

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 :**

**IRRIGATION DU SECTEUR SUD DE LA  
PLAINE DE M'LETA A PARTIR DE LA STEP  
D'EL KERMA (W.ORAN)**

**Présenté par :**

**Mr KARA ALI Ahmed**

**DEVANT LES MEMBRES DU JURY**

<b>Nom et Prénom</b>	<b>Grade</b>	<b>Qualité</b>
<b>Mr M.MESSAHEL</b>	<b>M C</b>	<b>Président</b>
<b>Mme L.S BAHBOUH</b>	<b>MA.A</b>	<b>Examinatrice</b>
<b>Mme H.BOUCAMA</b>	<b>MA.A</b>	<b>Examinatrice</b>
<b>Mme S.HARKAT</b>	<b>MA.B</b>	<b>Examinatrice</b>
<b>Mr Y.BOUNAH</b>	<b>MA.B</b>	<b>Examineur</b>
<b>Mr D.KOLIAI</b>	<b>Ingénieur en chef</b>	<b>promoteur</b>

**Septembre-2013**

# Remerciements

*Avant tout, je remercie DIEU qui a illuminé mon chemin et qui m'a armé de courage et de patience pour achever mes études.*

*Puis, je tiens à exprimer ma profonde gratitude et mes vifs remerciements à mon promoteur Mr D.KOLIAI pour son enthousiasme, sa disponibilité et sa confiance en mes compétences pour mener à bien ce travail.*

- ✚ Toute ma gratitude pour mes parents, mes sœurs et mes frères pour leur soutien moral et financier.*
- ✚ Mes remerciements s'adressent également à tous les enseignants qui ont contribué à notre formation, surtout Mme BAHBOUH, M. MESSAHIEL et Mme AZEIZ.*
- ✚ Que les membres de jury trouvent ici le témoignage de ma reconnaissance pour avoir bien voulu juger ce travail.*
- ✚ A toute l'équipe de l'Office National d'Irrigation et de Drainage (ONID).*
- ✚ Je tiens aussi à remercier mes amis qui m'ont aidé pendant la réalisation de ce projet.*

# AHMED

# DEDICACES

*Je dédie ce modeste travail en signe de reconnaissance et de respect :*

*- A ma mère et mon père pour tous les sacrifices qu'ils ont consenti pour que je réussisse;*

*je le dédie également à:*

*Mes frères: Fatah et Mohamed ainsi que mes sœurs pour leur amour et leur soutien inconditionnel.*

*A tous mes amis surtout: Hamza, Kamel, Youssef, Boualem, Saïd, Yacine, Salah, Fichem et Mohamed*

*Mes amis de l'ENSH*

*En un mot à tous les gens qui ont contribué ma réussite de près ou de loin*

**A.KARA ALI**

## ملخص

في هذه المذكرة قمنا بدراسة مشروع كيفية تزويد الأراضي الزراعية المكونة لمحيط 1658 هكتار الواقع في بلدية الكرمة بولاية وهران بالمياه انطلاقا من محطة تصفية المياه المستعملة الواقعة في نفس البلدية. لهذا الغرض قمنا بدراسة عامة لمختلف خصائص المنطقة من حيث المناخ و من حيث الخصائص المتعلقة بنوعية التربة و كذلك نوعية المياه. قمنا أيضا بتحديد احتياجات النباتات للماء ، كما قمنا أيضا بتحديد مختلف أبعاد شبكة التزويد بمياه السقي.

## Résumé

L'objectif de ce projet est la conception d'un réseau d'irrigation pour alimenter en eaux épurées un périmètre de 1658 ha à partir de la station d'épuration d'El Kerma (W.ORAN).

Pour cela nous avons fait une analyse des caractéristiques climatiques, pédologiques de la région ainsi que la qualité de l'eau d'irrigation.

Nous avons aussi estimé les besoins en eau des cultures et dimensionner notre réseau d'irrigation.

## Abstract

The aim of this project is the conception of the irrigation network that is going to nourish in purified wastewaters the perimeter of 1 658ha localized in El Kerma from the station of purification that is situated in the same town. Therefore, we have made a general study on the climatic features as well as the characteristics of soil, of the region and the quality of water. we have also estimated the needs of plants in water, and defined the dimensions of the irrigation network.

# SOMMAIRE

## **INTRODUCTION GENERALE:**

### **CHAPITRE I: LA REUTILISATION DES EAUX USEES EN IRRIGATION DANS LE MONDE**

INTRODUCTION .....	1
I. OBJECTIFS DE LA REUTILISATION DES EAUX USEES.....	1
II.HISTORIQUE DE LA REUTILISATION DES EAUX USEES .....	2
II.1- Quelques exemples de réutilisation dans le monde.....	2
II.1.1- L'Europe du Nord.....	2
II.1.2- Le continent américain .....	3
II.1.3 Le bassin méditerranéen .....	3
II.1.4 L'Australie .....	4
II.1.5 Possibilité d'approche en Algérie .....	5
CONCLUSION .....	7

### **CHAPITRE II: PRESENTATION DE LA STEP D'EL KERMA**

II.1 LOCALISATION GEOGRAPHIQUE DE LA STEP .....	8
II.2 DONNEES DE BASE DE DIMENSIONNEMENT DE LA STEP .....	9
II.2.1 QUALITE DES EAUX .....	9
II.3 CARACTERISTIQUES DE LA STEP .....	12
II.3.1 SYSTEME STEP D'ORAN .....	13
II.3.1 ÉTAPES DU TRAITEMENT .....	13
II.4 OBJECTIF DE TRAITEMENT.....	15
CONCLUSION .....	15

### **CHAPITRE III: CARACTERISTIQUES DES EAUX USEES DE LA STEP D'EL KERMA**

INTRODUCTION .....	16
III.1 ELEMENTS DE DEFINITION DE LA QUALITE D'EAU.....	16
III.1.1 Les MES.....	16
III.1.2 Les éléments fertilisants (NPK) .....	16
III.1.3 L'azote.....	17
III.1.4 Le phosphore.....	17
III.1.5 Le potassium .....	17
III.1.6 La salinité .....	17
III.1.7 La toxicité de certains ions.....	18
III.1.8 Les métaux lourds .....	18
III.1.9 La sodisation .....	18
III.1.10 Le pH.....	18
III.2 critères caractéristiques des eaux usées brutes .....	18

III.3 Eaux usées de la STEP .....	18
III.4 LES BOUES RESIDUAIRES .....	20
III.5 Composition des boues.....	20
III.6 Les boues comme engrais et conditionneur de sol.....	21
III.7 Contraintes à l'utilisation.....	21
III.7.1 Microorganismes pathogènes.....	21
III.7.2 Métaux lourds.....	22
III.7.3 Interprétation des résultats physico-chimiques .....	23
III.7.4 Eléments traces et métaux lourds.....	28
III.8 Fertilisants dans les eaux usées traitées.....	30
Conclusion .....	32

## **CHAPITRE IV: PRESENTATION DU PERIMETRE A IRRIGUER**

IV.1 LOCALISATION.....	33
IV.2 CARACTERISTIQUES PHYSIQUES DU SITE.....	34
IV.2.1 CARACTERISTIQUES CLIMATIQUES .....	34
IV.2.1.1 Précipitations .....	34
IV.2.1.2 Températures .....	35
IV.2.1.3 Humidité relative moyenne de l'air.....	35
IV.2.1.4 Evaporation .....	35
IV.2.1.5 EVAPOTRANSPIRATION.....	36
IV.2.1.6 Tension de vapeur .....	37
IV.2.1.7- Ensoleillement.....	38
IV.2.1.8 Vitesse du vent .....	38
IV.2.1.9- Le Sirocco .....	38
IV.2.1.10 Diagramme Ombro-thermique .....	38
IV.3- Indices Climatiques .....	39
IV.3.1- Quotient pluviométrique d'Emberger .....	39
IV.3.2- Indice d'aridité .....	41
IV.3.2.1- Indice annuel .....	41
IV.3.2.2- Indice mensuel .....	41
IV.4- Types de Sols.....	42
IV.4.1 Zone I.....	43
IV.4.2 Zone II.....	43
IV.4.3 Zone III .....	43
IV.4.4 Zone IV .....	43
IV.5 APTITUDES culturelles.....	43
IV.5.1 Les Cultures arbustives .....	43
IV.5.2 Les Cultures maraîchères .....	44
IV.5.3 Les Cultures Céréalières et Fourragères .....	44
IV.5.4 les Cultures industrielles .....	45
IV.5.5 La catégorie B25 I12 C11 M15.....	46

IV.5.2 La catégorie B34 I12 C11 M 15.....	46
IV.5.3 La catégorie I21 C23 M31 .....	46
IV.5.4 La catégorie I23 C23 M25 .....	46
IV.5.5 La catégorie I23 C31 M43 .....	46
IV.5.6 La catégorie C22 M31.....	47
Conclusion .....	47

