au champ, est égale à 18%

H<sub>pf</sub> : humidité au point de flétrissement, est égale à 9%

$$RFU = 2/3(0,18 - 0,09) \cdot Z = 0,06 \cdot Z$$

Les résultats du calcul de RFU présente dans le tableau suivant :

**Tableau III-6 : les valeurs de RFU en (mm) de chaque culture.**

culture	jan	fév.	mars	avr.	mai	juin	juillet	aout	sept	oct.	nov.	déc.
Pomme de terre	9	16,2	24	27								3
Tomate				3	12	24	39	48				
Laitue				3	9	18						
Agrumes	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72
Vignes	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90
Blé	18	27	36	45	54	72					3	10,2

Les résultats de calcul des besoins d'irrigation pour les différentes cultures sont :

➤ **Tableau III-7 : La pomme de terre**

Mois	ET0	Kc	ETM	Peff	RFU	B	B2
déc.	34,81	0,6	20,886	42,7	3	24,814	24,18
Janvier	37,41	1,1	41,151	41,5	9	9,349	9,35
Février	45,85	1,35	61,8975	34,4	16,2	-11,2975	11,3
Mars	76,66	1,35	103,491	25,7	24	-53,791	77,79
Avril	104,78	1,25	130,975	28,4	27	-75,575	102,575

➤ **Tableau III-8 : Laitue**

Mois	ET0	Kc	ETM	Peff	RFU	B	B2
Avril	104,78	0,47	49,2466	28,4	3	-17,8466	17,85
Mai	131,5	0,98	128,87	18,8	9	-101,07	110,07
Juin	151,28	0,67	101,3576	4,6	18	-78,7576	96,78

➤ **Tableau III-9 : Les agrumes**

Mois	ET0	Kc	ETM	Peff	RFU	B	B2
Janvier	37,41	0,64	23,9424	41,5	72	89,5576	89,56
Février	45,85	0,66	30,261	34,4	72	76,139	76,14
Mars	76,66	0,68	52,1288	25,7	72	45,5712	45,57
Avril	104,78	0,7	73,346	28,4	72	27,054	27,05
Mai	131,5	0,71	93,365	18,8	72	-2,565	2,57
Juin	151,28	0,72	108,9216	4,6	72	-32,3216	104,32
Juillet	158,5	0,72	114,12	0,6	72	-41,52	113,52
Août	151,98	0,7	106,386	1,6	72	-32,786	104,786
Sep	110,19	0,68	74,9292	9,9	72	6,9708	65,03

Octobre	75,18	0,67	50,3706	31,4	72	53,0294	18,97
Nov.	45,36	0,66	29,9376	34,3	72	76,3624	4,3624
déc.	34,81	0,65	22,6265	42,7	72	92,0735	92,07

➤ **Tableau III-10 : Les vignes**

Mois	ET0	Kc	ETM	Peff	RFU	B	B2
Janvier	37,41	0,2	7,482	41,5	90	124,018	124,02
Février	45,85	0,25	11,4625	34,4	90	112,9375	112,94
Mars	76,66	0,3	22,998	25,7	90	92,702	92,70
Avril	104,78	0,5	52,39	28,4	90	66,01	66,01
Mai	131,5	0,7	92,05	18,8	90	16,75	16,75
Juin	151,28	0,8	121,024	4,6	90	-26,424	26,42
Juillet	158,5	0,8	126,8	0,6	90	-36,2	126,2
Août	151,98	0,75	113,985	1,6	90	-22,385	112,39
Sep	110,19	0,65	71,6235	9,9	90	28,2765	61,72
Octobre	75,18	0,5	37,59	31,4	90	83,81	6,19
Nov.	45,36	0,35	15,876	34,3	90	108,424	18,42
déc.	34,81	0,2	6,962	42,7	90	125,738	125,74

➤ **Tableau III-11 : Blé**

Mois	ET0	Kc	ETM	Peff	RFU	B	B2
Nov.	45,36	0,4	18,144	34,3	3	19,156	19,16
déc.	34,81	0,6	20,886	42,7	10,2	32,014	32,01
Janvier	37,41	0,6	22,446	41,5	18	37,054	37,05
Février	45,85	0,6	27,51	34,4	27	33,89	33,89
Mars	76,66	1,2	91,992	25,7	36	-30,292	30,29
Avril	104,78	1	104,78	28,4	45	-31,38	76,38
Mai	131,5	0,87	114,405	18,8	54	-41,605	95,605
Juin	151,28	0,6	90,768	4,6	72	-14,168	86,168

➤ **Tableau III-12 : Les besoins en eau des cultures de chaque mois**

	Jan	fév.	mars	avr.	mai	juin	juillet	aout	sept	oct.	nov.	déc.	Année
B max	259,98	234,27	246,36	289,87	224,99	313,67	239,72	217,18	126,75	25,16	41,94	274,64	2494,53

D'après les tableaux de calcul des besoins en eau des cultures ; on trouve que le besoin de point est de 313,67 mm par mois, et le mois de Juin est le mois de point.

**III-4-4-2-Efficience de l'irrigation:**

L'efficience d'irrigation est définie par le rapport entre le besoin d'eau strictement nécessaire à la culture et le volume d'eau à introduire dans le réseau d'irrigation.

La différence entre les deux volumes indique les pertes.

La formule utilisée pour l'estimation de l'efficience d'un réseau d'irrigation est donnée par l'expression suivante:

$$E_i = E_t \cdot E_d \cdot E_u$$

**Avec:**  $E_i$ : Efficience d'irrigation en (%)

$E_t$ : Efficience de transport (%)

$E_d$ : Efficacité de type de distribution en (%)

$E_u$ : Efficacité de l'uniformité de la distribution.

L'évaluation exacte des pertes est très difficile et même presque impossible, suite des multiples variables qui interviennent. On considère une efficience globale, produit entre les trois efficience décrites ci-dessus égalé à 0,75 (irrigation sous pression)

**III-4-4-3-Bessin brutes en eau d'irrigation d'une culture :**

C'est la quantité d'eau qu'il est nécessaire de prélever dans la ressource afin de satisfaire les besoins en eau de cette culture, définis pour un certain niveau de production. Cette quantité comprend donc les diverses pertes subies pendant le transport et la distribution et éventuellement pendant le stockage ainsi que les besoins de lessivage s'il y a lieu.

$$B_{brute} = B_{net} / E_g$$

Avec :  $B_{brute}$  : besoins bruts d'irrigation.

$B_{net}$  : besoins nets d'irrigation.

$E_g$  : efficience globale.

Le calcul des besoins bruts sont résumé dont le tableau suivant :

**Tableau III-13 : calcul des besoins bruts.**

Culture	besoin en mm	superficie	besoin en m3/h	Eg	besoin net total m <sup>3</sup>	besoin brut total m <sup>3</sup>
Pomme de terre	225.83	60	2258,3	0,75	135498	180664
Laitue	224.7	30	2247	0,75	67410	89880
les agrumes	743.95	15	7439,5	0,75	111592,5	148790
Vignes	889.5	50	8895	0,75	444750	593000
Blé	410,56	225	4105,6	0,75	923760	1231680

**III-4-4-4-Calcul du débit caractéristique :**

Il est calculé par la formule suivante :

$$Q_{car} = q_s \cdot S$$

$q_s$  : débit spécifique de mois de pointe en (l/s/ha)

$S$  : la superficie totales à irriguer = 380 ha

-En calcul le débit spécifique à partir de cette formule :

$$q_s = \frac{B_{net} \cdot 10 \cdot 1000}{N_j \cdot N_i \cdot 3600 \cdot E_i} \text{ L/s/ha}$$

$B_{net}$  : besoin net du mois de pointe en mm/mois. Est égale à 313,67 en mois de juin.

$N_i$  : nombre maximum des heures d'irrigation par jour=18h

$N_j$  : nombre maximum de jours de travail =25jours

$E_i$  : Efficience d'irrigation  $\approx 75\%$

Alors :  $q$  spécifique=2,90l/s/ha.

Le débit spécifique égal à 2,90l/s/h supérieur à 1.5l/s/h donc on prend la valeur de débit spécifique de la culture la plus exigeante du mois de pointe. Est égale à 104,32 mm

Donc :  $q$  spécifique=0,86l/s/ha. Est inférieur à 1.5l/s/h donc le résultat est acceptable.

Après en calcul le débit caractéristique :  $Q_{car} = q_s \cdot S = 0,86 \cdot 380 = 327,72 \text{ l/s}$ .

$$Q_{car} = 327,72 \text{ l/s}$$

**III-5-Conclusion:**

Cette étude a pour but principal de déterminer les besoins des cultures ainsi le volume nécessaire pour le mois de pointe et pour l'ensemble de l'année est calculé.

Ces derniers sont importants à connaître, car ils peuvent nous indique si la quantité d'eau est suffisante ou pas .donc les calculs permettent de confirmer que le volume d'eau stocke au niveau de la retenue est suffisant pour l'irrigation de notre périmètre.



# *CHAPITRE*

## *IV*

*Étude des Schémas*

*d'aménagement hydraulique*

#### **IV-1-Introduction :**

L'étude des Schémas d'aménagement constitue en substance «la colonne vertébrale» de notre travail, car c'est à partir d'elle que sera dimensionné le réseau d'irrigation avec tous les paramètres afférents. Généralement dans cette phase d'étude, Le projecteur doit faire un choix de systèmes d'irrigation ainsi que des matériaux qui tiendront en compte des réalités pédo topographiques et qui répondront à l'adéquation qualité/prix.

#### **IV-2-Mode d'irrigation et de distribution :**

La zone du périmètre présente une topographie accidentée où les seuls systèmes d'irrigation rationnellement envisageables sont l'irrigation par aspersion ou l'irrigation localisée (goutte à goutte). Ces systèmes sont par ailleurs non seulement compatibles avec les objectifs d'économie d'eau, eu égard à la rareté de cette ressources dans la zone

Ainsi, nous avons recommandé d'opter pour **l'irrigation sous pression à la parcelle**. La goutte à goutte est à pratiquer systématiquement sur l'arboriculture ; les cultures fourragères et les céréales seront irriguées par aspersion basse pression alors que les cultures maraîchères pourront être arrosées soit par aspersion soit à la goutte à goutte selon les spéculations. La pression de service minimale à garantir à la prise d'irrigation sera de 2 bars à 3 bars. Le réseau de distribution sera donc un réseau fonctionnant sous pression, à la demande. La totalité du réseau d'adduction et de distribution sera ainsi constitué de conduites généralement enterrés sous pression.

#### **IV-3-Choix du mode de distribution :**

Bien que le débit à desservir dans le mode de distribution à la demande soit supérieur au débit fictif continu, ce qui engendre un coût d'investissement relativement supérieur à celui du mode de distribution au tour d'arrosage, n'entraîne pas de sujétions de la part de l'irrigant ( nombre d'heures d'irrigation fixe à l'avance avec liberté d'utilisation permettant même les interventions de nuit) ainsi que de l'exploitant du réseau collectif ( établissement du tour d'eau ou police du tour d'eau).

Un réseau collectif de distribution peut fonctionner en deux modes :

- ✓ Distribution d'eau à la demande :

Dans ce mode chaque irrigant étant libre d'utiliser le débit qu'il a souscrit à toute heure du jour ou de la nuit. L'organisme de gestion du réseau vent l'eau sur la base des débits souscrits à l'irrigant et les volumes effectivement prélevés. Ce pendant le débit affecté à une prise sera supérieur au débit fictif continu (le débit qui serait nécessaire si l'irrigation s'effectuait 24h sur 24 pendant la période de pointe). De là un limiteur de débit, monté sur chaque prise d'irrigation, qui va interdire le dépassement du débit souscrit est indispensable. La pression à assurer à l'amont du réseau collectif est généralement de l'ordre de 3.5 à 4.5 bars, correspondant à une irrigation avec asperseurs à moyenne pression.

- ✓ Distribution au tour d'arrosage :

Elle est inspirée du mode de desserte spécifique des réseaux d'irrigation de surface avec réseau collectif constitué de canaux à ciel ouvert dont le débit transité par chaque tertiaire correspond au module d'irrigation et cela successivement pour tous les îlots dépendant de ce tertiaire, l'analogie des systèmes de distribution sous pression au réseaux de surfaces c'est traduite par deux modalités de fonctionnement.

#### **IV-4-Choix des matériaux de conduite :**

Le réseau d'irrigation se compose généralement de deux grandes entités différentes ; à savoir le réseau d'adduction et le réseau de distribution.

#### **IV-4-1-Réseau d'adduction :**

Le choix du matériau des conduites enterrées pour le transport du fluide dépend aussi bien de leur faisabilité technique qu'économique.

✓ Sur le plan technique cette faisabilité dépend de plusieurs exigences telles que :

- Résistance aux attaques chimiques, aux pressions et à la résistance des charges mobiles ;
- Adaptation aux terrains de pose ;
- Bonne étanchéité ;
- Facilité d'entretien et de mise en service.

✓ Sur le plan économique cette faisabilité dépend essentiellement :

- Du prix de la fourniture et du transport ;
- De leur disponibilité sur le marché local (de préférence).

Parmi les types de conduites utilisés, on distingue: les conduites en fonte ; les conduites en acier ; les conduites en matière thermoplastique et les conduites en béton dont voici les caractéristiques.

##### **A. Fonte :**

La fonte est un matériau noble apte à prendre en charge de grandes pressions, il n'est pas sensible à la corrosion et sa pose se fait sans grande contrainte.

Néanmoins elle nécessite beaucoup de pièces spéciales ainsi son prix devient onéreux mais acceptable par rapport à la longévité de la conduite, mais elle n'est pas adéquate aux terrains trop accidentés.

##### **B. Acier :**

L'acier est un matériau apte à prendre en charge de grandes pressions, il est très sensible à la corrosion surtout qu'il s'agit de sol agressif, mais cela dit il est adéquat à tout type de terrains vu qu'il absorbe les efforts de pressions.

##### **C. PEHD :**

Le PEHD est un matériau apte à prendre en charge de grandes pressions, il est in corrodable, sa pose par soudeur électrique se fait sans grande contrainte. Néanmoins les grands diamètres supérieurs à  $\Phi 300$  sont commercialisés à l'heure Actuelle, ils nécessitent beaucoup de pièces spéciales ainsi son prix devient onéreux mais acceptable par rapport à la longévité de la conduite.

#### **IV-4-2-Réseau de distribution :**

Pour le réseau de distribution, sera constitué des conduites en polyéthylène haute densité **PEHD**, jusqu'à la limite de diamètre normalisé 315mm, au-delà le coût prohibitif des pièces

d'une part, les plus grandes exigences techniques de mise en œuvre des soudures d'autre part, nous incitent à ne pas le retenir. Une autre disposition est afférente à ce matériau est celle des jonctions, soit par soudure bout à bout ou par manchon électro-soudable.