## **CHAPITRE V: DETERMINATION DES BESOINS EN EAU DES CULTURES**

Introduction.....	48
V.1 HYDROLOGIE .....	48
V1.1. Choix de la station représentative de la zone d'étude .....	48
V.1.2. Vérification de l'homogénéité de la série.....	50
V.1.3. Ajustement de la série pluviométrique .....	51
V1.3.1. Ajustement à la loi Normale .....	51
V.1.3.2. Ajustement à la loi log Normale .....	54
V.1.4. Détermination de l'année de calcul.....	56
V1.5 Calcul de l'évapotranspiration.....	56
V.2.Calcul des besoins en eau d'irrigation pour les cultures d'assolement .....	57
V.2.1 Besoins en eau de l'Olivier .....	58
V.2.2 Besoins en eau de pêcher.....	58
V.2.3 Besoins en eau de l'Abricotier: .....	59
V.2.4 Besoins en eau de Pommier:.....	59
V.2.5 Besoins en eau de Figuier.....	59
V.2.6 Besoins en eau de Tabac.....	59
V.2.7Besoins en eau de Tournesol .....	60
V.2.8 Besoins en eau de Sorgho fourrager .....	60
V.2.9 Besoins en eau de l'Orge.....	60
V.2.10 Besoins en eau de l'avoine.....	61
V.2.11 Les Besoins mensuels totaux en eau des cultures .....	62
V.2.12 Comparaison entre le volume fournie par la STEP et les besoins des cultures.....	63
V.2.13 Calcul des besoins en eau pour le secteur M9 .....	63
V.2.14 Besoins en eau totaux du secteur M9 en m <sup>3</sup> .....	63
V.3 Calcul du débit spécifique pour le secteur M9 .....	63
V.3.1 Débits spécifiques .....	63
Conclusion .....	64

## **CHAPITRE VI: DIMENSIONNEMENT DU RESEAU D'IRRIGATION**

Introduction:	65
VI.1 Réseau d'adduction: .....	65
VI.2 Bassin d'irrigation: .....	67
Caractéristiques générales.....	67
VI.3 Dimensionnement du réseau de distribution : .....	67
VI.2 Le choix de la technique d'arrosage .....	71
VI.2.1 Irrigation gravitaire .....	71
VI.2.1.1 l'arrosage par ruissellement (par planches ou par calant) .....	71

VI.2.1.2 l'arrosage par infiltration (à la raie).....	71
VI.2.1.3 L'arrosage par submersion .....	71
VI.2.1.4 Avantages de l'irrigation par gravité.....	71
VI.2.1.5 Inconvénients de l'irrigation par gravité .....	71
VI.2.2 Irrigation par aspersion .....	72
VI.2.2.1 Avantages de l'irrigation par aspersion.....	72
VI.2.2.2 inconvénients de l'irrigation par aspersion.....	72
VI.2.3 Irrigation par apports localisés .....	72
VI.2.3.1 Avantages de l'irrigation localisée (goutte à goutte).....	72
VI.2.3.2 Inconvénients de l'irrigation localisée ne (goutte à goutte) .....	72
VI.3 Choix du système d'irrigation.....	73
VI.4 Dimensionnement du réseau d'irrigation localisée : .....	73
VI.4.2 Besoins d'irrigation des cultures en irrigation localisée : .....	73
VI.4.2.1 Influence du taux de couverture du sol : .....	73
VI.4.2.2 Réserve facilement utilisable RFU : .....	74
VI.4.2.3 Pourcentage de sol humidifié: .....	75
VI.4.2.4 Dose nette : .....	75
VI.4.2.5 Dose brute : .....	75
VI.4.2.6 Fréquence d'arrosage : .....	75
VI.4.2.7 La durée d'arrosage : .....	75
VI.4.3 Choix des goutteurs dans la zone d'étude et la densité des cultures .....	76
VI.4.3.1.1 Le nombre d'arbre par rampe : .....	76
VI.4.3.1.2 Nombre des goutteurs par rampe : .....	76
VI.4.3.1.3 Le nombre des rampes : .....	76
VI.4.3.1.4 Débit de la rampe : .....	76
VI.4.3.1.5 Débit de la porte rampe : .....	76
VI.4.3.2.1 Le nombre d'arbre par rampe : .....	76
VI.4.3.2.2 Nombre des goutteurs par rampe : .....	76
VI.4.3.2.3 Le nombre des rampes : .....	77
VI.4.3.2.4 Débit de la rampe : .....	77
VI.4.3.2.5 Débit de la porte rampe : .....	77
VI.4.3.3.1 Le nombre d'arbre par rampe : .....	77
VI.4.3.3.2 Nombre des goutteurs par rampe : .....	77
VI.4.3.3.3 Le nombre des rampes : .....	77
VI.4.3.3.4 Débit de la rampe : .....	77
VI.4.3.3.5 Débit de la porte rampe : .....	77
VI.4.3.4.1 Le nombre d'arbre par rampe : .....	78
VI.4.3.4.2 Nombre des goutteurs par rampe : .....	78
VI.4.3.4.3 Le nombre des rampes : .....	78
VI.4.3.4.4 Débit de la rampe : .....	78
VI.4.3.4.5 Débit de la porte rampe : .....	78
VI.4.4 Calcul hydraulique : .....	78
VI.4.4.1 Débit : .....	78
VI.4.4.2 Perte e charges : .....	78
VI.4.4.3 Conditions hydrauliques : .....	79
VI.4.4.3.1 Position de porte rampe : .....	79
Conclusion .....	82

## **CHAPITRE VII: ASPECT ECONOMIQUE**

INTRODUCTION .....	83
VII.1 devis de réseau d'irrigation.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
VII.2 Coût des cultures à projeter.....	84
Conclusion .....	84

## **CONCLUSION GENERALE**

## Liste des tableaux

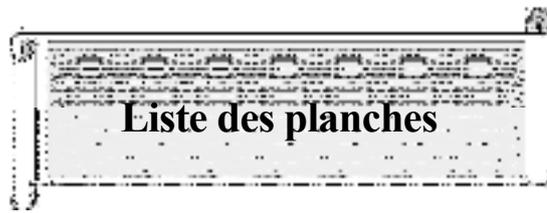
<b>Tableau I. 1:</b> Part des eaux usées recyclées dans les prélèvements et l'eau agricole. (Tableau actualisé à partir de données disparates).....	5
<b>Tableau I. 2:</b> Statistiques de disponibilité en eau de quelques Pays (Année 2000).....	6
<b>Tableau II. 1:</b> les résultats d'analyses effectuées au point C1.....	9
<b>Tableau II. 2:</b> les résultats d'analyses effectuées au point C2.....	10
<b>Tableau II. 3:</b> les résultats d'analyses effectuées au point C3.....	10
<b>Tableau II-4 :</b> Paramètres objectifs du traitement (qualité de l'eau épurée). .....	15
<b>Tableau III. 1:</b> Comparaison des charges polluantes à l'entrée de la STEP d'Oran avec les valeurs moyennes des critères caractéristiques.....	19
<b>Tableau III. 2:</b> Caractéristiques des eaux usées (NTK, N et le phosphore totale) .....	19
<b>Tableau III. 3:</b> Niveaux de rejet pour les matières en suspension (MES) et Matières oxydables (M.O) . .....	19
<b>Tableau III. 4:</b> Apports cumulatifs maximum recommandés en métaux lourds en provenance des boues et du compost de boues sur les terres agricoles (USDA, 1980).....	23
<b>Tableau III. 5:</b> Rejets d'eaux usées Cheminée Petit Lac Oran .....	24
<b>Tableau III. 6:</b> Valeurs limites maximales de rejet des installations de déversement industrielles .....	26
<b>Tableau III. 7:</b> caractéristiques et constituants spécifiques des eaux résiduelles de certaines activités industrielles avec les risques, les nuisances potentiels et les recommandations de prétraitement nécessaires au niveau de ces secteurs.....	27
<b>Tableau III. 8:</b> Charge maximum en éléments traces permise sur les terres agricoles en kg/ha.an (adapté de Biswas, 1987).....	28
<b>Tableau III. 9 :</b> Limites recommandées en éléments traces dans les eaux usées épurées destinées à l'irrigation .....	29
<b>Tableau III. 10:</b> Apport de nutriments pour diverses quantités d'eau d'irrigation appliquées.....	31
<b>Tableau IV. 1:</b> Coordonnées de la station .....	33
<b>Tableau IV. 2:</b> Répartition mensuelle des précipitations en mm .....	33
<b>Tableau IV. 3 :</b> Répartition mensuelle de la température de l'air en °C .....	34
<b>Tableau IV. 4:</b> Répartition mensuelle de l'humidité relative de l'air en %.....	34
<b>Tableau IV. 5:</b> Répartition mensuelle de l'évaporation moyenne en mm.....	34
<b>Tableau IV. 6:</b> Résultats des calculs d'ETP de la zone du projet (en mm) .....	35
<b>Tableau IV. 7:</b> Répartition mensuelle de tension de vapeur d'eau en mbar.....	36
<b>Tableau IV. 8:</b> Ensoleillement en heures.....	37
<b>Tableau IV. 9:</b> Vitesse du vent m/s .....	37
<b>Tableau IV. 10:</b> paramètres et quotient d'Emberger. ....	38
<b>Tableau IV. 11:</b> Indice d'aridité mensuel. ....	41
<b>Tableau V. 1:</b> Pluies moyennes mensuelles observées à la station de SENIA.....	48
<b>Tableau V. 2:</b> Ajustement à la loi normal.....	51
<b>Tableau V. 3:</b> Ajustement à la loi log normal.....	53
<b>Tableau V. 4:</b> Pluviométrie moyenne pour chaque mois en mm.....	55
<b>Tableau V. 5:</b> Evapotranspiration en mm/jours.....	56
<b>Tableau V. 6:</b> Besoin en eau de l'Olivier.....	57
<b>Tableau V. 7:</b> Besoin en eau de pêcher.....	57
<b>Tableau V. 8:</b> Besoin en eau de l'Abricotier.....	58
<b>Tableau V. 9:</b> Besoin en eau de Pommier.....	58

<b>Tableau V. 10 :</b> Besoin en eau de Figuier.....	59
<b>Tableau V. 11:</b> Besoin en eau de Tabac .....	59
<b>Tableau V. 12:</b> Besoin en eau de Tournesol.....	60
<b>Tableau V. 13 :</b> Besoin en eau de Sorgho fourrager.....	60
<b>Tableau V. 14:</b> Besoin en eau de l'Orge .....	60
<b>Tableau V. 15 :</b> Besoin en eau de l'avoine.....	61
<b>Tableau V. 16:</b> Les Besoins mensuel en eau des cultures .....	61
<b>Tableau V. 17:</b> besoins totaux en m <sup>3</sup> :.....	62
<b>Tableau V. 18:</b> Besoins en eau du secteur M9 .....	62
<b>Tableau V. 19:</b> Besoins en eau du secteur M9 en m <sup>3</sup> .....	63
<b>Tableau V. 20:</b> débits spécifiques des différentes cultures.....	64
<b>Tableau VI. 1:</b> Caractéristiques des nœuds et bornes d'irrigation.....	68
<b>Tableau VI. 2:</b> Caractéristiques des conduites de distribution .....	68
<b>Tableau VI. 3:</b> caractéristique des rampes du poste 01 .....	80
<b>Tableau VI. 4:</b> caractéristique des rampes du poste 02 .....	80
<b>Tableau VI. 5:</b> caractéristique des rampes du poste 03 .....	80
<b>Tableau VI. 6:</b> caractéristique des rampes du poste 04 .....	80
<b>Tableau VI. 7 :</b> caractéristiques de la porte rampe du poste 01.....	80
<b>Tableau VI. 8:</b> caractéristiques de la porte rampe du poste 02.....	80
<b>Tableau VI. 9:</b> caractéristiques de la porte rampe du poste 03.....	80
<b>Tableau VI. 10:</b> caractéristiques de la porte rampe du poste 04.....	81
<b>Tableau VI. 11:</b> calcul de la canalisation principale .....	81
<b>Tableau VI. 12:</b> pertes de charges dans la canalisation principale .....	81
<b>Tableau VII. 1:</b> Facture proforma des pièces du réseau d'irrigation. ....	83
<b>Tableau VII. 2:</b> Estimation du coût des cultures projetées dans le secteur M9 .....	84



## Liste des figures

<b>Figure II- 1:</b> Situation géographique générale la zone d'étude .....	8
<b>Figure IV- 1:</b> Découpage administratif de la zone d'étude. ....	33
<b>Figure IV- 2:</b> Extrait de la carte des évapotranspirations .....	37
<b>Figure IV- 3:</b> diagramme ombrothermique de GAUSSEN .....	39
<b>Figure IV- 4:</b> Climagramme pluviométrique d'emberger. ....	40
<b>Figure V- 1:</b> Ajustement à une loi normale .....	53
<b>Figure V- 2:</b> Ajustement à une loi Log- normale.....	55
<b>Figure VI. 1:</b> différentes interconnexions entre les infrastructures de chaque tranche. ....	66
<b>Figure VI.2:</b> Représentation du réseau de distribution avec pressions et vitesses. ....	69
<b>Figure VI. 3:</b> Représentation du réseau de distribution avec pressions et diamètres .....	70



## Liste des planches

**Planche N° 1** : Plan de situation de secteur sud de la plaine de M'leta (W.ORAN)

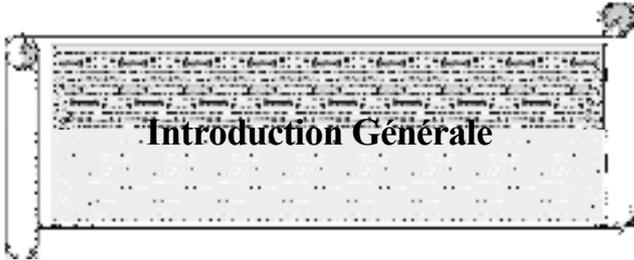
**Planche N° 2** : Carte pédologique du secteur sud de la plaine de M'leta (W.ORAN).

**Planche N° 3** : Plan d'occupation de sol de secteur sud de la plaine de M'leta (W.ORAN).

**Planche N° 4** : plan de réseau de distribution projeté du secteur sud de la plaine de M'leta (W.ORAN).

**Planche N° 5** : plan de réseau projeté goutte à goutte du secteur sud de la plaine de M'leta (W.ORAN).

**Planche N° 6** : profil en long de la conduite d'amené à partir du bassin d'irrigation jusqu'au secteur sud de la plaine de M'leta (W.ORAN).



## Introduction Générale

L'eau est devenue une denrée de moins en moins accessible dans plusieurs régions du monde et les réserves en eau continuent à baisser, l'Algérie connaît depuis certaines décennies une longue période de sécheresse caractérisée par une pluviométrie insuffisante (même pour les zones réputées être humides) et souvent avec une très mauvaise répartition.

Le secteur agricole est le plus grand consommateur d'eau. De ce fait l'utilisation des eaux usées épurées en agriculture est une bonne alternative qui contribuera à préserver les ressources en eau et à protéger l'environnement.

Actuellement, la réutilisation des eaux usées connaît un développement variable selon les pays en fonction de leurs ressources en eaux et de leurs conditions socio-économiques.

La valorisation des eaux usées en irrigation est considérée non seulement comme la création d'une nouvelle ressource mais aussi et surtout comme un traitement complémentaire qui permet d'éviter tout rejet direct dans le milieu naturel.

Le cas d'étude présentée est celui de secteur sud du périmètre de M'leta. Cette région connaît un déficit en ressources en eau ce qui rend l'utilisation des eaux usées épurées une nécessité obligatoire.

L'objet de ce travail est de revaloriser les eaux usées traitées de la step d'el kerma en les utilisant à des fins agricoles, par le dimensionnement d'un réseau d'irrigation capable de satisfaire les besoins en eau des cultures de la zone d'étude.

# **Chapitre I**

## **Réutilisation des eaux usées en irrigation dans le monde**

## INTRODUCTION

La concurrence que se livrent l'agriculture, l'industrie et l'A.E.P pour avoir accès à des disponibilités limitées en eau grève d'ores et déjà les efforts de développement dans de nombreux pays. En Algérie, le problème de l'eau est aggravé ces dernières années par une sécheresse qui a touché l'ensemble du territoire de notre pays, et qui a montré combien il était nécessaire d'accorder la plus grande attention à l'eau.

A mesure que les populations et les économies s'accroissent, la concurrence pour les disponibilités limitées ira en s'intensifiant de même que les conflits entre usagers.

Le degré de vulnérabilité d'un pays pour l'eau dépend de la quantité d'eau, de sa répartition dans le temps, de sa qualité, et du niveau de la consommation et de la demande. Alors que le climat est le facteur principal déterminant la quantité d'eau et sa répartition dans le temps, la population et le développement économique sont les influences prépondérantes pour la qualité et la demande.

Bien que la qualité de l'eau et sa répartition dans le temps soient des facteurs difficiles à mesurer pour procéder à des comparaisons entre pays, les disponibilités et la demande en eau peuvent être étalonnées à la fois entre les pays et dans le temps et on peut en tirer des conclusions sur la vulnérabilité d'une région donnée.

L'avenir est d'utiliser les ressources non conventionnelles comprenant les eaux de dessalement et les eaux usées traitées dont la réutilisation de ces dernières est un enjeu politique et socio-économique pour le développement futur des services d'irrigation à l'échelle mondiale. Elle présente, en effet, l'avantage majeur d'assurer une ressource alternative à moindre coût permettant de limiter les pénuries d'eau, de mieux préserver les ressources naturelles et de contribuer à la gestion intégrée de l'eau.

Cette pratique est très répandue partout dans le monde et surtout dans les pays passant par des périodes de sécheresse, elle consiste à récupérer les eaux usées, à les traiter et à les réutiliser dans différents domaines, ce qui permet d'assurer une économie des eaux conventionnelles et aussi une protection de l'environnement.

Elle est appelée à se développer dans le cadre d'une approche intégrée de la gestion des ressources en eau, supposant la prise en compte de facteurs techniques, socio-économiques, réglementaires et environnementaux

## I. OBJECTIFS DE LA REUTILISATION DES EAUX USEES

L'objectif principal de la réutilisation des eaux usées est non seulement de fournir des quantités supplémentaires d'eau de bonne qualité en accélérant le cycle d'épuration naturelle de l'eau, mais également d'assurer l'équilibre de ce cycle et la protection du milieu environnant. Par définition, cette réutilisation est une action planifiée qui vise la production des quantités complémentaires en eau pour différents usages afin de combler des déficits hydriques.

En effet, les volumes d'eau issus des traitements sont, en grande partie destinés dans le domaine agricole, vu sa demande en eau élevée. Les besoins industriels (centrales nucléaires,

centrale hydroélectrique les usines de fabrication d'acier, . . .) pour le refroidissement de moteurs des machines, peuvent être couverts.