Le tracé du réseau se repose sur les principes suivants :

- Relier par le trajet le plus rationnel (le plus court et/ou celui présentant le moins de contraintes de passage et/ou celui qui correspond à la meilleure répartition hydraulique des charge) les différentes bornes d'irrigation de chaque étages pris séparément jusqu'au raccordement à la conduite principale d'alimentation.
- Eviter autant que possible les zones d'habitations ou de passages difficiles.
- Suivre autant que possible les pistes ou routes existantes.
- Enfin relier les conduites principales aux ouvrages de départ du quartier.

Pour ces conduites de distribution, les coefficients de rugosité qui seront pris en compte seront de 0,01 mm et les vitesses limites admissibles seront fixées à 0,50 m/s pour le mini et 1,80 m/s pour les maxi. Le réseau est dimensionné pour satisfaire une pression minimale de 2 bars au niveau des bornes.

Le réseau de distribution est protégé par certains ouvrages que nous pouvons résumer en des points suivants :

- Les vannes : Leur utilité dans les réseaux d'irrigation est d'isoler les appareils placés en dérivation sur le réseau (ventouses, clapet d'entrée d'air, soupapes de décharge...), de réaliser les ouvrages de vidange des conduites et d'isoler des parties du réseau sur lesquelles il sera possible d'intervenir (réparation ou réalisation d'un piquage) sans faire arrêter complètement le réseau d'irrigation
- Les ventouses : Les ventouses sont utilisées pour le dégazage des conduites en service, l'évacuation de l'air lors du remplissage et l'entrée d'air lors de la vidange. Ce qui peut remédier au coup de bélier engendré par les surpressions ayant naissance, en fin de purge, à l'annulation brutale de la vitesse de l'eau qui s'écoulait pour se substituer à l'air purgé, ou encore lors de l'évacuation d'air qui se produit de manière accidentelle à l'ouverture de la vanne de garde d'une borne alors qu'une poche d'air s'était accumulée. Le principe de fonctionnement d'une ventouse est basé sur un flotteur qui obture un orifice situé au sommet de la ventouse, si de l'air s'accumule dans le corps de la ventouse, le flotteur descend et libère l'orifice jusqu'à expulsion complète de l'air accumulé. Les ventouses sont placées aux points hauts des adductions et systématiquement entre deux vannes. Elles sont choisies directement en fonction du diamètre de la conduite. Ce qui est montré dans le tableau suivant :

**Tableau IV-1 : type de ventouse en fonction de la conduite :**

Diamètre de la conduite	Type de ventouse
D < 500 mm	D = 80mm
500 < D < 1200	D = 100mm

- Les butées : placées au niveau des coudes ainsi qu'au niveau des piquages de départ de quartiers, les butées sont prévues pour reprendre les poussées.

### **IV-5-Paramètres de dimensionnement du réseau de distribution :**

#### **IV-5-1-Les durées d'irrigation :**

La durée d'irrigation journalière est un paramètre important de conception du réseau. D'une manière générale, plus la durée n'est longue, moins le réseau est coûteux. La durée nominale d'irrigation retenue pour le dimensionnement des réseaux est de 16 H/jour, ce qui est compatible avec le type de réseau projeté (réseau sous pression, à la demande). Nous verrons plus en détail le calcul de cette durée dans un exemple au chapitre suivant.

#### **IV-5-2-Les durées de pompage :**

La durée de pompage en jour de pointe retenue pour le dimensionnement des réseaux est de 20 H/jour.

#### **IV-5-3- Calculs hydrauliques :**

Les pertes de charge dans les canalisations ont été calculées par la formule de Colebrook :

$$J = \lambda \cdot V^2 \cdot L / 2 g \cdot D$$

- J : pertes de charge (m) ;  
 $\lambda$  : Coefficient de perte de charge ;  
 D : Diamètre intérieur du tuyau (m) ;  
 V : vitesse (m/s) ;  
 Q : débit (m<sup>3</sup>/s) ;  
 g : accélération de la pesanteur (m/s<sup>2</sup>) ;  
 L : longueur du tuyau (m).

Le coefficient  $\lambda$  de perte de charge est donné par la formule suivante :

$$1/\lambda^{0.5} = -2 \log \left( (2,51/Re \cdot \lambda^{0.5}) + (k / 3,71 D) \right)$$

- Re : Nombre de REYNOLDS ; avec  $Re = V \cdot D / \mu$   
 $\mu$  : viscosité cinématique de l'eau (m<sup>2</sup>/s) ;  
 k : rugosité de surface équivalente de la paroi du tuyau (m)

#### **IV-5-4-Optimisation des diamètres des canalisations du réseau collectif de distribution :**

Ayant déterminé les débits de pointe à transiter. On est amené à calculer les diamètres des canalisations satisfaisant aux conditions techniques et donnant le coût minimum. Pour ce faire, on doit disposer des données suivantes :

-Tracé du réseau, donc longueur de chaque tronçon.

- Débit à transiter pour chaque tronçon.
- Conditions aux limites aval, c à d côtes piézométriques minimum à assurer.
- Condition à la limite amont, côte piézométriques disponible à l'entrée du réseau.
- Vitesse minimum et maximum admises dans les tuyaux.

Les résultats de ces calculs ont été détaillés dans les annexes N° 7. Dont les calculs en utilisent le logiciel **EPANET**. En tracé le réseau et déterminer le diamètre et le débit de chaque traçant et assuré la pression et la vitesse dans chaque traçant.

#### **IV-6-Réservoir :**

Le secteur de Ouled Boughalem est desservi gravitairement par un réservoir qui le domine. Ce réservoir est alimenté par pompage à partir d'une station de reprise sur le réservoir de Kramis. L'emplacement de ce réservoir **étant fixé**.

Le réservoir de Ouled Boughalem à alimentation haute, et de caractéristiques suivantes :

PHE : 150.00m NGA  
Le volume : 2500m<sup>3</sup>

# *CHAPITRE*

## *V*

*Procédés et la technique  
d'arrosage des cultures  
agricoles*

## V-1-Introduction :

L'irrigation est l'humidification artificielle du sol de telle manière que les plantes en tirent le maximum de profit ; Le choix de la technique d'arrosage est basé essentiellement sur l'abondance de la ressource en eau et les conditions naturelles rencontrées à savoir : la nature du relief, la vitesse du vent, la nature du sol et la répartition adéquate de l'eau d'irrigation pour que la plante tire le plus de profit ; en effet il existe plusieurs techniques pour la faire et chacune de ces techniques présente des avantages et des inconvénients.

## V-2-Choix de la technique : [5]

Le choix de l'un ou de l'autre de ces procédés ne peut se faire au hasard, mais sur la base d'une analyse bien détaillée de ces différents modes et leur degré de compatibilité avec les contraintes de la région considérée du point de vue agronomique, naturel, technique et socio-économique.

### V-2-1-Selon les contraintes agronomiques :

Chez les plantes, comme chez tous les organismes vivants, la vie se traduit par un certain nombre de phénomènes qui concourent à leur évolution et à leur développement. Parmi ceux-ci nous retiendrons la respiration, la transpiration et la nutrition, phénomène qui constitue tout un échange entre la plante et le milieu extérieur (sol et atmosphère) et qui tous ont besoin d'eau pour se développer.

Ce sont des contraintes liées aux rapports sol / plante et eau / plante et aux risques sanitaire. La plus part des plantes sont sensibles à l'asphyxie du sol et à la stagnation de l'eau, qui peuvent favoriser le développement de certaines maladies. Les eaux d'irrigation peuvent aussi si elles sont concentrées en chlore et en sodium entraîner des risques sanitaires aux plantes.

En agronomie, on distingue deux grandes catégories de cultures :

- Cultures pérennes : l'arboriculture, luzerne...
- Cultures non pérennes (saisonnières) :
- ✓ Cultures couvrantes : céréale, fourragères ...
- ✓ Cultures maraîchères.

### **a) Cultures pérennes**

Suivant les contraintes agronomiques citées ci-dessus les procédés d'irrigation qu'on peut adapter sont :



L'irrigation gravitaire.

- ☞ L'aspersion
- ☞ L'irrigation localisée.

**b) Cultures saisonnières**

✓ Cultures couvrantes :

- ☞ L'irrigation gravitaire (par planche de ruissellement ou par submersion).
- ☞ L'aspersion très adaptée

✓ Cultures maraîchères :

- ☞ L'irrigation de surface (par rigole, par planches ...)
- ☞ L'irrigation par aspersion.
- ☞ L'irrigation localisée.

**V-2-2-Selon les contraintes naturelles :**

**a) Climat :**

Le climat est un des facteurs les plus importants et qui nécessite une analyse bien détaillée, dans notre analyse nous retiendrons l'évaporation et le vent

**• L'évaporation**

L'évaporation représente une contrainte très importante par le fait qu'elle entraîne des pertes d'eau importantes surtout sur les planches de ruissellement, ainsi que pour l'aspersion sur frondaison et cela est dû à la longue portée du jet d'eau.

**• Le vent :**

Le vent représente aussi une contrainte importante. Il favorise surtout l'irrigation de surface ou par gravite, par contre il est un facteur limitant pour l'irrigation par aspersion, c'est-à-dire que si la portée du jet d'eau est importante, la répartition de cette eau sur la surface du sol sera non uniforme. La lutte contre ce phénomène peut se faire par l'aménagement de brise-vent.

**b) Sol :**

Le sol est un élément intermédiaire entre la plante et l'eau, cependant le sol est un facteur qui représente une contrainte très importante qu'on doit prendre en considération pendant le choix du mode d'irrigation. Le plus important de cette contrainte, la texture du sol et sa perméabilité dans

un sol à texture fine où la perméabilité est faible. L'irrigation par gravité est utilisée avec précaution afin d'éviter l'asphyxie du sol, par contre dans le cas de l'irrigation par aspersion elle est plus adaptée seulement il faut que l'intensité de pluie soit inférieure à la vitesse d'écoulement dans le sol (perméabilité), encore on peut utiliser l'irrigation goutte à goutte.

**c) Topographie :**

La topographie représente aussi une contrainte importante parmi les contraintes naturelles. Elle est caractérisée par la pente du terrain.

Un terrain à faible pente est caractérisé par une faible vitesse d'écoulement soit dans les canaux, soit dans les rigoles ce qui provoque la poussée des mauvaises herbes.

Donc il n'est pas nécessaire d'envisager l'irrigation de surface. Si la pente est très forte un problème d'érosion peut se poser, d'où dans deux cas l'irrigation par aspersion et par goutte à goutte qui sont adaptées.

**d) Transport solide des eaux :**

• **Eau chargée**

Les matières en suspension peuvent colmater les orifices des asperseurs et des goutteurs, ce qui rend obligatoire d'implanter des stations de filtration. Donc dans ce cas on a le choix d'utiliser l'irrigation gravitaire.

• **Eau non chargée**

Dans ce cas on peut utiliser le mode d'irrigation par aspersion et par goutte à goutte sans craindre le risque de colmatage, aussi on peut adapter l'irrigation par gravité.

**e) Qualité chimique des eaux :**

• **Eau salée :** Le sel peut avoir un effet néfaste sur le matériel utilisé pour l'arrosage (conduite, asperseur, goutteurs ...), on utilise donc l'irrigation de surface qui permet d'avoir une répartition linéaire de sels et éviter le contact de l'eau avec les feuilles.

• **Eau non salée :** Quand la qualité des eaux d'irrigation est bonne, l'irrigation par aspersion est adaptée sans risque, comme on peut envisager les autres modes d'irrigation.

**V-2-3-Selon les contraintes techniques et socio-économiques :**

**a) Contraintes techniques :**

- Des dimensions et configurations des parcelles qui doivent correspondre aux paramètres linéaires de la technique d'arrosage.
- De la mise en œuvre et de l'entretien du système d'irrigation.
- Fiabilité du matériel utilisé.
- Possibilité d'automatisation du système d'arrosage.

**b) Contrainte socio-économique :**

- Economie d'eau.
- Existence ou non d'une main d'œuvre qualifiée.
- Possibilité de créer des emplois.

**V-3-Modes et techniques d'arrosages : [5]**

Selon le caractère de l'exécution de l'arrosage, on distingue :

- Irrigation de surface (par gravité).
- Irrigation par aspersion.
- Irrigation souterraine.
- Irrigation localisée (goutte à goutte).

**V-3-1-L'irrigation de surface :**

L'irrigation de surface regroupe l'ensemble des techniques d'arrosage dans lesquelles la réparation de l'eau à la parcelle se fait entièrement à l'air libre par simple écoulement à la surface du sol. La répartition de l'eau est assurée grâce à la topographie du terrain, et aux propriétés hydriques du sol (ruissellement, infiltration, et capillarité).

En irrigation de surface, la distinction entre les différentes techniques est essentiellement fondée sur la méthode d'application de l'eau : ruissellement, submersion ou technique mixte.

- L'irrigation à la raie : qui utilise comme unité d'arrosage la raie ou segua.
- L'irrigation par submersion : dont l'unité d'arrosage est le bassin ou la cuvette.
- L'irrigation par ruissellement : avec comme unité d'arrosage la planche.
- L'irrigation mixte : il s'agit d'un ruissellement suivi d'une submersion.

Les avantages et les inconvénients des systèmes d'irrigation de surface sont résumés dans le tableau suivant :

**Tableau V-1 : Les avantages et les inconvénients des systèmes d'irrigation de surface**

**V-3-2 Irrigation par aspersion :**

L'irrigation par aspersion est une technique relativement récente qui consiste à reproduire sur le sol le phénomène naturel de la pluie, avec toutefois le contrôle de l'intensité et de la hauteur de l'averse.

**1. Avantage :**

- Efficacité d'irrigation élevée: 75 pour cent.
- Conception simple, installation et fonctionnement simplifiés.
- Adaptabilité à tous les types de sols, à de nombreuses espèces de cultures et à de petites parcelles irrégulières.
- Moindre coût par rapport à bien d'autres systèmes modernes d'irrigation.
- Ne nécessite pas de main-d'œuvre qualifiée.
- Elle provoque une forte oxygénation de l'eau projetée en pluie.
- Elle réalise une importante économie d'eau.

Système d'irrigation	Avantages	Inconvénients
Irrigation à la raie	-frais d'aménagements réduits. -le feuillage des plantes n'est pas mouillé, ce qui évite certaines maladies. -Ne nécessite pas de tassement de sol. - Economie d'énergie.	-Lenteur de l'arrosage. -Difficile d'irriguer les sols lourds car ils absorbent l'eau très lentement. -Non recommandé pour les sols très sableux.
Irrigation par ruissellement	-Permet une répartition plus uniforme de l'eau. -économise l'eau lorsque toute la longueur de la rigole est remplie d'eau nécessaire à l'irrigation. -Réduit le temps nécessaire à l'irrigation. -Réduit les dépenses d'énergie.	-Elle nécessite des fossés d'alimentation et d'évacuation protégés. -Oblige à faire de nombreux virages avec les machines dans le champ. -Nécessite la régulation du débit de l'eau dans les rigoles.
Irrigation par submersion	-Permis aux eaux chargées de limon de se déposer. -Réduit les pertes d'eau au minimum et énergie zéro. -Nécessite peu de surveillance.	-Tasse le sol et le rend moins perméable. -Gène l'aération du sol et modifie l'équilibre en azote. -Grappillage d'eau.

- Elle assure une bonne homogénéité de la répartition des apports.
- Possibilité de réaliser des installations mobiles, susceptibles d'être déplacées suivant la nature des cultures, ce qui facilite les rotations culturales.

**2. Inconvénients :**

- Elle favoriserait l'évaporation qui est d'autant plus intense que les gouttelettes sont plus fines et l'air plus sec.
- Difficultés d'utilisation et efficacité réduite en régions ventées.
- Obligation de multiplier les traitements phytosanitaires en raison du lavage des appareils foliaires.

- Mouillage des feuilles favorisant les maladies cryptogamiques chez certaines espèces végétales.
- Mauvaise adaptation aux sols « battants », susceptibles de tassement superficiel sous l'impact des gouttes d'eau.
- Possibilités réduites pour l'arrosage avec des eaux résiduaires (formation d'aérosols).
- Déplacement du matériel difficile dans les zones à culture hautes.
- Ne convient pas aux eaux salées sur beaucoup de cultures (risque de brûlure du feuillage, ou de dépôts inesthétique sur les fruits).

### **V-3-3- Irrigation localisée (goutte à goutte) :**

En irrigation localisée, l'eau est transportée le long des rangs de culture et distribuée au voisinage des plantes.

#### **1. Avantages :**

- Economie d'eau
- Réduction des adventices (mauvaises herbes)
- Contrôle de la fertilisation.
- Possibilité d'automatiser.
- Meilleure tolérance des cultures aux eaux salées.
- Très faibles besoins de main-d'œuvre.
- Raccourcit le cycle végétatif de la culture.

#### **2. Inconvénients :**

- Coût globalement élevé qui fait réserver cette technique aux cultures à forte valeur ajoutée.
- Exige un haut degré de compétence à tous les niveaux : études préliminaires agro pédologique, conception de l'installation, conduite des arrosages par l'irrigant.
- Nécessite une maintenance rigoureuse, en raison des risques liés à une éventuelle interruption des arrosages.
- Nécessite la filtration de l'eau d'irrigation.
- Fonctionne avec du matériel délicat à durée de vie relativement faible.

### **V-4-Equipements de la parcelle pour l'irrigation localisée : [7]**

**Un équipement type de goutte à goutte comprend les éléments suivants :**

- **L'unité de tête :**

Reliée au point de fourniture d'eau elle permet de réguler la pression et le débit, de filtrer l'eau et d'y introduire des éléments fertilisants. Parfois, des régulateurs de pression et des filtres secondaires sont placés en tête des porte rampes ou même des rampes.

Pour introduire des éléments fertilisants, on utilise le plus souvent un réservoir que l'en remplit d'engrais soluble, azote en particulier : c'est un petit récipient sous pression avec une entrée et une sortie. Une fraction du débit est dérivée de la conduite principale, envoyée dans le réservoir, s'y enrichit en engrais puis est réinjectée dans la conduite principale. Avoir un bon filtre principal est une chose primordiale dans toutes les unités de tête. Le filtre à sable (ou à gravier), avec vannes permettant un nettoyage par contre courant, est le meilleur, mais, avec de l'eau claire, un simple filtre à tamis peut suffire. Quant l'eau contient beaucoup de sable, on doit installer des filtres spéciaux, appelés dessableurs, qui fonctionnent suivant le principe au vortex.

- **la conduite principale :**

C'est la conduite qui relie au point de fourniture d'eau les diverses portes rampes. Elle peut être en amiante ciment, en PVC rigide ou en acier galvanisé.

- **Porte rampes :**

C'est la conduite qui alimente les rampes d'un seul côté ou des deux côtés. Ils peuvent être soit en polyéthylène moyenne densité (PE), soit en chlorure de polyvinyle rigide (PVC).

- **Les rampes :**

Qui sont toujours en PE<sub>BD</sub> (polyéthylène basse densité), à l'exception de quelques installations ou l'on a utilisé du PVC rigide de petit diamètre de 12 à 32 mm. Les distributeurs y sont fixés avec un espacement prédéterminé.

- **Le goutteur :**

C'est l'organe central du système par lequel l'eau sort à la pression atmosphérique sous forme de gouttes ou de faible suintement en un faible débit et il est alimenté à partir des rampes.

Son choix est fonction de son espacement, des données physiques (sol, climat, plante...) mais aussi du mode d'exploitation et du diamètre des rampes. Les goutteurs ont un débit faible compris entre 1 et 8 l/h.

### V-5-Etudes préliminaires :

Elle consiste à déterminer les paramètres nécessaires pour l'installation du réseau.

#### V-5-1- Données générales :

- **Cultures:** Les agrumes.

Espacement entre arbres : 4m

Espacement entre arbres rangs : 6m

- **Caractéristique de goutteur**

Débit nominal : 4l/h

Pression nominale : 10 mce

Espacement des goutteurs : 1m

- **Caractéristiques des conditions climatiques**

Besoins en eau journaliers : 3,48 mm/J

- **Caractéristiques des conditions de travail**

Une irrigation journalière

Temps maximum journaliers de travail : 18h/24h

- **Détermination des données de bases**

Surface totale à irriguée : s (t)=15 ha

**V-5-2- Besoins d'irrigation des cultures en irrigation localisée:**

$$ETM_r = ETM_{\text{pointe}} * K_r$$

Le coef Kr est donné par plusieurs formules comme :

- La formule de Keller et Karmeli (1974) :

$$K_r = \frac{C_s}{0,85}$$

- La formule de Freeman et Garzoli :

$$K_r = C_s + 0,5(1 - C_s).$$

- La formule de Decroix (CTGREF) :

$$K_r = 0,1 + C_s . .$$

Pour notre cas on considère un taux de couverture égale à 60 % ( pour les arbres) donc :

Kr= 0,71 selon Keller et Karmeli.

Kr = 0,80 selon Freeman et Garzoli.

Kr = 0,70 selon Decroix (CTGREF).

On prend le (Kr=0,80)

Irrigation traditionnelle demanderait pour le mois de pointe  $ETM_{\text{pointe}} = 3,48$  mm/jour (tableau des besoins en eau). En irrigation localisée les besoins se réduisent à :

$$ETM_r = ETM_{\text{pointe}} * K_r$$

$$ETM_r = 3,48 * 0,8 = 2,78 \text{ mm}$$

**V-5-3-Dose nette :**

$$D_{\text{nette}} = (H_{cc} - H_{pf}) \times Y \times Z \times P \%$$

Hcc : L'humidité à la capacité au champ.

Hpf : L'humidité au point du flétrissement

D'après les caractéristiques du sol (texture limoneuse) on a :

$$H_{cc} = 18 \% \quad ; \quad H_{pf} = 9 \%$$

Y : Degré de tarissement admissible ;  $Y = 2/3$ .

E : Profondeur d'enracinement.

Z : Pourcentage du sol humidifié ;  $Z = 120$  cm.

Le pourcentage du sol humidifiée dépend de :

- Débit de distributeur (goutteurs)
- Espacement entre les goutteurs.

- Ecartement entre les rampes.
- Texture du sol.

D 'après le tableau de guide d'estimation du pourcentage de sol du humidifié de Keller et Karmeli , pour un écartement de  $6 \times 4$  ; d'un dédit de distributeur de 8 l/h (on prend pour chaque arbre 2 goutteurs espacé de 1m, ayant pour chaque un débit de 4 l/h) et pour une texture moyenne la valeur de p sera égale à 32 % .

D'où la dose nette :  $D_{nette} = (H_{cc} - H_{pf}) \times y \times z \times P/100$

$$D_{nette} = (0.18 - 0.09) \times \frac{2}{3} \times 1200 \times \frac{27}{100}$$

$$D_{nette} = 19,44\text{mm}$$

**V-5-4- Dose pratique :**

$$D_p = \frac{D_{nette}}{0.90} = \frac{19,44}{0.90} = 21,60\text{mm}.$$

$$D_p = 21,60 \text{ mm}$$

**V-5-5-Fréquence d'arrosage :**

$$F = \frac{D_{nette}}{\beta_{jil}} = \frac{19,44}{2,78} \approx 7$$

On prend la fréquence d'arrosage **F = 7 jours.**

**V-5-6-Dose brute :**

$$D_{brute} = \frac{D_{nette}}{\eta \times Cu}$$

Tel que :

$\eta$  : Rendement d'irrigation = 0.9

$Cu$  : Coefficient d'uniformité d'arrosage

$$D_{brute} = \frac{19,44}{0,85} = 22,87\text{mm}.$$

**V-5-7-Duré d'arrosage :**

$$t = \frac{D_{brut} \times E_g \times E_r}{n.q} = \frac{22,87 \times 6 \times 4}{8} = 68,61 \text{ heures}.$$

- L'irrigation journalière sera :  $\frac{68,61}{18} = 4\text{heurs}.$

**V-5-8-Durée d'arrosage journalier :**

$$D_j = \frac{\text{Temps de travail max}}{F} = \frac{18}{7} = 3\text{h}$$

$$D_j = 3\text{h}$$

**V-5-9-Nombre des postes :**

$$N = \frac{\text{fréquence d'arrosage} \times \text{Durée d'arrosage}}{\text{Durée d'arrosage journalier}} = \frac{7 \times 4}{3} = 10 \text{ postes}$$

**V-5-10-Surface de parcelle :**

$$S_p = \frac{\text{surface totale}}{\text{Nombre de poste}} = \frac{15}{10} = 1,50 \text{ ha}$$

$$S_p = 1,5 \text{ ha}$$

$$L = 150\text{m}; l = 100\text{m}$$

**V-5-11-Nombre des arbres par rampe :**

$$N_{\text{Ab/rampe}} = \frac{l}{E_A} = \frac{100}{4} = 25 \text{ Arbres/rampe}$$

$$N_{\text{Ab/rampe}} = 25 \text{ Arbres/rampe}$$

**V-5-12-Nombre des goutteurs par rampe :**

$$N_{\text{gtt/rampe}} = N_{\text{Ab/rampe}} \times n = 25 \times 2 = 50 \text{ gtt/rampe}$$

Avec n nombre des goutteurs par arbre.

$$N_{\text{gtt/rampe}} = 50 \text{ gtt/rampe}$$

**V-6-Conclusion :**

D'après la détermination des besoins en eau d'irrigation ; on consiste à choisir la meilleure technique d'arrosage qui est adapté avec les données qui caractérisent notre parcelle.

Ensuite on a déterminé la façon de distribuer l'eau aux arbres, la durée d'arrosage, la fréquence et l'irrigation journalière.



# *CHAPITRE*

## *VI*

*Calcul hydraulique et  
dimensionnement du réseau*

**VI-1-Introduction :**

Le réseau d'irrigation est un ensemble d'éléments qui permettent d'assurer le transport, la répartition, la mise en charge et la distribution de l'eau à chaque exploitation agricole. L'objectif de ce chapitre est le choix de réseau adéquat, ainsi que la détermination des paramètres hydrauliques de ce réseau localisé.

**VI-2-calcul hydraulique :** [8]

Les calculs hydrauliques et dimensionnement du réseau consistent à déterminer les paramètres suivants :

- Les débits au niveau de chaque tronçon et à la tête du réseau.
- Les diamètres des conduits.
- Les pertes de charges totales.

**Remarque :**

Les études préliminaires du réseau d'irrigation localisé sont calculées précédemment ; donc il reste de calculer les pertes de charge, débit et canalisation.

**VI-3-Conditions hydrauliques :**

Variation maximale du débit entre goutteurs:  $\Delta q/q=10\%$ .

Pour un distributeur (aspersion; localisée), la loi du débit pression est :  $q=k.H^x$

K et x peuvent être donnés par le constructeur  $x=0.5$

$$\frac{\Delta q}{q(g)} = x \cdot \frac{\Delta H}{H(n)}$$

Avec :

- q (g): débit nominal de la goutte.
- H (n): pression nominal égale à 10 m.c.e (1 bar).

$$\Delta H (\text{max})=2 \text{ mce} \quad \Longrightarrow$$

La valeur des pertes de charge singulière est estimée à 10% de la variation maximale de pression.