## II. HISTORIQUE DE LA REUTILISATION DES EAUX USEES

Le recours à l'utilisation des eaux usées épurées ou épandage des eaux usées épurées a débuté à la fin de XIXème siècle dans plusieurs pays comme l'Australie, la France, l'Allemagne, l'Inde, le Royaume Uni, les États Unis et le Mexique. L'utilisation ne s'est pas limitée à l'irrigation mais elle a concerné l'industrie, le nettoyage des rues, l'aquaculture et la recharge des nappes souterraines. Les avantages offerts par ces eaux ont connus une promotion dans le monde où des pays réutilisent des volumes importants allant jusqu'à 25% ou 40% voire 100% des rejets. Cependant il est remarqué que seuls 2% des eaux usées épurées sont réutilisées directement en irrigation.

Au milieu du siècle, une meilleure compréhension des phénomènes biologiques et physico-chimiques qui préside au processus de l'évolution et de la dégradation de la matière organique a favorisé, dans les pays industrialisés, de techniques épuratoires, qui avaient pour but de protéger le milieu naturel et en particulier, les cours d'eau récepteurs.

Ces techniques ont été ensuite, peu à peu, utilisées pour le recyclage direct ou indirect, dans les pays semi arides, à déficit hydrique chronique.

C'est ainsi que les États comme la Californie, l'Arizona ont développé à partir des années soixante et, plus radicalement, ces deux dernières décennies, l'irrigation avec les eaux résiduaires, après traitement physico-chimique et biologique.

Aux États Unis, un milliard de mètre cube était recyclé annuellement en 1975, dont 60% pour l'agriculture (7 milliards pour l'année 2000). En Californie environ 180 millions de mètre cube par an étaient réutilisés dans l'agriculture en 1975.

Des pays du bassin méditerranéen ont suivi rapidement l'exemple : Espagne, Chypre, Grèce, Palestine, Tunisie (2000ha irrigués à partir des eaux usées épurées près de Tunis) (PUIL C, 1998).

### II.1- Quelques exemples de réutilisation dans le monde

Comme il a été noté dans la partie introductive de ce chapitre, la réutilisation des eaux usées à des fins agricoles connaît une large expansion de par le monde. Pour bien fixer les idées nous donnerons à titre illustratif le cas de certaines régions.

#### II.1.1- L'Europe du Nord:

En Europe du nord, l'épandage des eaux usées était une tradition. Cette pratique qui datait de très longtemps est sur le point de disparaître avec l'avènement des nouvelles technologies de traitement.

Ainsi, en Grande Bretagne, la recharge des nappes par des eaux usées traitées constitue une forme de recyclage des eaux. L'Allemagne est également concernée par l'irrigation avec des

eaux usées urbaines. Dans ce pays on utilise les eaux usées urbaines pour l'irrigation de céréales, de betteraves, de pomme de terre ou des prairies.

On peut aussi citer l'exemple de la Hongrie où 200 millions de mètres cubes d'eaux usées ont été utilisées en 1991 pour l'irrigation de diverses cultures, de prairies, de rizières et de peupleraies. (M. Trad Raïs et al, Septembre 2003)

### **II.1.2- Le continent américain :**

Aux Etats-Unis, 34 Etats disposent de réglementations ou de recommandations relatives à l'usage agricole des eaux usées. Dans ce pays, les réglementations sont souvent très strictes. Par exemple, en Californie, la norme imposée pour l'irrigation par aspersion des cultures à consommation humaine et l'arrosage de zones où un contact corporel est possible avec la végétation (parcs, terrains de jeu, pelouses d'écoles...) était en 1993 de 2,2 coliformes totaux par 100 millilitres.

La réutilisation aux fins d'agrément est pratiquée depuis 1955 aux Etats-Unis. Outre l'arrosage de parcs, de parcours de golf et de jardins publics, on peut souligner comme exemple singulier la création de lacs artificiels alimentés en tout ou partie par des eaux usées épurées. Par exemple, en 1961, le lac Santee en Californie a été mis en eau et alimenté par des eaux épurées et désinfectées. Après quelques études, l'autorisation de baignade a été donnée en 1965.

En 1990, l'alimentation des lacs artificiels à usages récréatifs par des eaux urbaines traitées représente 3% de la réutilisation en Californie.

Sur le continent américain, cette pratique est également réalisée dans plusieurs pays d'Amérique du Sud ainsi qu'au Mexique. Par exemple, la ville de Mexico utilise les effluents traités par ses 16 stations d'épuration pour l'irrigation des parcs, des jardins publics et des équipements de loisirs. Il faut souligner que seulement 6% des eaux usées brutes sont épurées. En 1996, les eaux usées brutes de Mexico étaient encore utilisées en irrigation agricole et notamment dans le cadre du plus grand plan d'irrigation du monde (irrigation de 85000 hectares de maïs, d'orge et de tomates). Mais les critères sanitaires de la législation mexicaine concernant l'utilisation des eaux usées en agriculture ont été modifiés et reprennent désormais les recommandations de l'OMS (reprises également par le CSHPF). Cette législation adopte cependant une norme plus souple concernant l'irrigation des produits consommés cuits (œufs d'helminthes <5/litre). Ces eaux subiront désormais un traitement physico-chimique poussé suivi d'une désinfection suivant les cas d'irrigation. Cette modification est heureuse vu l'étude épidémiologique réalisée dans cette région montrant la corrélation entre l'irrigation par les eaux usées brutes et l'augmentation des maladies intestinales.

### **II.1.3 Le bassin méditerranéen :**

La réutilisation agricole des eaux usées a toujours existé et est aujourd'hui une pratique largement répandue sur le pourtour sud de la Méditerranée, de l'Espagne à la Syrie. En effet, le bassin méditerranéen est une région où la pénurie en eau est particulièrement ressentie. Par conséquent c'est l'une des régions où la réutilisation agricole des effluents urbains est la plus pratiquée (PUIL.C 1998)

### **II.1.3.1 La Grèce:**

La Grèce a développé dès 1996, une stratégie de réutilisation des eaux usées. Dans la ville d'Athènes l'usage des eaux usées traitées dans l'irrigation des cultures est prédominant, près de 71% des volumes. Ces eaux sont également utilisées dans le domaine de l'industrie et pour l'alimentation des chasses d'eau. Dans ce pays les eaux usées subissent un traitement un peu poussé, après la filière biologique, les eaux passent à travers un filtre à sable, elles sont ensuite conduites dans des bassins de désinfection par chloration. Ces faits permettent d'obtenir une qualité de l'eau sans préjudice sur le milieu récepteur.

### **II.1.3.2 La Tunisie:**

Au niveau industriel, le secteur n'est pas encore attiré par la réutilisation des eaux usées traitées (EUT). Il faut dire que la fin de la dernière décennie, « les sites industriels offrant une opportunité pour cette réutilisation ne sont pas encore identifiés ». Dans ce cadre, il s'agit d'évaluer la possibilité de substituer les ressources en eau conventionnelle par les eaux usées traitées (EUT), outre l'étude de faisabilité économique et technique de tels projets. Cela peut se faire par la coopération entre l'Agence de réutilisation des eaux usées traitées (EUT), l'ONAS et les bénéficiaires du côté industriel.

Par contre, dans le secteur agricole, l'expérience est déjà en constante progression. « Le potentiel mobilisable des ressources en eau identifiées (1999) est de quatre milliards de mètres cubes dont 80 % ou plus sont déjà mobilisées ».

Ce volume « est potentiellement disponible sous forme d'eau usée traitée (EUT) à partir du parc des 55 stations d'épuration existantes. Ils subissent un traitement secondaire et sont fournis gratuitement par l'ONAS ».

« La principale filière de réutilisation des eaux usées traitées (EUT) est l'irrigation. Les périmètres irrigués par ces eaux couvrent actuellement une superficie totale d'environ 6400 ha. Les volumes réutilisés demeurent très variables d'une année à l'autre allant de 12,5 M m<sup>3</sup> en 1994 à 35 M m<sup>3</sup> en 1996.

Les principales cultures irriguées sont les cultures fourragères et les céréales –cultures à faible plus-value - qui couvrent plus de 2/3 de ces terres. Il y a aussi l'arboriculture et les cultures industrielles. Enfin, cette irrigation avec les eaux usées traitées (EUT) s'étend aux terrains de golf qui couvrent une superficie d'environ 6000 ha. Le volume total réutilisé sur l'ensemble de terrain de golf a été de 4 Mm<sup>3</sup> en 1996. Ainsi, les principaux exploitants des eaux usées traitées (EUT) sont le Ministère de l'Agriculture et l'Agence Foncière du Tourisme (AFT). Cette dernière se charge de l'adduction des eaux usées traitées (EUT) pour l'arrosage des terrains de golf et de quelques jardins d'hôtels dans les grandes zones touristiques ». (Zargouni, 1999).

### **II.1.4 L'Australie**

L'Australie est l'un des continents les plus secs. L'intensité des précipitations est très variable dans l'espace puisqu'un quart du continent concentre 80% des précipitations. Depuis

1991, il y a eu un rapide développement des initiatives liées au recyclage de l'eau et notamment dans le cadre de la réutilisation des eaux usées urbaines. Ces initiatives ont permis de réduire les demandes urbaines et industrielles sur les ressources en eau.