-perte de charge singulière =0.2 mce

-perte de charge linéaire =1.8 mce

La répartition de la perte de charge est:

1/3 sur le porte rampe pdc (pr)=0.6 mce  $\Delta H_{pr}=0,6 \text{ m.c.e}$

2/3 sur les rampes pdc (r)=1.2 mce  $\Delta H_r=1,2 \text{ m.c.e}$

**\*Comme on a dit précédemment le calcul hydraulique consiste à déterminer:**

**VI-4-calculs des débits :****VI-4-1-Débit de la rampe :**

$$Q_{\text{rampe}} = N_{\text{gtt/rampe}} \times Q_g = 50 \times 4 = 200 \text{ l/h}$$

Avec  $N_{\text{gtt/rampe}} = 50$  goutteurs (est calculer dans le chapitre précédé).

$$Q_{\text{rampe}} = 200 \text{ l/h}$$

**VI-4-2-Nombre des rampes :**

$$N_r = \frac{L}{E_r} = \frac{150}{6} = 25 \text{ rampes par parcelle}$$

$$N_r = 25 \text{ rampes par parcelle}$$

**VI-4-3-Débit de la porte rampe :**

$$Q_{\text{porte rampe}} = N_{\text{rampe}} \times Q_{\text{rampe}} = 25 \times 200 = 5000 \text{ l/h}$$

$$Q_{\text{porte rampe}} = 5000 \text{ l/h}$$

**VI-4-4-Débit de la parcelle :**

$$Q_{\text{parcelle}} = N_{\text{poste}} \times Q_{\text{porte rampe}} = 10 \times 5000 = 50000 \text{ l/h}$$

$$Q_{\text{parcelle}} = 50000 \text{ l/h}$$

**VI-5canalisation :****VI-5-1-Diamètre de la rampe :**

$$\varnothing_{\text{Rampe}} = \left[ \frac{2,75 \times \Delta H_r}{0,478 \times Q_r^{1,75} \times L_r} \right]^{-\frac{1}{4,75}}$$

$$\varnothing_{\text{Rampe}} = \left[ \frac{2,75 \times 1,2}{0,478 \times 200^{1,75} \times 100} \right]^{-\frac{1}{4,75}} = 12,43 \text{ mm.}$$

$$\varnothing_{\text{Rampe}} = 16 \text{ mm.}$$

**VI-5-2-Diamètre de la porte rampe :**

$$\varnothing_{\text{Porte rampe}} = \left[ \frac{2,75 \times \Delta H_{P_r}}{0,478 \times Q_{P_r}^{1,75} \times L_{P_r}} \right]^{-\frac{1}{4,75}}$$

$$\varnothing_{\text{Porte rampe}} = \left[ \frac{2,75 \times 0,6}{0,478 \times 5000^{1,75} \times 150} \right]^{-\frac{1}{4,75}} = 51,46 \text{ mm.}$$

$$\varnothing_{\text{Porte rampe}} = 63 \text{ mm.}$$

**VI-5-3-Diamètre de canalisation principale :**

$$S = \frac{Q_{\text{parcelle}}}{v}$$

Avec:

$$Q_{\text{parcelle}} = 50000 \text{ l/h} = 13,89 \text{ l/s}$$

$$V = 1,5 \text{ m/s}$$

Donc :

$$S = \frac{0,01389}{1,5} = 0,0093 \text{ m}^2$$

$$D_{\text{cal}} = \sqrt{\frac{4 \times S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 0,0093}{\pi}} = 108,44 \text{ mm.}$$

$$D_{\text{Normalisé}} = 110 \text{ mm.}$$

**VI-6-Vitesse d'écoulement :**

Dans chaque dimensionnement de conduite il faut vérifier la vitesse d'écoulement tel que :

$$0,5 \leq V \leq 2,5 \text{ m/s}$$

$$V = \frac{4.Q}{\pi.D^2}$$

**VI-6-1-Vitesse d'écoulement de la rampe :**

$$V = \frac{4.Q}{\pi.D^2} = \frac{4.0,000055}{\pi.0,016^2} = 0,88 \text{ m/s}$$

**VI-6-2-Vitesse d'écoulement de la porte rampe :**

$$V = \frac{4.Q}{\pi.D^2} = \frac{4.0,0014}{\pi.0,063^2} = 0,75 \text{ m/s}$$

**VI-6-3-Vitesse d'écoulement de la porte rampe conduite principale :**

$$V = \frac{4.Q}{\pi.D^2} = \frac{4.0,0138}{\pi.0,11^2} = 1,45 \text{ m/s}$$

**VI-7-Pertes des charges :**

La détermination des pertes des charges faite par la formule de Lechapt et Clamon est donnée par l'expression suivante :

$$J = \frac{0,478}{2,75} \cdot D^{-4,75} \cdot Q^{1,75} \cdot L$$

Ou : Q : débit (l/h)  
D : diamètre intérieur de la canalisation (mm)  
L : longueur des conduites (m).

$$J_s = 0,1 J_l$$

	perte de charge linéaire $J_l$	perte de charge singulière $J_s$	La perte de charge totale $J_T$
Rampe	0,32	0,032	0,352
Porte rampe	0,147	0,0147	0,16
Conduite principale	0,71	0,071	0,78

**VI-8- La pression en tête de l'installation :**

Elle est calculée à partir du point le plus défavorable

$$P = P_G + J(R) + J(PR) + J_{tot}$$

**Avec :**

P = Pression entête de l'installation en m ;

$P_G$  = Pression d'un goutteur = 1 bar ;

J(R) = perte de charge dans la rampe en m ;

J(PR) = Perte de charge dans le porte- rampe ;

$J_{tot}$  = Perte de charge totale ;  $J_{tot} = (1.1 \div 1.15) * J_{lin}$ .

$J_{lin}$  = Perte de charge linéaire en m ; tel que :  $J_{lin} = J(CP)$

Tel que : J (CP) = Perte de charge dans la conduite principale en m ;

$$P = 10 + 0,352 + 0,16 + 1,1 \cdot 0,78 = 11,37 \text{ m.}$$

# *CHAPITRE*

## *VII*

*Etude de l'impact du projet  
sur l'environnement*

**VII-1-Introduction :**

Dans ce chapitre, il sera question d'identifier de façon exhaustive l'ensemble des impacts sur les milieux physiques, humains et sur l'environnement naturel de la zone d'étude. Ces impacts peuvent être aussi bien positifs que négatifs, directs ou indirects.

**VII-2-Impact induit par la mise en place des réseaux d'irrigation :**

**VII-2-1-Sur la phase de construction :**

- Dans cette phase on a deux secteurs :
  - Sur le secteur économique : sur le plan écologique, les travaux de mise en place des réseaux d'irrigation toucheront les domaines d'impacts sur le paysage et impacts sur la flore.
  - Sur le secteur physico-chimique : l'impact sur l'érosion et impact sur le sol.

Le tableau ci- après présente une synthèse des principaux impacts sur l'environnement sur la phase de construction :

**Tableau VII-1 : Principaux impacts sur l'environnement sur la phase de construction :**

Aspect environnemental	Impact	Caractéristique de l'impact
<p><b><u>1. Phase construction</u></b>  <b><u>a) Secteur écologique</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ sur le Paysage</li> <li>▪ Sur la flore</li> </ul> <p><b><u>b) Secteur physico-chimique</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Sur l'érosion</li> <li>▪ Sur le sol</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Altération de la qualité visuelle et modification du paysage à cause :                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Des excavations et la mise en mouvement des terres qu'induit la mise en place des conduites d'adduction.</li> <li>• L'ouverture de la piste qui longera l'adducteur principal de périmètre pour faciliter l'accès aux engins et les équipes de maintenances.</li> <li>• Perturbations induites par le transport des matériaux et opérations d'excavation au niveau des sites d'implantation du réseau d'adduction et la construction des réservoirs.</li> </ul> </li> <li>- Perturbations induites par les travaux d'excavations et le transport des matériaux.</li> <li>- Destruction d'une partie du couvert végétal (espèces communes) : la préparation du site correspond en particulier à l'élimination du couvert végétal du site que traversera la conduite d'adduction ou qui recevra un ouvrage important telle qu'une station de pompage ou un réservoir.</li> <li>- Excavations et remaniement des formations superficielles.</li> </ul>	<p>Négatif, indirect, temporaire, de magnitudes fortes, certaines peu significatives</p> <p>Négatif, direct, temporaire, de magnitude forte, certain, peu significatif</p> <p>Négatif, direct, temporaire, de magnitude forte, certain, peu significatif</p> <p>Négatif, direct, temporaire, de magnitude forte, certain, peu significatif</p>

Aspect environnemental	Impact	Caractéristique de l'impact
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Modification de la morphologie originelle du relief.</li> <li>- Décapage de la couche superficielle des sols</li> </ul>	

**VII-2-1-Sur la phase d' exploitation :**

- Sur le secteur écologique : A ce niveau, les domaines qui seront touchés concerneront le paysage et la faune.
- Sur le secteur physico-chimique : l'impact sur l'érosion, sur la salinité des sols, sur la nappe phréatique et impact sur l'économie de l'eau.
- Sur le secteur socio-économique.

Le tableau ci- après présente une synthèse des principaux impacts sur l'environnement sur la phase d'exploitation :

**Tableau VII-2 : Principaux impacts sur l'environnement sur la phase d'exploitation :**

Aspect environnemental	Impact	Caractéristique de l'impact
<p><b><u>2. Phase d'exploitation</u></b></p> <p><b><u>a) Secteur écologique</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ sur le paysage</li> <li>▪ sur la faune</li> </ul> <p><b><u>b) Secteur physico-chimique</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ sur l'érosion :</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Amélioration de la qualité visuelle par la réoccupation de l'espace et la diversification des cultures</li> <li>- Pollution par l'usage inconsidéré des pesticides</li> <li>- Accélération de l'érosion par effet de splash et dégradation de la structure des sols suite à une mauvaise conduite de l'irrigation ;</li> <li>- à L'usage incontrôlé de la mécanisation.</li> <li>- aux pratiques culturales inappropriées.</li> </ul>	<p>Positif, significatif</p> <p>Négatif, indirect,</p> <p>Négatif, permanent, de magnitude modérée, significatif</p> <p>Négatif, permanent, de</p>

<b>Aspect environnemental</b>	<b>Impact</b>	<b>Caractéristique de l'impact</b>
<p>▪ sur la salinité des sols</p> <p>▪ Sur la nappe phréatique</p> <p>▪ Impact sur l'économie de l'eau</p> <p><b>3) secteur socio-économique</b></p> <p>- Sur la</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Salinisation de la zone racinaire : une irrigation incorrecte peut être néfaste pour le sol ; des sols qui n'étaient pas à l'origine salé peuvent devenir stériles si on laisse s'accumuler par de mauvaises méthodes d'irrigation des solubles excédentaires.</li> <li>- Pour en remédier, les solutions à recommander sont :               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Choisir des cultures tolérantes à une salinité existante ou éventuelle.</li> <li>• Application régulièrement un supplément d'eau pour satisfaire le besoin de lessivage.</li> </ul> </li> <li>- Remontée de la nappe phréatique</li> <li>- Pollution par l'usage des fertilisants</li> <li>- Risque de gaspillage de l'eau : la pression exercée sur les ressources disponibles par une demande de plus en plus accrue constitue l'un des principaux facteurs de gestion des ressources hydrique. Rappelons qu'actuellement les eaux utilisées sont insuffisantes. En effet l'intérêt qu'attachent les exploitations agricoles au projet induira sans doute à une forte demande qui à son tour induira à une surexploitation de cette ressource si précieuse.</li> <li>- Pour une meilleure gestion de l'eau et pour éviter d'utiliser trop d'eau, les quantités juste nécessaires aux cultures doivent donc être soigneusement estimées et l'irrigation contrôlée.</li> </ul>	<p>magnitude modérée, significatif</p> <p>Négatif, permanent, de magnitude modérée, significatif</p> <p>Négatif, permanent, de magnitudes fortes, très significatives</p> <p>Négatif, permanent, de magnitudes fortes, très significatives</p> <p>Positif, indirect, permanent de magnitude forte, très significatif</p> <p>Positif, indirect, permanent de magnitude forte, très Significatif</p> <p>Positif, indirect,</p>

<b>Aspect environne ntal</b>	<b>Impact</b>	<b>Caractéristique de l'impact</b>
production  - sur les revenus  - Sur l'emploi	<ul style="list-style-type: none"><li>- Augmentation de la SAU et augmentation substantielle de la production</li> <li>- Augmentation des revenus, et amélioration des conditions de vie des agriculteurs</li> <li>- Création d'emploi</li></ul>	permanent de magnitude forte, très significatif Positif, indirect, permanent de magnitude forte, très significatif

**VII-3-conclusion :**

On en conclut que, comme pour toute activité qui met à profit les potentialités que recèle la nature, l'étude d'impact sur l'environnement. à laquelle a été soumis le projet hydro-agricole du périmètre a permis d'appréhender, parfois par anticipation et parfois de visu, les modifications et altérations des composantes de l'environnement naturel et socio-économique du fait de la mise en place des infrastructures d'irrigation projetées, ainsi que l'exploitation des eaux du barrage pour l'irrigation.

# *CHAPITRE*

## *VIII*

### *Evaluation économique*

**VIII-1-Introduction :**

Après l'étude technique de la variante adoptée, il est nécessaire d'asseoir l'estimation économique du projet, avec le chapitre qui nous permettra de chiffrer le coût de l'aménagement, en fonction des différentes charges intervenant dans le projet, à savoir :

- charges d'investissement du projet,
- charges d'exploitation,
- charges fixes,

Pour ce, nous présentons ci-après, ces différentes charges, en fonction des prix de références, des coûts des investissements et d'exploitation.

**VIII-2-Couts Des investissements :**

Les coûts des investissements sont ramenés à des annuités sur la base des Hypothèses suivantes ;

- Taux d'actualisation : **08%** et 10%.
- Durée d'amortissement répartie comme suit :
  - ✓ **30 ans** pour les conduites
  - ✓ **15 ans** pour les équipements hydromécaniques et électriques.
  - ✓ **40 ans** pour le génie civil.

**VIII-2-1-Coûts des conduites :**

Les coûts des conduites (fournitures, transports, poses, et terrassements) sont donnés dans le tableau suivant :

**Tableau VIII-1 :les prix des conduites.**

Diamètre nominal (mm) PN 16 bars	Longueur (m)	Prix unitaire DA/ml	Prix total (DA)	Matériaux des conduites
500	2571,60	23656,15	60.834.155,34	PEHD
400	319,9	15171,94	4.853.503,61	PEHD
315	1280,20	9420,24	12.059.791,25	PEHD
250	1176,16	6044,84	7.109.699,01	PEHD
200	1075,12	3885,98	4.177.894,82	PEHD
160	824	2482,69	2.045.736,56	PEHD
125	714,69	1526,63	1.091.067,20	PEHD
110	1416,59	1187,37	1.682.016,47	PEHD
90	1980,55	801,86	1.588.123,82	PEHD
75	1460,25	465,74	680.096,84	PEHD
63	411,39	335,33	137.951,41	PEHD
<b>TOTAL</b>			<b>96.260.036,33</b>	

Source : DRE Blida

**VIII-2-2-Cout de terrassement de réseau de distribution :**

**Tableau VIII-2 :Défèrente les prix des travaux réalise.**

Désignation des ouvrages	Unité	Quantité	Prix unitaire(DA)	Prix total (DA)
Débroussaillage de la terre végétal.	m <sup>2</sup>	14248	80	1.139.840,00
Fouilles en terrain meuble pour tranche du réseau de distribution à	m <sup>3</sup>	10826	300	3.247.800,00

toute profondeur.				
Fourniture, transport et pose du lit du sable de 15 cm d'épaisseur.	m <sup>3</sup>	1268	2000	2.536.000,00
Remblai compacté pour les tranchées.	m <sup>3</sup>	8802	200	1.760.400,00
Déblais.	m <sup>3</sup>	9589	160	1.534.240,00
<b>Total</b>		<b>10.218.280,00</b>		

- Calcul du volume de déblai et remblai

La pose en terre des conduites s'effectue dans un tranché dont la largeur de fond B sera donnée par la formule suivante :

$$B = D + 2 \times 0,25$$

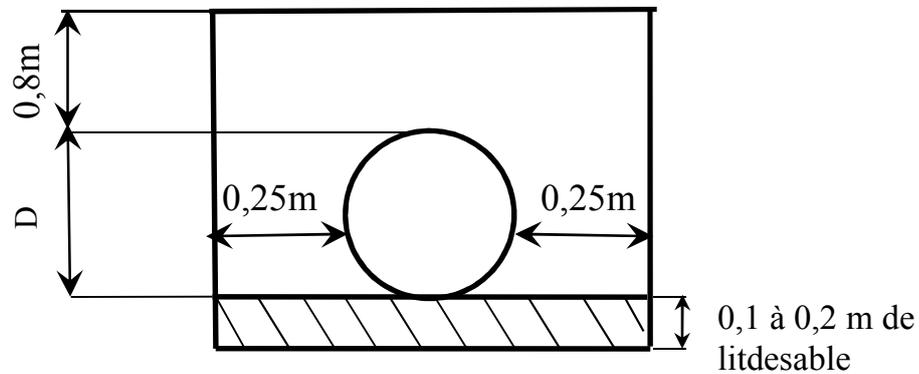
D : diamètre de la conduite (m)

La profondeur de fouille est en fonction du diamètre de la conduite, de la température du lieu (max, min) et les sollicitations des charges mobiles.

$$H \geq D + 0,8$$

$$\text{Déblai} = L.H.B$$

$$\text{Remblai} = \text{déblai} - \left(\pi \frac{D^2}{4}\right).L$$



**VIII-2-3-Cout des ouvrages d'art sur le réseau de distribution :****Tableau VIII-3 :Déférénte matériel installé.**

Désignation des ouvrages	Unité	Quantité	Prix unitaire(DA)	Prix total (DA)
Réduction en PEHD de 200/63 mm	U	2	2250	4.500,00
Réduction en PEHD de 200/160 mm	U	1	1160	1.160,00
Réduction en PEHD de 315/200 mm	U	1	4960	4.960,00
Réduction en PEHD de 125/90 mm	U	1	340	340,00
Réduction en PEHD de 160/90 mm	U	1	590	590,00
Té en PEHD de 315/250 mm	U	1	5140	5.140,00
Té en PEHD de 200/160 mm	U	1	5640	5.640,00
Té en PEHD de 200/63 mm	U	1	6720	6.720,00
Té en PEHD de 200/125 mm	U	1	6310	6.310,00
Té en PEHD de 160/110 mm	U	1	1920	1.920,00
Té en PEHD de 125/110 mm	U	1	1040	1.040,00
Chambre des vannes< 500mm	U	1	8209280	8.209.280,00
Vannes de 500 mm	U	9	105288	947.592 ,00
Vannes de 315 mm	U	2	24000	48.000,00
Vannes de 200 mm	U	3	18000	54.000,00
Vannes de 160 mm	U	2	14000	28.000,00
Vannes de 125 mm	U	2	10000	20.000,00
Bornes	U	50	14000	700.000,00
Filtre	U	1	1123699,00	1.123.699,00
Fertiliseur	U	1	820000,00	820.000,00
<b>TOTAL</b>			<b>11.988.891, 00</b>	

Source : DRE Blida

**VIII-3-Estimation de l'équipement à la parcelle :**

Nous allons faire l'estimation que pour un îlot model dimensionné :

**VIII-3-1-Estimation de l'irrigation localisée :**

Les résultats sont représentés dans le tableau suivant :

**Tableau VIII-4 : Facture des pièces de réseau d'irrigation localisée.**

Equipement	Dimensions	Quantité	Prix unitaire DA	Prix total DA
canalisation principale en PVC	Φ=110mm L=130m	2	352.71	91.704,00
Porte rampe en PVC	Φ=63mm L=150m	10	270.73	406.095,00

Rampe et compris goutteurs	$\Phi=16\text{mm}$ Goutteur 4l/h L=100 m Nombre de rampe = 25	10	36,00	900.000,00
Source : DRE Blida			Total	1.397.799,00

**N.B :**

- La référence des prix pour la projection du réseau d'irrigation localisée et le réseau de distribution a été fournie par le représentant du DRE Blida.

**VIII-4-Consommation intermédiaire :**

La consommation des intrants agricoles sont évalués pour la situation actuelle sur la base des prix unitaire définie dans le tableau VIII-5.

Le tableau VIII-6 donne les plans culturaux, ainsi que les coûts des consommations intermédiaires qui en découlent.

**Tableau VIII-5 : Prix unitaire des consommations intermédiaires.**

<b>Désignation</b>	<b>Unité</b>	<b>Prix (DA)</b>
<i>Ammonitrate 33,5%</i>	<i>(qx)</i>	<i>5 500</i>
<i>0-20-25</i>	<i>(qx)</i>	<i>7 250</i>
<i>12-18-18</i>	<i>(qx)</i>	<i>7 225</i>
<i>11-15-15</i>	<i>(qx)</i>	<i>7 225</i>
<i>Super phosphate 46%</i>	<i>(qx)</i>	<i>5051</i>
<i>Sulfate de potasse</i>	<i>(qx)</i>	<i>4040</i>
<b>PPS</b>		
<i>Affalons</i>	<i>(L)</i>	<i>1000</i>
<i>Soufre broyé</i>	<i>(kg)</i>	<i>40</i>
<i>Huile jaune</i>	<i>(L)</i>	<i>82</i>
<i>Pomme de terre</i>	<i>(qx)</i>	<i>3500</i>
<i>Blé</i>	<i>(kg)</i>	<i>2770</i>

Suite :

Désignation	Unité	Prix (DA)
<b>Installation de la serre</b>		
Armature (pour 1ha de serre)		40000
Film plastique	(qx)	10000
<b>Main d'œuvre</b>		
Tractoriste	(jour)	1200
Manœuvre qualifiée	(jour)	800
Manœuvre non qualifiée	(jour)	600

**Tableau VIII-6 :** Consommation intermédiaire.

Produits	Surface (ha)	Prix unitaire. (DA)	Coût (DA)
Pomme de terre	60	346.423,00	20.785.380,00
Laitue	30	40.566,00	1.216.980,00
Blé	225	22.910,00	5.154.750,00
Agrume	15	85.800,00	1.287.000,00
vigne	50	80.426,00	4.021.300,00
<b>Totaux</b>		<b>32.465.410,00</b>	

**VIII-5-Produits bruts du périmètre :**

Nous avons calculé les produits bruts sur la base des fiches techniques des cultures adoptées.

**Tableau VIII-7 :** Produit brut.

Produits	Surface (ha)	Rendement (q/ha)	production (q)	Prix unitaire. (DA/q)	Produit brut (DA)
Pomme de terre	60	250	15000	2000,00	30.000.000,00
Laitue	30	130	3900	1500,00	5.8500.000,00
Blé	225	30	6750	1700,00	11.475.000,00
Agrume	15	250	3750	4000,00	15.000.000,00
vigne	50	140	4000	2500,00	10.000.000,00
<b>Totaux</b>					<b>72.325.000,00</b>

**VIII-6- calcul le temps d'amortissement :**

Temps d'amortissement= Le coût total / Produit brut  
=152.330.416,00 DA / 72.325.000,00Da/An  
= 3Années.  
**Temps d'amortissement=3 Années.**

**VIII-4-Conclusion :**

Le coût d'aménagement du périmètre ouled boughalem est de l'ordre de **152.330.416,00 DA** concernera uniquement la partie réseau de distribution.

Si on prend la totalité des infrastructures du périmètre (clé en main), le cout moyen par hectare s'élèvera à plus de 100.000.000,00 DA en TTC (source ONID)

Produits bruts du périmètre de ouled boughalem est de l'ordre de **72.325.000,00 DA.**  
Et le temps d'amortissement est 3années.

## Conclusion générale :

---

Ce mémoire de fin d'étude a été consacré à l'étude d'aménagement hydro-agricole du périmètre d'irrigation de la plaine de ouled boughalem à partir du barrage de kramis, soit l'étude agro-socio-économie, besoin des cultures, l'étude du schéma d'aménagement hydraulique, traitant au passage tous les aspects nécessaires à la réalisation d'un tel projet ainsi que son impact sur l'environnement.

L'étude du climat (précipitation-température), montre que notre région a un climat semi-aride; et l'analyse du sol nous donne un sol de texture moyenne, pas salé avec une quantité de matière organique moyenne.

L'étude hydrologique nous permet de choisir la série pluviométrique annuelle qu'on doit prendre pour le calcul. Et l'analyse de l'eau d'irrigation indique que l'eau utilisée est acceptable.

Suivant les résultats caractérisant la région, nous avons choisi les cultures adaptées avec les données climatique et agro pédologiques. Notre îlot choisi est de surface de 15 ha, ses sols sont aptes aux arboricultures comme exemple les agrumes.

Au terme de ce travail ; nous pouvons avancer que la projection de système d'irrigation performant ou efficient est indispensable. Le choix du mode d'irrigation peut être également influencé par le mode de livraison de l'eau au niveau de l'exploitation, en particulier la distribution d'eau aux prises d'irrigation sous pression acceptable et à la demande facilement et encouragerait l'utilisation de l'irrigation localisé et par aspersion. Mais la meilleure technique pour l'irrigation des arbres de point de vue économique en eau est l'irrigation localisée, avec l'utilisation des équipements qui présentent plusieurs avantages dans le domaine exploitation. Et comme tous les projets, on a fait une estimation du coût de la projection.

A l'issue de ce modeste travail, il nous à être donné de constater que l'objectif assigné est dans les différents cas non atteint. Dans la plupart des cas, ceux sont des études standards qui sont collées à tout le périmètre, sans études préalables approfondies (besoin réel des cultures, dose d'arrosage, temps d'arrosage, pression nécessaire).Malheureusement c'est un facteur de renchérissement des installations clés en mains. Par ailleurs le manque de formation du personnel irrigant dans la conduite de l'irrigation est à l'origine de beaucoup de perte.

Il faut souligner que la production agricole dans le périmètre irrigué en Algérie est victime des incohérences de la politique de distribution de l'eau aux fellahs. Le grand projet d'aménagement de ce secteur restant à moitié inachevé, et en l'absence de perspective générale, l'habitude subsiste de tirer l'eau pour l'irrigation d'un oued notoirement pollué.

Enfin pour pallier à tout cela, il nous paraît important de donner les recommandations suivantes :

1- Installer, en collaboration les Organismes compétents (Instituts de recherches, Centres Techniques, Organisations socio-professionnelles, fournisseurs de matériel, etc...), des parcelles de démonstration de la conduite des cultures irriguées.

2-Ordonner à l'irrigant de ne donner que la dose d'irrigation réellement calculée, et de respecter le temps d'arrosage puisque le principe de l'irrigation au goutte à goutte est de ne pas avoir de pertes par percolation d'où une efficacité supérieure à 85%.

3- Organiser des visites de périmètres irrigués en fonctionnement, au profit de Groupes d'agriculteurs (à organiser conjointement avec les organismes Professionnels)

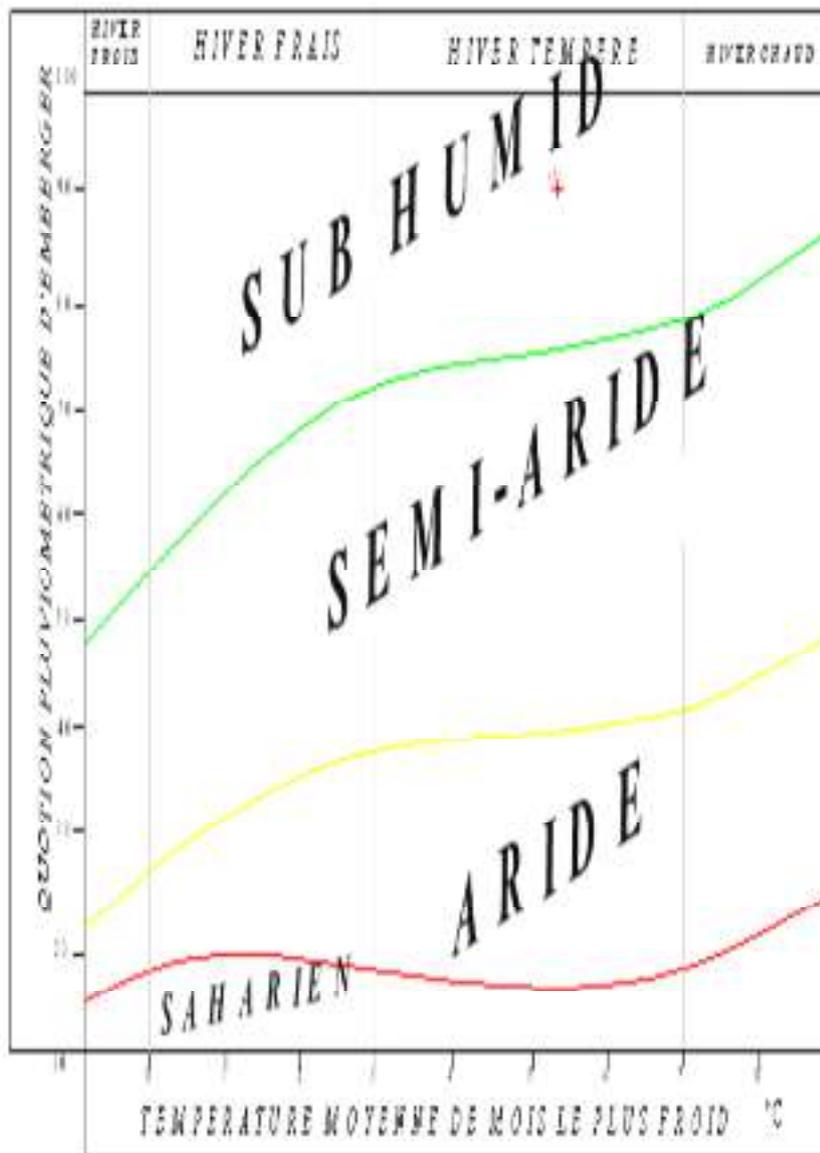
- 4- Création du syndicat des irriguant agrès par l'Office National d'Irrigation et Drainage (ONID) par un cahier des charges dûment visés par les autorités compétentes faisant ressortir les grandes lignes de gestion et exploitation du périmètre d'irrigation, objet de l'étude.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] CLEMENT, J M, Larousse Agricole, Edition Eyrolles. Paris, 1981, 1208P.
- [2] CTGREF, Evaluation des quantités d'eaux nécessaires aux irrigations, 1979, 204P.
- [3] Touibia, B, Manuel pratique d'hydrologie, 2004, 220P.
- [4] BULLETIN N°29, Calcul des besoins en eau des cultures, FAO, 1983.
- [5] BULLETIN N° 36, L'irrigation localisée (Calcul, mise en place exploitation, contrôle du fonctionnement), FAO, 1983.
- [6] DANIEL VESCHAMBRE et PIERRE VAYSSE, Mémento goutte à goutte, guide pratique de la micro irrigation par goutteurs et diffuseurs, Edition C.T.I.F.L INRA, 1980, 120P.
- [7] F.CHOUIH, Aménagement hydro agricole de la plaine de Beni Slimane (W. de Médéa).mémoire de fin d'études ENSH, BLIDA, 2008, 112P.