Dans ce continent, la réutilisation des eaux usées concerne l'irrigation des cultures, des prairies, des espaces verts ou l'usage industriel. Dans les zones tempérées de l'Australie, la réutilisation concerne essentiellement l'irrigation des cultures telles que la canne à sucre alors que dans les zones arides, c'est l'irrigation des plantations d'arbres qui prédomine.

### II.1.5 Possibilité d'approche en Algérie

Ces dernières années l'Algérie a accompli beaucoup d'efforts dans le domaine de l'épuration des eaux usées dont les volumes épurés représentent 37% du total (1,6 km<sup>3</sup>) des pays arabes comme le montre le tableau I.1.

En tenant compte des prélèvements, les 600 millions de m<sup>3</sup> d'eau usée épurée par l'Algérie, qui ne sont pas entièrement réutilisées, ne valent que 0,1% des volumes prélevés, n'apportent globalement que 2,17% et participent à 1,8% aux volumes destinés à l'agriculture. En revanche, l'agriculture au Koweït comme au Bahreïn utilise exclusivement les eaux usées épurées. L'Egypte valorise en plus jusqu'à 4 km<sup>3</sup> d'eau de drainage, mélangées avec de l'eau douce.

**Tableau I. 1:** Part des eaux usées recyclées dans les prélèvements et l'eau agricole. (Tableau actualisé à partir de données disparates)

Pays	Millions m <sup>3</sup> /an	U	Prélèvement		Eau Agricole	
			Km <sup>3</sup>	%	Km <sup>3</sup>	%
Algérie	600	37	6	0,1	3,84	15,6
Arabie Saoudite	217	13,3	16,3	1,3	14,59	1,5
E.A.U	62	3,8	1,4	4,4	0,89	7
Koweït	83	5,2	0,4	20	0,08	100
Libye	10	0,62	2,83	0,3	2,12	0,5
Tunisie	200	12,3	3	6,6	2,4	8,3
Bahreïn	107	6,6	0,21	50	0,11	97
Oman	10	0,62	1,4	0,7	1,3	0,8
Egypte	225	13,8	59,4	0,4	52,27	0,5
Jordanie	60	3,7	0,88	6,8	0,57	10
Maroc	50	3,1	12,75	0,4	11,38	0,5
Total	1624	100	74,5	2,17	89,55	1,8

Les autres pays du pourtour sud de la Méditerranée, de l'Espagne à la Syrie, réutilisent le plus souvent leurs eaux usées urbaines sans traitement. L'arrosage de cultures maraîchères n'y est pas exceptionnel. L'Espagne se dote néanmoins progressivement, région par région, d'une réglementation et améliore la qualité des eaux réutilisées. Les réutilisations sont alors l'occasion d'un effort pour répondre à des standards sanitaires existants ou en cours d'élaboration. C'est le cas pour l'arrosage des parcours de golf ou d'espaces verts aux Canaries, à Majorque, en Catalogne espagnole.

Quand les ressources internes renouvelables en eau sont inférieures à 1000 m<sup>3</sup> par habitant, le manque d'eau est alors considéré comme un grave frein au développement socio-économique et à la protection de l'environnement.

Le tableau I.2 illustre la statistique des pays où les disponibilités internes renouvelables en eau étaient sous la barre des 1000 m<sup>3</sup> par an et par habitant avant la fin du 21<sup>e</sup> siècle.

**Tableau I. 2:** Statistiques de disponibilité en eau de quelques Pays (Année 2000).

PAYS	DISPONIBILITES EN EAU m <sup>3</sup> /habitant		POPULATION millions
	Ressources internes renouvelables	Débits issus des pays voisins inclus	
Egypte	29	934	<b>62.4</b>
Arabie Saoudite	103	103	<b>21.3</b>
Libye	108	108	<b>6.5</b>
Emirats Arabes Unis	152	152	<b>2.0</b>
Jordanie	153	240	<b>4.6</b>
Mauritanie	154	2 843	<b>2.6</b>
Yémen	155	155	<b>16.2</b>
Tunisie	384	445	<b>9.8</b>
Syrie	430	2 008	<b>17.7</b>
Kenta	436	436	<b>34.0</b>
Burundi	487	487	<b>7.4</b>
Algérie	570	576	<b>33.1</b>
Hongrie	591	11 326	<b>10.1</b>
Rwanda	604	604	<b>10.4</b>
Botswana	622	11 187	<b>1.6</b>
Malawi	760	760	<b>11.8</b>
Oman	880	880	<b>2.3</b>
Soudan	905	3 923	<b>33.1</b>
Maroc	943	943	<b>31.8</b>
Somalie	1 086	1 086	<b>10.6</b>

**Source :** Calculs de la FAO sur la base de données de la Banque Mondiale et d'autres organismes.

## CONCLUSION

A travers ce chapitre, nous avons vu que la réutilisation des eaux usées est une pratique ancienne très répandue dans le monde. Elle connaît une révolution ces dernières années surtout dans les pays à déficit hydrique. Des recommandations internationales et locales sont adoptées à cette pratique en vue de minimiser les risques sanitaires et environnementaux.

# **Chapitre II**

## **Présentation de la STEP d'EL kerma**



## II.2 DONNEES DE BASE DE DIMENSIONNEMENT DE LA STEP

### II.2.1 QUALITE DES EAUX

D'après l'Etude d'assainissement du groupement urbain d'Oran Mission E –APS modifié, pour l'analyse de la qualité des eaux usées du groupement urbain d'Oran plusieurs analyses ont été effectuées.

Une première série d'analyses a été réalisée en 1997, lors des études de la mission A du PDAA, dans le réseau de la ville d'Oran, en trois points C1, C2 et C3, avec des prélèvements d'analyses toutes les 6 h à 22 h.

Les tableaux suivants représentent les résultats de ces analyses effectuées en ces trois points représentatifs :

**Tableau II. 1:** les résultats d'analyses effectuées au point C1

COLECTEUR	C1	date : 31/03/97						
	heures DBO5	DCO	MES 105	NTK	Pt	DCO/DBO5	DCO/NTK	DCO/Pt
6	76	220	192			2,89		
8	354	630	476			1,78		
10	697	1200	1096			1,72		
12	427	760	824	70,7	62	1,78	10,7	12,3
14	443	790	736			1,78		
16	282	610	376			2,16		
18	266	530	496			1,99		
20	281	560	448	60,9	39	1,99	9,2	14,5
22	287	550	404			1,92		
Moyenne	346	650	561	66	50	2	9,97	13
écart type	170	263	275	7	17	0,4		
Maxi	697	1200	1096	71	62	2,9		
Mini	76	220	192	61	39	1,7		
Val à 95 %	626	1084	1015	77	78	1,73	14	14

**Tableau II. 2:** les résultats d'analyses effectuées au point C2

COLECTEUR	C2	date : 31/03/97						
heures	DBO5	DCO	MES 105	NTK	Pt	DCO/DBO5	DCO/NTK	DCO/Pt
6	331	550	96			1,66		
8	346	750	244			2,17		
10	2185	3640	1425			1,67		
12	521	1020	722	81,9	51	1,96	12,5	20,00
14	349	600	2260			1,72		
16	251	480	412			1,91		
18	438	810	396			1,85		
20	282	610	660	56,7	35	2,16	10,8	17,7
22	365	650	496			1,78		
Moyenne	563	1012	746	69	43	1,88	14,60	19
écart type	613	998	683	18	12			85,6
maxi	2185	3640	2260	82	51			71,4
Mini	251	480	96	57	35			13,9
Val à 95 %	1575	2660	1873	99	62	1,69	26,9	42,9

**Tableau II. 3:** les résultats d'analyses effectuées au point C3.

COLECTEUR	C3	date : 31/03/97						
heures	DBO5	DCO	MES 105	NTK	Pt	DCO/DBO5	DCO/NTK	DCO/Pt
6	80	220	52			2,75		
8	399	710	238			1,78		
10	517	860	445			1,66		
12	409	850	505	72,1	50	2,08	11,8	17,00
14	320	550	588			1,72		
16	295	490	824			1,66		
18	240	520	396			2,17		
20	241	480	560	58,1	38	1,99	10,8	17,7
22	276	550	416			1,99		
Moyenne	309	581	447	65	44	1,98	14,60	17
écart type	125	200	218	10	9			85,6
maxi	517	860	824	72	50			71,4
Mini	80	220	52	58	38			13,9
Val à 95 %	514	912	807	81	58	1,77	11,2	42,9

**Source :**APS modifiée de l'étude de l'assainissement du groupement urbain d'ORAN

- pour C1, de la plus grande partie de la zone Sud et Sud-ouest de la ville parvenant à la cheminée du Petit Lac,
- pour C2, d'une partie limitée de la zone Sud - Est de la ville,
- pour C3, de l'ensemble de la zone Sud - Est et Est du réseau de la ville.

De très fortes pointes de pollution en C2, et une charge moyenne généralement plus élevée d'environ 70%, par rapport aux deux autres points, où les concentrations sont en général plus faibles que les valeurs habituelles, ainsi les valeurs moyennes journalières de DBO5 se situent autour de 350 mg/l pour les points C1 et C3, alors qu'elle atteint 560 mg/l pour C2. De même pour les MES et les DCO, mais le rapport DCO/DBO5 reste inférieur à 2, représentatif d'effluents très biodégradables, ces apports en C2 sont probablement dus à des industriels qui ont été identifiés dans le cadre du PDAA.

Les effluents retrouvant des concentrations habituelles au point C3, en aval des points C1 et C2, il est clair que l'incidence de ces rejets industriels apparaît faible en terme de concentration au vu de ces mesures et qu'il y a lieu, bien entendu d'établir avec ceux-ci des conventions de rejet afin de préciser les conditions de prise en charge de leurs effluents par le réseau collectif. Cela n'apparaît pas comme une condition impérative et urgente puisque leurs rejets ne rendent pas les eaux difficiles à épurer, le rapport DCO/DBO5 restant inférieur à 2, ils sont bien biodégradables et assimilables sur ce plan à des rejets domestiques.

La modulation journalière montre une pointe de pollution plus ou moins longue vers 10 à 12 h du matin mais très élevée (coefficient de l'ordre de 2 à 3 par rapport avec la valeur moyenne), ce qui montre que la concentration moyenne journalière réelle (pondérée par les débits) est probablement nettement plus élevée que les valeurs calculées: cela est probablement dû à la faiblesse de l'alimentation en eau au moment de ces mesures, la dotation moyenne par habitant étant estimée autour de 70 l/j, d'où une estimation de la concentration moyenne journalière en DBO5 de plus de 400 mg/l en 1995, malgré une hypothèse faible de pollution rejetée (35 g/hab.).

Ces mesures ont néanmoins permis de caler les apports en pollution aux stations dans le cadre du Schéma Directeur du PDAA et de l'APS initial des stations S1, S2 et S3.

Pour améliorer la connaissance spécifique des effluents, au point où ils seront captés pour être envoyés en tête de la station d'épuration S3, une série de mesures et d'analyses ont été réalisées sur des prélèvements moyens journaliers réalisés du 29/04 au 2/05/2002, avec des mesures classiques de pollution organique (DBO5, DCO, MES, NTK et Pt) et de métaux lourds. Les résultats, interprétés, donnent des concentrations en pollution beaucoup plus faibles que celles mesurées en 1997 sur le réseau et même que celles prises en compte pour le futur, de l'ordre du 1/3, avec en outre un taux de matières minérales très élevé. Par contre, les mesures de pH et de conductivité mettent en évidence des apports industriels (le PH peut atteindre 11 et descendre en dessous de 6.5, mais reste généralement compris entre 7 et 8,5) et une salinité élevée des effluents, la valeur de la conductivité à 25°C, généralement supérieure à 3000  $\mu$ S/cm, indiquant une teneur en sel dissous de l'ordre de 1500 mg/l, pouvant atteindre 5000  $\mu$ S/cm lors des pics de pollution industrielle.

La recherche des raisons de ces résultats peu habituels a été menée en direction d'une dilution par des eaux pluviales.

Une analyse de la pluviométrie précédant les prélèvements fait apparaître un printemps très pluvieux, avec notamment 50 mm en mars et 57 mm jusqu'au 15 avril, plus rien après, il est

possible que le trop-plein de la Daïa Morsli ait fonctionné, mais cela est peu probable car celui-ci semble avoir été obturé depuis longtemps. Quoiqu'il en soit cette forte minéralisation des matières en suspension pourrait provenir des apports des fortes pluies depuis novembre 2001 (183 mm), mais probablement surtout de forte salinité de l'eau potable distribuée à l'époque (eau de Brédéah). Les faibles concentrations en charges polluantes peuvent être dues à une dilution momentanée des effluents par des fuites d'eau du réseau d'eau potable.

Les seules mesures interprétables à long terme de cette série sont les teneurs en métaux lourds, qui sont élevées en terme de concentration dans les boues pour le cadmium, le chrome et le nickel, en l'absence de mesures sur le plomb, que l'ANRH n'a pas pu effectuer.

Cette absence de mesures sur le plomb n'apparaît pas très gênante, en ce sens que la présence d'autres métaux lourds à des concentrations trop élevées limite de toute manière les possibilités d'épandage ou de compostage des boues issues de l'épuration, indication qui était recherchée dans le cadre de ces mesures sur les métaux lourds.

Ces teneurs ne sont néanmoins pas de nature à empêcher l'épuration des eaux par voie biologique.

En suite à ces résultats anormaux, une nouvelle série de prélèvements et d'analyses a été menée le 20/07/2002, où l'on constate.

- un retour à la normale sur les concentrations, les MEST restant néanmoins assez diluées, la valeur moyenne non pondérée par le débit ne traduisant probablement pas la moyenne réelle journalière des apports,

- des taux d'abattement en DCO et DBO5 après décantation 2 heures, variant entre 10 et 54 %, avec une moyenne journalière non pondérée de 26 et 42 %,

- un taux d'abattement de MES, après décantation 2 heures, compris entre 19 et 83 %, soit un taux moyen non pondéré de 54 %,

- un rapport moyen DCO/DBO de 2,1, tout à fait correct pour un traitement biologique, un rapport moyen DCO/Pt cohérent (environ 30).

Il est constaté également une pointe de pollution à midi et à 18h, relativement habituelle pour une ville de cette importance, la faible teneur en pollution le matin mettant en évidence des eaux parasites par temps sec.

Ces derniers montrent de la cohérence entre les mesures effectuées à la cheminée du Petit Lac ce jour-là, et les hypothèses de concentration prises en compte au PDAA pour 1995 en ville et valide les hypothèses envisagées à terme (2015) pour les calculs de la station d'épuration.

### II.3 CARACTERISTIQUES DE LA STEP

La station d'épuration du groupement urbain de la ville d'Oran est conçue pour permettre traiter les eaux usées d'une population équivalente de 1 526 000 pour l'année 2015.

Les débits de dimensionnement des équipements de la station d'épuration pour l'année 2015 sont :

- 16 200 m<sup>3</sup>/h qui représente le débit de pointe horaire par temps de pluie du dégrillage et du dessablage - déshuilage.
- 15 400 m<sup>3</sup>/h qui représentent le débit de pointe horaire par temps de pluie relevant pour le dimensionnement des décanteurs primaires et les traitements biologiques.

201 400 m<sup>3</sup>/j qui représentent le débit journalier en moyen annuel.

### II.3.1 SYSTEME STEP D'ORAN

Le système de traitement retenu est la boue activée à moyenne charge.

En amont du pré traitement, il est prévu :

- Un bassin de dissipation de l'énergie
- Un canal de comptage
- Un échantillonneur automatique
- Une station de pré traitement mécanique et de dépotage des matières de vidange En option : une station de stockage et de dosage de chlorure ferrique pour lutter contre la production de H<sub>2</sub>S.

### II.3.1 ÉTAPES DU TRAITEMENT

Le procédé d'épuration retenu est celui du traitement biologique par boues activées.

#### Prétraitement

Tout traitement de dépollution doit comporter ce qu'il est convenu d'appeler un «prétraitement » qui consiste en un certain nombre d'opérations mécaniques ou physiques destinées à extraire le maximum d'éléments dont la nature et la dimension constitueraient une gêne ultérieurement. Ces opérations sont: le dégrillage, le dessablage et le déshuilage.

#### Dégrillage

L'eau brute passe à travers des grilles composées de barreaux placés verticalement ou inclinés de 60 à 80° sur l'horizontale. L'espacement des barreaux varie de 6 à 100 mm ; La vitesse moyenne de passage entre les barreaux est comprise entre 0,6 et 1 m/s.

Le nettoyage de la grille est généralement mécanique. Il est réalisé par un râteau solidaire d'un chariot qui se déplace de bas en haut le long d'une crémaillère ou entraîné par deux câbles. Le fonctionnement du dispositif de nettoyage peut être commandé par une temporisation ou/et à partir d'un indicateur de perte de charge différentiel. Les matériaux de dégrillage constituent un produit gênant qui est composté ou évacué par camions.

#### Dessablage

Le dessablage s'effectue sur des particules de dimensions supérieures à 200 µm La vitesse de sédimentation se calcule par la loi de Stokes (chute libre). On calcule la section du déssableur de manière que la vitesse de l'eau ne descende pas au-dessous de 0,30 à 0,20 m/s ; on évite ainsi que les matières organiques se déposent en même temps que les sables.

Les ouvrages à prévoir pour obtenir une vitesse d'écoulement de 0,30 m/s sont, par ordre d'importance :

- les dessableurs couloirs (à écoulement rectiligne), dont la vitesse d'écoulement est variable ou constante ;

— les dessableurs circulaires, à alimentation tangentielle ou à brassage mécanique ou à insufflation d'air (pour éviter le dépôt de matières organiques, en heures creuses, avec faible débit) ;

— les dessableurs rectangulaires à insufflation d'air. On insuffle de l'air qui provoque une rotation de liquide et crée ainsi une vitesse constante de balayage du fond, perpendiculaire à la vitesse du transit, laquelle, beaucoup plus faible, peut alors être variable sans inconvénient. Le sable est extrait soit mécaniquement par raclage

Vers un poste de réception, puis repris par pompage, soit directement par pompe suceuse montée sur pont roulant. Le sable séparé contient malgré tout des matières organiques et plusieurs dispositifs sont appliqués pour améliorer sa qualité : lavage par hydro cyclone, extraction des fosses de stockage par des moyens mécaniques qui font, en même temps, office de laveur de sable (vis d'Archimède en auge inclinée, classification à mouvement alternatif...).