# *ANNEXES*

**Annexe 1 : Diagramme bioclimatique d'EMBERGER :**



**Annexe 2 : Série de précipitations moyennes pour le bassin du barrage de kramis**

Année hydro Logique	Sep	Oct	NoV	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jin	Jui	Aou	Total annuelle (mm)
1937/1938	32,0	31,6	21,5	126,0	77,3	47,8	6,3	11,3	32,8	0,0	0,0	28,5	415
1938/1939	13,4	33,6	84,7	67,2	17,8	77,7	53,9	96,8	16,2	50,5	0,0	23,7	505
1939/1040	0,3	40,0	48,1	19,0	118,5	32,0	12,8	6,0	17,3	57,1	0,0	2,3	353
1940/1941	0,3	111,8	39,9	54,9	19,6	33,9	64,1	41,9	24,1	2,1	0,3	0,4	393
1941/1942	9,7	42,5	94,1	45,7	60,4	73,3	10,7	39,8	1,9	0,0	0,0	0,7	379
1942/1943	24,7	1,5	72,5	155,9	21,0	78,3	106,2	3,1	27,9	0,0	0,0	0,0	491
1943/1944	44,8	53,8	88,1	150,4	1,1	79,4	12,9	11,2	2,6	6,5	0,0	1,9	453
1944/1945	55,8	53,5	13,4	114,8	91,4	12,3	12,1	0,0	11,8	7,6	0,0	4,6	377
1945/1946	1,6	13,4	55,5	11,8	199,8	38,1	37,6	81,1	31,3	8,2	0,0	0,1	479
1946/1947	0,0	33,2	53,8	57,5	51,0	100,6	7,8	6,4	33,7	0,2	0,8	24,6	370
1947/1948	41,1	33,8	17,4	130,5	82,8	60,2	1,5	7,4	26,9	0,0	8,0	0,0	410
1948/1949	0,3	132,3	2,3	16,3	69,8	37,4	39,9	52,3	39,3	2,0	0,0	0,0	392
1949/1950	14,5	3,0	40,0	41,3	129,7	26,0	73,8	38,9	30,2	4,8	0,0	0,0	402
1950/1951	42,3	63,0	3,7	96,6	93,0	49,4	47,3	11,8	39,9	0,4	0,0	0,0	447
1951/1952	11,0	179,6	91,4	46,4	118,6	43,5	11,9	85,8	66,1	0,0	0,5	7,2	662
1952/1953	0,3	48,5	38,7	31,4	60,7	45,5	85,8	3,8	19,1	16,2	0,0	1,1	351
1953/1954	34,6	64,7	19,3	44,8	56,2	62,1	24,0	147,7	6,3	7,2	0,0	0,0	476
1954/1955	0,0	15,1	49,9	46,2	101,0	36,1	70,7	55,2	1,9	5,7	2,9	0,0	385
1955/1956	42,6	154,0	30,3	23,6	89,6	134,7	25,6	55,7	6,3	2,5	0,2	0,0	565
1956/1957	28,20	69,5	56,2	40,2	97,7	0,0	18,9	83,8	20,0	13,4	0,0	0,0	428
1957/1958	8,30	81,5	82,7	76,0	75,0	14,7	12,0	49,6	0,4	4,2	1,8	0,0	406
1958/1959	0,0	80,8	128,6	58,2	28,5	57,5	17,0	9,2	55,6	18,6	0,0	0,7	455
1959/1960	49,4	62,0	79,0	61,7	61,7	31,2	31,9	19,3	22,3	2,6	0,2	0,2	422
1960/1961	8,1	4,9	13,5	111,9	181,5	0,0	5,8	29,2	2,2	25,2	2,7	0,4	386
1961/1962	1,4	24,7	71,3	23,0	36,6	143,5	66,7	31,8	9,6	36,2	0,0	0,0	445
1962/1963	0,0	5,8	109,8	52,2	60,4	102,9	15,3	13,1	58,9	7,6	0,4	0,0	426
1963/1964	17,7	10,5	30,8	163,3	63,0	48,7	42,5	67,8	0,1	9,7	0,0	0,3	454
1964/1965	0,0	57,4	33,0	79,0	124,8	43,7	18,3	62,3	0,1	9,7	0,0	0,0	428
1965/1966	3,3	56,4	33,3	57,3	27,8	0,2	56,4	43,9	83,1	4,8	0,0	0,0	366
1966/1967	19,5	89,8	56,0	8,9	22,7	50,1	6,0	152,3	9,3	22,9	0,0	2,3	440
1967/1968	6,9	36,3	90,8	79,3	17,3	65,0	37,8	31,9	71,5	5,2	0,0	2,2	444
1968/1969	1,6	0,0	59,8	131,6	44,0	59,0	47,4	133,4	31,1	17,1	0,0	0,0	525
1969/1970	26,4	180,9	38,4	161,3	73,2	2,0	54,2	12,9	11,5	0,0	0,0	0,0	561
1970/1971	0,0	12,2	3,1	47,9	93,4	13,8	58,8	52,0	120,7	1,5	0,0	0,0	403
1971/1972	21,7	15,8	151,0	82,1	139,7	67,8	92,2	23,6	74,4	4,4	0,0	0,0	673
1972/1973	40,8	49,5	29,1	46,3	80,0	91,7	32,3	9,9	0,0	7,5	0,0	0,0	387
1973/1974	47,1	9,2	6,5	95,3	4,8	69,0	63,1	108,3	0,0	18,9	0,0	0,0	422
1974/1975	1,5	51,4	28,5	0,2	7,1	40,8	86,5	49,7	17,3	1,7	0,0	3,7	288
1975/1976	0,0	0,0	97,9	20,7	31,4	112,9	5,7	47,6	55,1	25,8	0,0	13,7	411
1976/1977	9,6	70,5	32,8	27,6	60,3	13,7	13,0	9,0	113,6	0,0	1,2	1,0	352
1977/1978	3,4	29,5	48,2	88,7	96,0	21,5	55,5	81,1	35,0	0,0	0,0	0,0	459

1978/1979	0,0	122,4	10,0	83,2	60,1	132,0	59,5	40,9	0,4	3,4	0,2	0,0	512
1979/1980	33,3	59,4	22,7	141,1	61,0	36,4	63,4	33,8	21,5	0,2	0,0	0,8	474
1980/1981	4,0	15,2	8,1	135,5	35,2	56,4	34,6	56,0	14,4	3,4	0,0	0,0	363
1981/1982	1,2	5,7	0,0	48,2	24,9	86,3	14,4	19,8	13,7	0,0	0,0	0,4	215
1982/1983	7,6	69,8	125,2	66,0	0,0	78,7	25,6	2,6	4,8	0,0	3,5	13,6	397
1983/1984	0,0	0,0	51,4	39,8	31,0	23,8	11,6	35,1	74,0	3,7	0,0	0,0	270
1984/1985	4,3	78,6	18,3	58,9	58,4	23,1	100,1	17,4	76,2	0,0	0,0	0,0	435
1985/1986	2,7	43,2	48,2	71,5	89,9	98,0	59,1	25,4	3,2	5,1	0,0	0,0	446
1986/1987	55,6	55,2	30,9	75,7	41,2	97,5	1,4	1,0	17,2	0,9	0,8	0,0	377
1987/1988	8,1	32,6	59,0	29,1	39,8	17,6	29,8	17,2	48,9	5,1	0,0	0,5	287
1988/1989	8,3	26,6	98,7	45,9	69,7	15,3	32,1	37,5	39,8	6,0	0,0	0,0	380
1989/1990	8,5	0,6	36,0	19,2	69,8	0,0	35,1	41,9	36,8	0,0	1,1	0,0	249
1990/1991	4,1	65,6	106,2	76,8	59,0	67,0	102,9	8,0	2,8	3,7	0,0	0,0	496
1991/1992	12,6	26,8	59,7	6,4	45,3	10,1	79,9	25,7	23,6	17,5	13,7	0,0	321
1992/1993	0,6	13,1	36,5	55,5	0,1	55,0	23,2	44,0	16,5	0,0	0,0	0,3	245
1993/1994	8,4	37,0	59,9	24,1	66,6	56,2	2,0	32,3	11,5	0,0	0,0	0,0	298
1994/1995	14,0	38,9	40,9	20,7	50,2	30,6	63,1	14,4	0,0	0,0	0,0	0,0	273
1995/1996	23,1	27,2	57,7	42,4	30,3	116,0	64,3	35,3	23,3	0,7	12,0	0,2	432
1996/1997	32,5	16,4	8,0	36,3	55,8	9,6	0,0	197,7	12,8	0,0	0,0	8,9	378
1997/1998	18,8	34,3	121,7	42,1	24,6	27,3	18,6	44,0	53,6	0,0	1,6	4,9	391
Moyenne	14,9	47,1	51,5	64,1	62,3	51,7	38,7	42,7	28,2	7,0	0,9	2,4	411,8

**Annexe 3 : Teste de wilcoxon**

Range	Série d'origine P (mm)	Série x (mm)	Série y (mm)	TRI (mm)	X union y
1	415	415	444	673	Y
2	505	505	525	662	X
3	353	353	561	565	X
4	393	393	403	561	Y
5	379	379	673	525	Y
6	491	491	387	512	Y
7	453	453	422	505	X
8	377	377	288	496	Y
9	479	479	411	491	X
10	370	370	352	479	X
11	410	410	459	474	Y
12	392	392	512	467	X
13	402	402	474	459	Y
14	447	447	363	755	X
15	662	662	215	454	X
16	351	351	397	453	X
17	467	467	270	447	X
18	385	385	435	446	Y
19	565	565	446	445	X
20	428	428	377	444	Y
21	406	406	287	440	X
22	455	455	380	435	Y
23	422	422	249	432	Y
24	386	386	496	428	X
25	445	445	321	426	X
26	426	426	245	422	Y
27	454	454	298	422	X
28	428	428	273	422	X
29	366	366	432	415	X
30	440	440	378	411	Y
31	444		391	410	X
32	525			406	X
33	561			403	Y
34	403			402	X
35	673			397	Y
36	387			393	X
37	422			392	X
38	288			391	Y
39	411			387	Y
40	352			386	X
41	459			385	X
42	512			380	Y
43	474			379	X

44	363			378	Y
45	215			377	Y
46	397			377	X
47	270			370	X
48	435			366	X
49	446			363	Y
50	377			353	X
51	287			352	X
52	380			351	X
53	249			321	Y
54	496			298	Y
55	321			288	Y
56	245			287	Y
57	298			273	Y
58	273			270	Y
59	432			249	Y
60	378			245	Y
61	391			215	Y

Taille n= 61

Moyenne= 411,8852459

Ecart-type= 87,51306538

I.C. à (en%)= 95

U Gauss= 1,9604

Valeurs de départ	Valeurs classées	Ordre de classement	Fréquence expérimentale	Variable Réduite	Valeur expérimentale	Valeur théorique	Borne inférieure	Borne Supérieure
415	215	1	0,0082	-2,400	215	201,8130008	150,2983858	239,6620727
505	245	2	0,0246	-1,967	245	239,7070714	195,248043	272,9656278
353	249	3	0,0410	-1,740	249	259,6325055	218,7233574	290,6373637
393	270	4	0,0574	-1,578	270	273,8323006	235,3646051	303,3194262
379	273	5	0,0738	-1,449	273	285,1185867	248,528671	313,4621238
491	287	6	0,0902	-1,340	287	294,621277	259,562821	322,0515201
453	288	7	0,1066	-1,245	288	302,9140297	269,1504114	329,5888923
377	298	8	0,1230	-1,160	298	310,3302581	277,6882539	336,3659443
479	321	9	0,1393	-1,083	321	317,08187	285,4283165	342,5683087
370	351	10	0,1557	-1,012	351	323,312447	292,5411531	348,3219355
410	352	11	0,1721	-0,946	352	329,1240893	299,1479059	353,7165241
392	353	12	0,1885	-0,883	353	334,5922052	305,3379316	358,8184401
402	363	13	0,2049	-0,824	363	339,7742255	311,1791811	363,6783301
447	366	14	0,2213	-0,768	366	344,7150194	316,7246493	368,3358564
662	370	15	0,2377	-0,713	370	349,4504093	322,016559	372,8227714
351	377	16	0,2541	-0,661	377	354,0095367	327,0891758	377,1649882
476	377	17	0,2705	-0,611	377	358,4165034	331,9707603	381,3840174
385	378	18	0,2869	-0,562	378	362,6915414	336,6849591	385,4979927
565	379	19	0,3033	-0,515	379	366,8518658	341,251818	389,5224186
428	380	20	0,3197	-0,468	380	370,9123101	345,6885357	393,470728
406	385	21	0,3361	-0,423	385	374,8858073	350,010035	397,3547056

455	386	22	0,3525	-0,378	386	378,7837618	354,2294026	401,1848153
422	387	23	0,3689	-0,334	387	382,6163405	358,3582335	404,9704574
386	391	24	0,3852	-0,291	391	386,392705	362,4069039	408,7201747
445	392	25	0,4016	-0,249	392	390,121199	366,3847918	412,4418193
426	393	26	0,4180	-0,207	393	393,8095024	370,300457	416,1426912
454	397	27	0,4344	-0,165	397	397,4647603	374,16179	419,8296544
428	402	28	0,4508	-0,123	402	401,0936919	377,976138	423,5092376
366	403	29	0,4672	-0,082	403	404,7026857	381,7504126	427,1877216
440	406	30	0,4836	-0,041	406	408,2978831	385,4911836	430,8712189
444	410	31	0,5000	0,000	410	411,8852547	389,2047633	434,5657468
525	411	32	0,5164	0,041	411	415,4726087	392,8992729	438,2793082
561	415	33	0,5328	0,082	415	419,0678061	396,5827702	442,0200793
403	422	34	0,5492	0,123	422	422,6767999	400,2612542	445,7943538
673	422	35	0,5656	0,165	422	426,3057315	403,9408374	449,6087018
387	426	36	0,5820	0,207	426	429,9609894	407,6278006	453,4700348
422	428	37	0,5984	0,249	428	433,6492928	411,3286725	457,3857
288	428	38	0,6148	0,291	428	437,3777868	415,0503171	461,3635879
411	432	39	0,6311	0,334	432	441,1541513	418,8000344	465,4122583
352	435	40	0,6475	0,378	435	444,98673	422,5856765	469,5410892
459	440	41	0,6639	0,423	440	448,8846845	426,4157862	473,7604568
512	444	42	0,6803	0,468	444	452,8581817	430,2997638	478,0819561
474	445	43	0,6967	0,515	445	456,918626	434,2480732	482,5186739
363	446	44	0,7131	0,562	446	461,0789504	438,2724991	487,0855327
215	447	45	0,7295	0,611	447	465,3539884	442,3864744	491,7997315
397	453	46	0,7459	0,661	453	469,7609551	446,6055037	496,681316
270	454	47	0,7623	0,713	454	474,3200825	450,9477204	501,7539328
435	455	48	0,7787	0,768	455	479,0554724	455,4346354	507,0458425
446	459	49	0,7951	0,824	459	483,9962663	460,0921617	512,5913107
377	474	50	0,8115	0,883	474	489,1782866	464,9520517	518,4325602
287	476	51	0,8279	0,946	476	494,6464025	470,0539677	524,6225859

380	479	52	0,8443	1,012	479	500,4580448	475,4485563	531,2293387
249	491	53	0,8607	1,083	491	506,6886218	481,2021831	538,3421753
496	496	54	0,8770	1,160	496	513,4402337	487,4045475	546,0822379
321	505	55	0,8934	1,245	505	520,8564621	494,1815995	554,6200804
245	512	56	0,9098	1,340	512	529,1492148	501,7189717	564,2076708
298	525	57	0,9262	1,449	525	538,6519051	510,308368	575,2418208
273	561	58	0,9426	1,578	561	549,9381912	520,4510657	588,4058867
432	565	59	0,9590	1,740	565	564,1379863	533,1331281	605,0471344
378	662	60	0,9754	1,967	662	584,0634204	550,804864	628,5224488
391	673	61	0,9918	2,400	673	621,957491	584,1084191	673,472106

Fréquence	U.Gauss	Val.théo.	Borne inf.	Borne sup.	Valeur	Fréq. théo.	Pér. Ret.
0,8	0,841	485,5237026	461,5272512	514,3104561	485,5237026	0,800	5,0
0,5	0,000	411,8852547	389,2047633	434,5657468	411,8852547	0,500	2,0
0,2	-0,841	338,2467892	309,4600357	362,2432406	338,2467892	0,200	1,3

Taille n= 61

Moy.log(x-  
xo)= 2,60485038

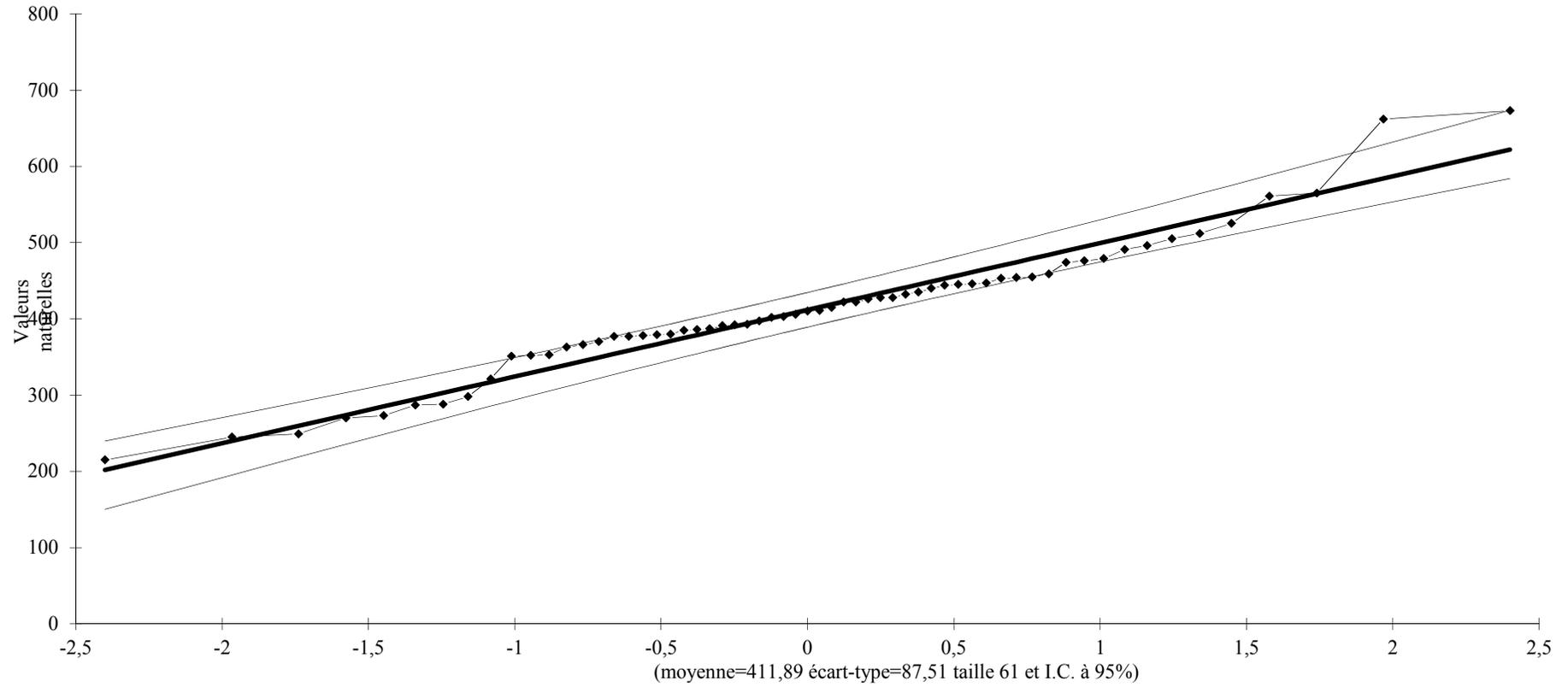
xo= 0

E.T. log(x-  
xo)= 0,09514011

I.C. à (en%)= 95

U Gauss= 1,960

### Ajustement à une loi Normale



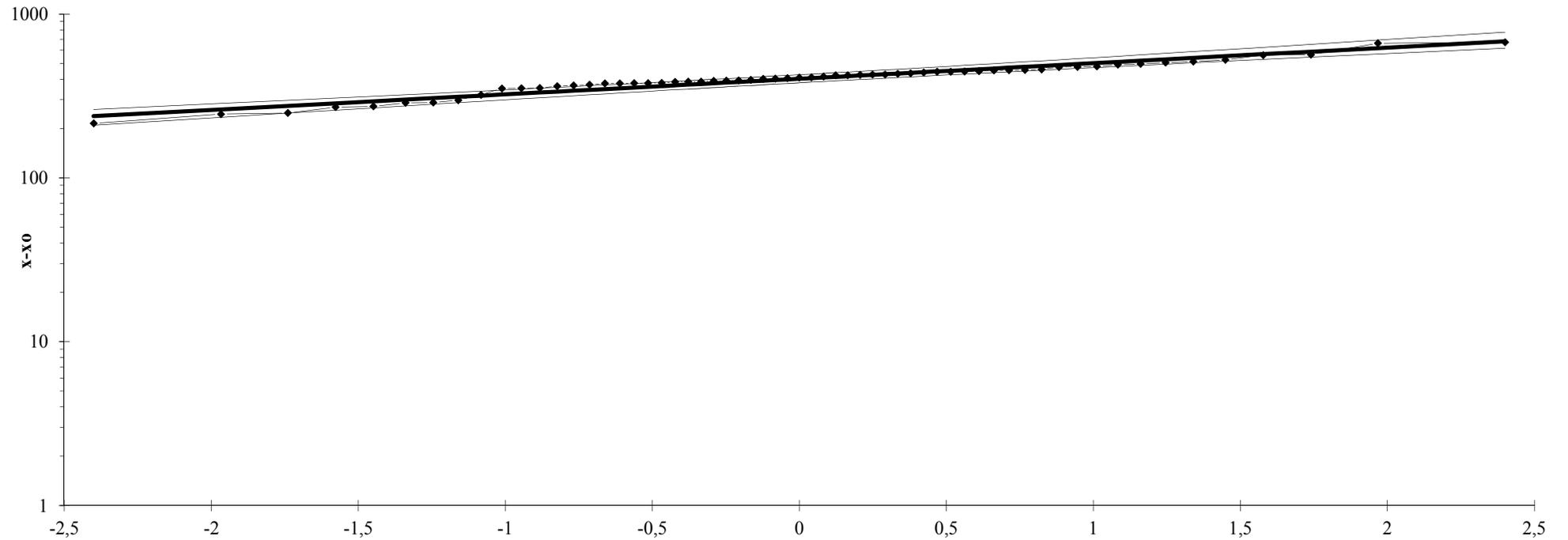
Valeurs de départ	Valeurs classées	Ordre de classement	Fréquence expérimentale	Variable réduite	Valeur expérimentale	Valeur théorique	Borne inférieure	Borne supérieure	Log (x-xo)	U	x-xo exp	x-xo Théo	x-xo inf	x-xo Sup
415	215	1	0,008	-2,400	215	237,941	209,154	261,588	2,332	-2,400	215	237,941	209,154	261,588
505	245	2	0,025	-1,967	245	261,617	234,063	284,331	2,389	-1,967	245	261,617	234,063	284,331
353	249	3	0,041	-1,740	249	274,997	248,230	297,191	2,396	-1,740	249	274,997	248,230	297,191
393	270	4	0,057	-1,578	270	284,948	258,789	306,777	2,431	-1,578	270	284,948	258,789	306,777
379	273	5	0,074	-1,449	273	293,113	267,459	314,666	2,436	-1,449	273	293,113	267,459	314,666
491	287	6	0,090	-1,340	287	300,169	274,949	321,505	2,458	-1,340	287	300,169	274,949	321,505
453	288	7	0,107	-1,245	288	306,466	281,628	327,628	2,459	-1,245	288	306,466	281,628	327,628
377	298	8	0,123	-1,160	298	312,208	287,712	333,234	2,474	-1,160	298	312,208	287,712	333,234
479	321	9	0,139	-1,083	321	317,530	293,341	338,448	2,507	-1,083	321	317,530	293,341	338,448
370	351	10	0,156	-1,012	351	322,521	298,610	343,358	2,545	-1,012	351	322,521	298,610	343,358
410	352	11	0,172	-0,946	352	327,247	303,590	348,026	2,547	-0,946	352	327,247	303,590	348,026
392	353	12	0,189	-0,883	353	331,758	308,331	352,500	2,548	-0,883	353	331,758	308,331	352,500
402	363	13	0,205	-0,824	363	336,089	312,873	356,814	2,560	-0,824	363	336,089	312,873	356,814
447	366	14	0,221	-0,768	366	340,272	317,246	360,999	2,563	-0,768	366	340,272	317,246	360,999
662	370	15	0,238	-0,713	370	344,329	321,477	365,076	2,568	-0,713	370	344,329	321,477	365,076
351	377	16	0,254	-0,661	377	348,282	325,585	369,066	2,576	-0,661	377	348,282	325,585	369,066
476	377	17	0,270	-0,611	377	352,145	329,588	372,985	2,576	-0,611	377	352,145	329,588	372,985
385	378	18	0,287	-0,562	378	355,934	333,500	376,846	2,577	-0,562	378	355,934	333,500	376,846
565	379	19	0,303	-0,515	379	359,660	337,335	380,661	2,579	-0,515	379	359,660	337,335	380,661
428	380	20	0,320	-0,468	380	363,334	341,102	384,442	2,580	-0,468	380	363,334	341,102	384,442
406	385	21	0,336	-0,423	385	366,966	344,812	388,198	2,585	-0,423	385	366,966	344,812	388,198
455	386	22	0,352	-0,378	386	370,565	348,473	391,938	2,587	-0,378	386	370,565	348,473	391,938
422	387	23	0,369	-0,334	387	374,137	352,094	395,670	2,588	-0,334	387	374,137	352,094	395,670
386	391	24	0,385	-0,291	391	377,691	355,680	399,401	2,592	-0,291	391	377,691	355,680	399,401
445	392	25	0,402	-0,249	392	381,232	359,240	403,140	2,593	-0,249	392	381,232	359,240	403,140
426	393	26	0,418	-0,207	393	384,768	362,778	406,892	2,594	-0,207	393	384,768	362,778	406,892
454	397	27	0,434	-0,165	397	388,305	366,302	410,665	2,599	-0,165	397	388,305	366,302	410,665
428	402	28	0,451	-0,123	402	391,849	369,816	414,465	2,604	-0,123	402	391,849	369,816	414,465

366	403	29	0,467	-0,082	403	395,405	373,327	418,299	2,605	-0,082	403	395,405	373,327	418,299
440	406	30	0,484	-0,041	406	398,979	376,839	422,174	2,609	-0,041	406	398,979	376,839	422,174
444	410	31	0,500	0,000	410	402,578	380,359	426,096	2,613	0,000	410	402,578	380,359	426,096
525	411	32	0,516	0,041	411	406,210	383,893	430,076	2,614	0,041	411	406,210	383,893	430,076
561	415	33	0,533	0,082	415	409,882	387,449	434,122	2,618	0,082	415	409,882	387,449	434,122
403	422	34	0,549	0,123	422	413,602	391,033	438,243	2,625	0,123	422	413,602	391,033	438,243
673	422	35	0,566	0,165	422	417,376	394,651	442,447	2,625	0,165	422	417,376	394,651	442,447
387	426	36	0,582	0,207	426	421,213	398,311	446,745	2,629	0,207	426	421,213	398,311	446,745
422	428	37	0,598	0,249	428	425,120	402,018	451,145	2,631	0,249	428	425,120	402,018	451,145
288	428	38	0,615	0,291	428	429,106	405,781	455,660	2,631	0,291	428	429,106	405,781	455,660
411	432	39	0,631	0,334	432	433,182	409,607	460,302	2,635	0,334	432	433,182	409,607	460,302
352	435	40	0,648	0,378	435	437,358	413,507	465,084	2,638	0,378	435	437,358	413,507	465,084
459	440	41	0,664	0,423	440	441,646	417,491	470,022	2,643	0,423	440	441,646	417,491	470,022
512	444	42	0,680	0,468	444	446,061	421,570	475,134	2,647	0,468	444	446,061	421,570	475,134
474	445	43	0,697	0,515	445	450,618	425,757	480,441	2,648	0,515	445	450,618	425,757	480,441
363	446	44	0,713	0,562	446	455,335	430,068	485,965	2,649	0,562	446	455,335	430,068	485,965
215	447	45	0,730	0,611	447	460,234	434,520	491,733	2,650	0,611	447	460,234	434,520	491,733
397	453	46	0,746	0,661	453	465,340	439,134	497,779	2,656	0,661	453	465,340	439,134	497,779
270	454	47	0,762	0,713	454	470,681	443,933	504,140	2,657	0,713	454	470,681	443,933	504,140
435	455	48	0,779	0,768	455	476,294	448,947	510,863	2,658	0,768	455	476,294	448,947	510,863
446	459	49	0,795	0,824	459	482,221	454,212	518,004	2,662	0,824	459	482,221	454,212	518,004
377	474	50	0,811	0,883	474	488,517	459,772	525,634	2,676	0,883	474	488,517	459,772	525,634
287	476	51	0,828	0,946	476	495,250	465,681	533,842	2,678	0,946	476	495,250	465,681	533,842
380	479	52	0,844	1,012	479	502,508	472,012	542,745	2,680	1,012	479	502,508	472,012	542,745
249	491	53	0,861	1,083	491	510,406	478,860	552,495	2,691	1,083	491	510,406	478,860	552,495
496	496	54	0,877	1,160	496	519,106	486,353	563,304	2,695	1,160	496	519,106	486,353	563,304
321	505	55	0,893	1,245	505	528,833	494,674	575,473	2,703	1,245	505	528,833	494,674	575,473
245	512	56	0,910	1,340	512	539,926	504,096	589,452	2,709	1,340	512	539,926	504,096	589,452
298	525	57	0,926	1,449	525	552,924	515,052	605,960	2,720	1,449	525	552,924	515,052	605,960
273	561	58	0,943	1,578	561	568,768	528,297	626,261	2,749	1,578	561	568,768	528,297	626,261