Le volume de sable extrait par habitant et par an est de l'ordre de 5 à 12 dm<sup>3</sup>.

### **Déshuilage**

Le déshuilage-dégraissage se rapporte à l'extraction de toutes les matières flottantes d'une densité inférieure à celle de l'eau. Ces matières sont de natures très diverses et leurs quantités s'estime par la mesure des « matières extractibles par solvants ». La teneur des eaux usées en matières extractibles est de l'ordre de 30 à 75 mg/L.

Néanmoins, certains rejets industriels (abattoirs, laiteries...) peuvent élever ces valeurs à 300-350 mg/L. Les huiles et graisses, lorsqu'elles ne sont pas émulsionnées, sont séparées sous forme de boues flottantes dans des ouvrages comportant une zone d'aération où les bulles d'air augmentent la vitesse de montée des particules grasses et une zone de tranquillisation où s'effectue la récupération. Le temps de séjour dans ce type d'ouvrage est de 5 à 12 min. Le débit d'air insufflé est de l'ordre de 0,2 m<sup>3</sup> par mètre cube d'eau et par heure. Le plus souvent, les fonctions de dessablage et de déshuilage sont combinées dans un même ouvrage qui met en œuvre les principes de fonctionnement cités précédemment

### **Décantation primaire**

La décantation se distingue du dessablage en ce sens qu'elle enlève plus de la moitié des matières en suspension, alors que le dessablage ne vise que l'élimination du sable et des autres matières minérales (plus lourdes que les matières organiques).

- La décantation se déroule dans quatre décanteurs de 50m de diamètre chacun.

Le traitement des résidus récupérés par dégrillage et dessablage –déshuilage est composé de :

- Compactage des refus de dégrillage, ensachage et stockage dans une benne;
- Classification et lavage des sables récupérés par dessablage;
- Traitement biologique des graisses récupérées par déshuilage;

Le traitement biologique sera réalisé avec le procédé des boues activées par :

- Un ensemble de bassins d'activation biologique ;
- Un ensemble de décanteurs secondaires

Une désinfection des eaux traitées au chlore est prévue.

Le traitement des boues sera composé de :

- L'épaississement gravitaire des boues primaires
- L'épaississement mécanique des boues activées en excès
- La digestion anaérobie
- L'épaississement gravitaire des boues digérées
- La déshydratation mécanique des boues digérées et le stockage des boues déshydratées
- Le chaulage des boues déshydratées et le convoyage des boues chaulées.

#### II.4 OBJECTIF DE TRAITEMENT

Les principaux objectifs du traitement sont d'intercepter et d'épurer les eaux d'origine domestiques principalement afin de contribuer à l'assainissement des eaux et cela, dans l'esprit de préservation des ressources et de valorisation des résidus. Un traitement biologique à boues activées à moyenne charge avec décantation primaire a été retenu. Il est prévu que les boues seront stabilisées par voie anaérobie (digesteurs). Un dispositif de déshydratation des boues digérées permettra d'obtenir une siccité d'au moins 25 %. La zone d'implantation retenue présente une superficie de 21 ha.

Aussi le traitement des eaux usées du groupement urbain de la ville d'Oran vise à d'atteindre les principales valeurs récapitulées dans le tableau II-4 :

**Tableau II-4 : Paramètres objectifs du traitement (qualité de l'eau épurée).**

Paramètre	Concentration maximale au moins 340 j/an	concentration maximale au plus 25 j/an
DBO5	25 mg/l	85 mg/l
DCO	125 mg/l	50 mg/l
MES	35 mg/l	250 mg/l

**Source: DAO STEP D'Oran**

## CONCLUSION

L'étude faite au niveau de ce chapitre nous a permis de connaître les étapes de traitement déroulant dans la station d'épuration (Dégrillage, dessablage déshuilage....) et les équipements utilisés. Ainsi que la production d'eau de la station d'épuration d'el kerma.

## **Chapitre III**

### **Caractéristiques Des Eaux De La STEP**

#### **D'El Kerma**

## INTRODUCTION

Les eaux usées épurées sont connues par leur pouvoir fertilisant, ainsi que leur teneur en différents éléments traces et nutritifs dont leurs concentrations doivent répondre aux normes en les diminuant par différentes étapes de traitements.

Pour la caractérisation des eaux de la station d'épuration d'El Kerma, un ensemble de paramètres physico-chimiques (DBO5, DCO, MES, MO, ..) sont à évaluer à l'entrée et à la sortie de la station.

### III.1 ELEMENTS DE DEFINITION DE LA QUALITE D'EAU

Les eaux usées transportent de nombreux micro-organismes, certains sont pathogènes, ce qui fait que le problème sanitaire se pose de manière cruciale lorsque ces eaux font l'objet d'une réutilisation.

L'appréciation du risque a fait l'objet d'études épidémiologiques, sur lesquelles se basent les recommandations énoncées au plan mondial par l'OMS.

Le risque sanitaire n'est pas seulement imputable aux micro-organismes, il faut également prendre en compte les risques dus aux éléments toxiques, par exemple les métaux lourds qui peuvent s'accumuler dans la chaîne alimentaire, ou contaminer les ressources en eau.

Les éléments chimiques contenus dans l'eau d'irrigation ont une influence sur la composition des sols et les métabolismes des végétaux cultivés. Les paramètres ci-dessous permettent de juger la qualité de l'effluent vis-à-vis des problèmes agronomiques.

#### III.1.1 Les MES

La perméabilité d'un sol peut être variée par la présence des MES et des graisses dans l'eau d'irrigation qui peuvent combler en surface les pores du sol et obstruer les systèmes d'irrigation utilisés.

Les teneurs indiquées dans la littérature sur la réutilisation des eaux usées à des fins agricoles indiquent des valeurs limites entre 20 et 30 mg/l, qui correspondent en fait à des teneurs contenues dans un effluent urbain ayant subi un traitement secondaire ; si cette teneur devait être abaissée, il serait nécessaire de pratiquer une filtration à la suite de la clarification qui est le dernier stade du traitement secondaire.

En ce qui concerne l'obstruction de matériel d'arrosage, on peut y remédier par un choix adéquat de matériel, notamment pour le diamètre des orifices, ainsi que par un entretien régulier.

#### III.1.2 Les éléments fertilisants (NPK)

Les fertilisants sont des composés des eaux usées, Ils sont indispensables à la croissance des végétaux, l'eau épurée apporte de l'azote, du phosphore et du potassium, ce qui est positif pour la plante et réduit les apports de fertilisation à faire par l'agriculteur.

### III.1.3 L'azote

Les besoins en azote des plantes sont de l'ordre de 1,5 à 3,5 % du poids de la matière sèche, si l'apport de l'azote est excessif, il y'a un risque de contaminer les eaux souterraines par les nitrates, par ailleurs, une quantité excessive peut perturber certaines productions, retarder la maturation des cultures, provoquer des croissances végétatives, par conséquent, il est important de bien connaître les besoins en azote des cultures et la concentration des effluents utilisés pour l'irrigation.

La teneur en azote de l'eau usée urbaine après traitement secondaire varie de 20 à 60 mg/l.

### III.1.4 Le phosphore

Les besoins en phosphore sous forme  $P_{2O_5}$ , varient entre 0,2 et 1,5 % de la matière sèche ; ces besoins sont en principe couverts par l'apport contenu dans l'eau résiduaire, le phosphore est peu mobile dans le sol et l'excès y est retenu. Parfois, il est possible qu'une saturation des capacités de stockage du sol entraîne une pollution de la nappe.

Le phosphore dans l'eau usée après traitement secondaire varie de 6 à 15 mg/l (15-35 mg/l  $P_{2O_5}$ ) à moins qu'un traitement tertiaire l'élimine. L'évaluation de P dans l'eau usée traitée devrait être réalisée en concomitance avec les analyses de sol pour les conseils de fumure.

### III.1.5 Le potassium

Le potassium joue un rôle important dans les végétaux, en particulier il entre en jeu lors de la régulation de la pression osmotique de la plante, et activateur de certaines réactions enzymatiques qui interviennent dans le métabolisme de l'azote, la teneur est de 0,4 à 4% de la matière sèche, exprimée en  $K_2O$ . En général, l'apport en potassium contenu dans l'eau d'irrigation soit généralement insuffisant ce qui oblige l'exploitant à effectuer des amendements complémentaires.

Le potassium contenu dans l'eau usée n'occasionne pas d'effet nuisible sur les plantes ou l'environnement. C'est un macronutriment essentiel qui affecte favorablement la fertilité du sol, le rendement des cultures et leur qualité. La concentration en K dans l'eau usée traitée secondaire varie de 10 à 30 mg/l (12-36 mg/l  $K\hat{O}$ ). Cette quantité doit être prise en compte pour préparer le programme de fertilisation en fonction des besoins des cultures.

### III.1.6 La salinité

La salinité est un paramètre essentiel pour juger la qualité de l'eau d'irrigation.

La présence de sel dans la zone racinaire diminue le potentiel osmotique de plantes et par conséquent, leur capacité à s'alimenter en eau. Dans les cas extrêmes, la solution de sol peut annuler la pression osmotique et entraîner pour la plante un phénomène de sécheresse physiologique.