432	565	59	0,959	1,740	565	589,349	545,338	652,900	2,752	1,740	565	589,349	545,338	652,900
378	662	60	0,975	1,967	662	619,490	570,003	692,418	2,821	1,967	662	619,490	570,003	692,418
391	673	61	0,992	2,400	673	681,132	619,560	774,882	2,828	2,400	673	681,132	619,560	774,882

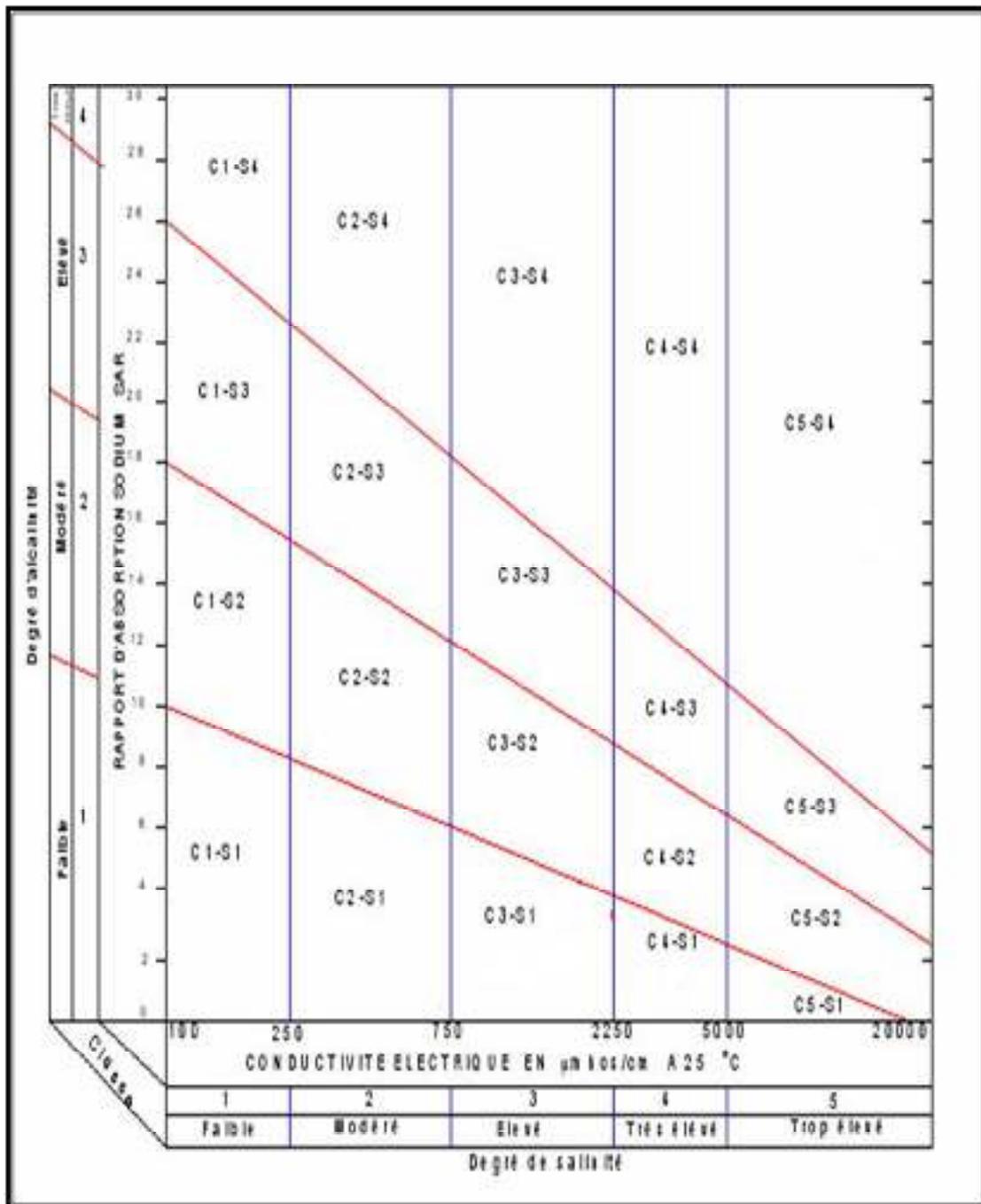
Fréquence	U de Gauss	Valeur théo.	Borne inf.	Borne sup.	Valeur	Fréq. théo.	Pér. Ret.
0,8	0,841	484,0683239	455,8467318	520,238245	484,06832	0,800	5,0
0,5	0,000	402,5783263	380,3585831	426,0961	402,57833	0,500	2,0
0,2	-0,841	334,8066659	311,5290027	355,534635	334,80667	0,200	1,3

### Ajustement à une loi Log-normale



( $x_0=0,00$  Moy. $\log(x-x_0)=2,6049$  E.T.  $\log(x-x_0)=0,0951$   $n=61$  et I.C. à 95%)

**Annexe 6 : Diagramme de classification de l'eau d'irrigation**



**Annexe 7 : Valeurs minimales et maximales de Z pour diverses cultures**

<b>Cultures</b>	<b>z (m)</b>
Tomates	1 - 1,2
Cultures maraichères	0,3 - 0,6
Agrumes	1 - 1,2
Arbres fruitiers à feuilles caduques	1 - 2
Vigne	1 - 3

**Annexe 8 : Dimensionnement du réseau de distribution du secteur de ouled boughalem :**

N° tronçon	Tronçon		Long (m)	Débit l/s	Diamètre (mm)	Vitesse (m/s)	j (m/km)	Cote piézomètre (m) (aval)	Pression (m)
	Amont	Aval							
1	R	BG'1	674,54	358,76	500	1,7	3,97	150,62	32,41
2	BG'1	BG1	127	8,08	75	1,8	40,26	145,51	35,32
3	BG'1	BG'2	213,2	350,68	500	1,74	3,80	149,90	34,81
4	BG'2	BG2	172	10,54	90	1,66	26,93	145,27	33,20
5	BG2	BG3	222,5	5,38	63	1,73	44,75	135,31	25,31
6	BG'2	BG'3	222,2	340,14	500	1,73	3,78	149,20	35,09
7	BG'3	BG4	64	27,09	163	1,3	8,42	148,66	36,54
8	BG4	BG5	327,68	17,20	110	1,81	18,56	140,51	28,51
9	BG5	BG6	397,87	8,6	90	1,35	18,56	133,13	23,13
10	BG'3	BG'4	92	313,05	500	1,59	3,24	148,95	38,67
11	BG'4	BG7	97,31	13	110	1,37	14,88	147,50	38,50
12	BG'4	BG'5	477	281,05	500	1,43	2,66	147,78	35,54
13	BG'5	BG8	26	14,80	110	1,56	18,86	147,29	39,29
14	BG8	BG9	299,33	9,2	90	1,45	21	141,01	34
15	BG9	BG10	286	4,6	75	1,04	14,42	136,88	30,65
16	BG'5	BG'6	282	266,25	500	1,36	2,4	147,15	36,96
17	BG'6	BG11	14	15,92	110	1,68	21,57	146,86	39,86
18	BG11	BG12	120,8	10,32	90	1,62	25,91	143,73	36,73

			6						
19	BG'6	BG'7	110	250,3 3	500	1,27	2,14	146,94	37,94
20	BG'7	BG13	220,5	15,90	110	1,67	21,52	142,19	37,19
21	BG13	BG14	83,88	10,30	90	1,62	25,82	140,03	36,03
22	BG'7	BG'8	377,3	234,4 3	500	1,19	1,9	146,29	38,11
23	BG'8	BG15	135	14,62	110	1,54	18,45	145,69	40,69
24	BG15	BG16	388,5	9,46	90	1,49	22,09	137,56	33,56
25	BG'8	BG'9	121	219,8 1	500	1,12	1,69	146,10	39,10
26	BG'9	BG17	520,2	67,94	250	1,38	5,68	144,04	38,04
27	BG17	BG18	238,8	60,20	200	1,92	13,49	141,90	37,90
28	BG18	BG19	280,6	6,88	75	1,56	29,99	133,49	29,39
29	BG18	BG'1 0	297,8	49,88	200	1,59	9,54	140,19	36,19
30	BG'1 0	BG20	94	4,30	63	1,38	29,73	137,61	34,61
31	BG'1 0	BG'1 1	111	48,58	200	1,45	8,08	139,68	36,68
32	BG'1 1	BG21	94,32	4,30	63	1,38	29,73	136,88	34,88
33	BG'1 1	BG22	121,7	14,62	110	1,40	12,68	138,50	36,50
34	BG22	BG23	229	19,78	125	1,61	17,22	134,56	32,56
35	BG23	BG24	137,8	12,04	110	1,27	12,93	132	30
36	BG24	BG25	288	6,02	75	1,36	23,51	125,23	23,53
37	BG'9	BG26	19,5	151,8 7	400	1,21	2,53	146,03	42,03
38	BG26	BG27	276	144,1 3	400	1,15	2,30	145,35	43,35
39	BG27	BG28	380,4	134,6	315	1,73	6,50	142,88	39,88

				7					
40	BG28'	BG29	250	125,2 1	315	1,65	5,97	140,7	37,7
41	BG29	BG30	65	121,7 7	315	1,56	5,39	140,48	37,29
42	BG30	BG31	237	116,1 8	315	1,49	4,94	139,19	36,19
43	BG31	BG32	212,5	6,02	75	1,36	23,51	134,20	31,20
44	BG31	BG'1 2	232,9	105	315	1,35	4,10	138,23	35,23
45	BG'1 2	BG33	424	62	250	1,86	4,8	136,20	34,20
46	BG33	BG34	232	55	250	1,12	3,85	135,31	33,31
47	BG34	BG'1 3	385,9	49	200	1,56	9,23	131,75	28,75
48	BG'1 3	BG35	230,8	22	110	1,79	20,94	126,91	24,80
49	BG35	BG36	192,9	6,50	75	1,02	8	125,37	24,10
50	BG'1 3	BG37	130,2	27	163	1,29	8,37	130,66	27,40
51	BG37	BG'1 4	58,3	19	125	1,55	16	129,72	25,90
52	BG'1 4	BG38	268,2	10,03	110	1,05	9,22	127,25	23,60
53	BG38	BG39	255	5	75	1,13	16,77	122,97	22,04
54	BG'1 4	BG40	139,3	8,6	90	1,41	20,17	126,91	22,01
55	BG'1 2	BG41	38,16	43	200	1,37	7,26	137,96	34,89
56	BG41	BG42	69,7	35	163	1,68	13,48	137,02	33,90
57	BG42	BG43	190,2	29	163	1,39	9,54	132,20	32,14
58	BG43	BG'1 5	245,2	25	163	1,2	7,27	129,42	28,87

59	BG'1 5	BG44	72,2	13	110	1,37	14,88	128,35	29,41
60	BG44	BG45	91	7	90	1,10	12,76	127,19	28,19
61	BG'1 5	BG46	161,9	12	110	1,26	12,85	131,34	28,46
62	BG46	BG47	304,5	7	90	1,10	12,76	123,46	24,93
63	BG24	BG24 ,	288	6,50	75	1,36	23,51	125,23	23,53
64	BG22	BG22 ,	374,6	14,62	110	1,40	12,68	138,50	30,50
65	BG28	BG28 ,	139	128,6 5	315	1,65	5,97	140,7	37,7

## Annexe 9 : Guide d'estimation de p

GUIDE D'ESTIMATION DE P															
<p><math>p</math> = pourcentage de sol humidifié pour divers débits de distributeurs et divers espacements entre rampes et entre distributeurs dans le cas d'une seule rampe, rectiligne, équipée de distributeurs uniformément espacés délivrant une dose de 40 mm par arrosage sur l'ensemble de la surface.)</p>															
Écartement mm rampes % en m	Débit des distributeurs														
	moins de 1,5 l/h			2 l/h			4 l/h			8 l/h			Plus de 12 l/h		
	Espacement recommandé des distributeurs sur la rampe, Nd en m														
	en sol de texture grossière (G), moyenne (M), fine (F)														
	G	M	F	G	M	F	G	M	F	G	M	F	G	M	F
	0,2	0,5	0,9	0,3	0,7	1,0	0,6	1,0	1,5	1,0	1,5	1,7	1,5	1,6	2,0
Pourcentage en sol humidifié p %															
0,8	38	88	100	50	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1,0	33	70	100	40	80	100	80	100	100	100	100	100	100	100	100
1,2	25	58	92	33	67	100	67	100	100	100	100	100	100	100	100
1,5	20	47	73	26	53	80	53	80	100	80	100	100	100	100	100
2,0	15	35	55	20	40	60	40	60	80	60	80	100	80	100	100
2,5	12	28	44	16	32	48	32	48	64	48	64	80	64	80	100
3,0	10	23	37	13	26	40	26	40	53	40	53	67	53	67	80
3,5	9	20	31	11	23	34	23	34	46	34	46	57	46	57	68
4,0	8	18	28	10	20	30	20	30	40	30	40	50	40	50	60
4,5	7	16	24	9	18	26	18	26	36	26	36	44	36	44	53
5,0	6	14	22	8	16	24	16	24	32	24	32	40	32	40	48
6,0	5	12	18	7	14	20	14	20	27	20	27	34	27	34	40

**Annexe 10: Matériels d'équipement à la parcelle du réseau d'irrigation localisée:**

Matériel	Unités	Quantités
Unité de tête composée du manomètre, filtre à tamis et doseur d'engrais.	U	01
Canalisation principale en PVC diamètre 110mm	Ml	130
Porte rampe PVC diamètre 63mm.	Ml	1500
Rampe PVC diamètre 16mm.	Ml	25000
Té réducteur 16/63	U	250
Té réducteur 63/70	U	10
Distributeurs 4 l/h	U	500
Bouchon diamètre 110mm	U	01
Bouchon diamètre 63mm	U	10
Bouchon diamètre 16mm	U	250