Les principaux sels rencontrés sont les chlorures ( $Cl^-$ ) les sulfates ( $SO_4^{2-}$ ), les carbonates ( $CO_3^{2-}$ ). Les chlorures et les sulfates sont les plus solubles, le terme salinité inclus tous ces sels, et pour la concentration en NaCl seul, on parle de salure.

La salinité de l'eau ne pose pas de problèmes, si la conductivité est inférieure à 700  $\mu\text{scm}^{-1}$ , entre 700 et 3000  $\mu\text{scm}^{-1}$ , il faut choisir une culture tolérante au sel.

La salinité de l'eau usée épurée est en général supérieure de 0,5 mg/l par rapport à l'eau potable correspondante.

La salinité de l'eau potable dans la région d'Oran est comprise entre 1 à 2 mg/l.

### III.1.7 La toxicité de certains ions

Certains ions principalement le sodium, le chlore et le bore, peuvent avoir une action spécifique négative sur les végétaux cultivés

### III.1.8 Les métaux lourds

En principe, les métaux lourds, autres que le bore, ne posent pas de problèmes compte tenu de leur faible concentration dans les effluents. Toutefois, dans le cas de rejets industriels, des effets toxiques peuvent se manifester.

### III.1.9 La sodisation

Une minéralisation des eaux combinée à un SAR (sodium Absorption rate) important peut avoir des effets néfastes sur le sol tels que l'altération de la structure ce qui peut entraîner une réduction de la perméabilité.

### III.1.10 Le pH

La réaction des eaux est un indice important, qui permet la prévision du caractère des processus chimiques et biochimiques et l'intensité de leur déroulement. Les limites optimales de pH de l'eau d'irrigation de la plupart des cultures sont de 6,0 à 8,5. Si le pH dépasse ces limites, la quantité et la qualité de la récolte diminuent.

## III.2 critères caractéristiques des eaux usées brutes

L'eau usée d'une collectivité à l'exclusion de tout apport d'origine industrielle présente les caractéristiques moyennes suivantes :

MES = 400 mg/l      DCO = 700 mg/l      DBO5 = 360 mg/l      PH = 6,5 à 7

Selon les recommandations du conseil supérieur de l'hygiène publique de France; la qualité chimique à laquelle doivent répondre ces eaux sont les suivantes :

Les effluents à dominante domestique [(de rapport  $DCO/DBO5 \leq 2,5$ ,  $DCO < 750$  mg/l) et ( $NTK < 100$  mg/l)].

## III.3 Eaux usées de la STEP

Les charges polluantes attendues au niveau de la STEP pour l'année 2015, pour un débit de pointe par temps de pluie de 16200 m<sup>3</sup>/h ; d'après l'étude de dimensionnement de la STEP d'Oran sont reportées dans les tableaux suivants :

**Tableau III. 1:** Comparaison des charges polluantes à l'entrée de la STEP d'Oran avec les valeurs moyennes des critères caractéristiques

Paramètre	Concentration en kg/j	concentration en mg/l	Valeurs moyennes en mg/l
DBO5	91 560 kg/j	235 mg/l	360 mg/l
DCO	228 910 kg/j	588 mg/l	700 mg/l
MES	96 860 kg/j	249 mg/l	400 mg/l

Source: DAO STEP D'Oran

**Tableau III. 2:** Caractéristiques des eaux usées (NTK, N et le phosphore totale)

Paramètre	Concentration en kg/j	concentration en mg/l
NTK	16 786 kg/j	43,17 mg/l
Norg	4 578 kg/j	11,77 mg/l
Phosphore total	2 747 kg/j	7,06 mg/l

Source: DAO STEP D'Oran

Calcul de la qualité chimique de l'eau usée.

- $DCO/DBO5 = 588,76/235,5 = 2,5$
- $DCO = 588,76 < 750 \text{ mg/l}$
- $NTK = 43,17 \text{ mg/l} < 100 \text{ mg/l}$

La comparaison des caractéristiques des eaux usées la DBO5, la DCO, NTK et les MES avec les valeurs moyennes des critères caractéristiques et les recommandations du conseil supérieur de l'hygiène publique de France, montre que les eaux usées d'Oran sont dans les normes de rejet.

**Tableau III.3** représente les caractéristiques des eaux épurées à la sortie de station d'épuration :

**Tableau III. 3:** Niveaux de rejet pour les matières en suspension (MES) et Matières oxydables (M.O) .

Niveaux (3)	Matières décantables (mg/l)	Matières en suspension totales (MEST) (mg/l)	DCO (mg/l)	DBO5 (mg/l)
( d )	--	120	120	40
( e )	--	30	120	40
( f )	--	20	80	20

Source: DAO STEP D'Oran

D'après les normes françaises.

(3): Sur échantillon filtré.

(d) : traitement complet (traditionnel);

(e) : traitement complet avec nitrification partielle de l' $\text{NH}_3$  ;

(f) : traitement complet assorti d'un traitement tertiaire (Affinage).

On remarque que les concentrations maximales  $\geq 340$  jours/an sont bien adaptées aux normes de rejet.

### III.4 LES BOUES RESIDUAIRES

Les efforts pour réduire la pollution par le traitement des eaux usées, produisent une quantité croissante de boues résiduaires ; matières solides, qui sont enlevées de l'eau usée pour produire une eau usée épurée.

### III.5 Composition des boues

La composition et les microbes pathogènes qui sont les éléments clés définissant la pertinence d'une boue d'épuration pour un usage agricole (USDA, 1980) dépendent:

- de la source des boues (industriel ou domestique),
- du type de traitement des eaux résiduaires (prétraitement, primaire, secondaire, tertiaire ou avancé),
- du produit chimique utilisé pour la floculation,
- du type de traitement des boues.

Nous reprenons ci-après les quatre aspects principaux qui concernent la réutilisation des boues résiduaires.

1. La teneur en métaux lourds de la boue change avec le niveau des apports d'eau industrielle. Des concentrations élevées en métaux lourds (zinc, cuivre et nickel) peuvent tuer les plantes. Le cadmium peut être absorbé et accumulé par les plantes en concentration telle, qu'il peut être nocif pour les humains. Même l'eau usée domestique peut produire des boues contenant assez de métaux lourds pour limiter son utilisation continue. Par conséquent, les analyses de métaux lourds sont nécessaires pour évaluer la convenance des boues comme source d'engrais ou comme conditionneur de sol.

2. **Les microbes pathogènes.** Virus, helminthes, protozoaires et bactéries. Dans la plupart des pays du Proche Orient, les microbes pathogènes sont le facteur principal d'inquiétude. En particulier, les œufs de quelques parasites à longue durée de vie et très résistants aux températures élevées peuvent être présents, même après le séchage des boues en couches minces ou après compostage. Les agriculteurs doivent être informés du risque, de façon à gérer l'utilisation des boues avec soin. Des mesures conservatoires telles que le port de gant et de bottes de protection devraient être considérées comme mesures obligatoires.

3. **La salinité.** Dans certains cas, la salinité peut être élevée et l'apport total de boues sur les terres agricoles est calculé sur base du niveau de salinité et non pas sur base de la teneur en N de la boue.

4. **Les nutriments.** La boue peut contenir des niveaux élevés en certains éléments

qui peuvent endommager les récoltes (B et autres métaux) et l'environnement (N). Ces constituants devraient être pris en considération, en particulier dans des zones sensibles, lorsque la quantité globale de boue est calculée par unité de surface et par an.

### **III.6 Les boues comme engrais et conditionneur de sol**

La boue, appliquée de façon à apporter les besoins en azote de la culture, fournira la plupart des nutriments à la plante, excepté le potassium. Cependant, il est peu probable que la boue d'épuration soit employée pour fournir tous les besoins nutritifs de la culture en raison des grandes quantités qui devraient être appliqués. D'autres facteurs peuvent limiter la quantité de boue appliquée annuellement.

La valorisation maximum des boues est réalisée lorsqu'elle est appliquée en combinaison avec les engrais minéraux ; de cette façon, les boues répondent partiellement aux exigences nutritives de la culture et servent également d'excellent conditionneur des terres agricoles et au maintien de la productivité du sol. La boue et le compost de boue sont connus pour améliorer les propriétés physiques de sol, comme démontré par une augmentation des agrégats, une aération accrue de sol, une densité apparente plus faible, moins de croûte de battance, ainsi qu'une augmentation de l'infiltration de l'eau dans le sol, de sa teneur et de sa rétention en eau. Les boues ajoutées aux sols sableux augmenteront l'eau disponible pour les plantes et réduiront le besoin d'irrigation à cause de l'accroissement de la capacité de rétention en eau du sol. Dans les sols lourds à texture argileuse, la matière organique supplémentaire dans le profil de sol, tout en réduisant au minimum le ruissellement des eaux en surface, et augmentera le développement des racines et la profondeur d'enracinement.

Le bénéfice tiré de l'apport l'azote et d'autres éléments contenus dans les boues peut être approché par un simple calcul. L'azote est habituellement le facteur limitant et le plus communément utilisé pour les calculs. Plusieurs faits doivent être établis pour effectuer de tels calculs.

### **III.7 Contraintes à l'utilisation**

#### **III.7.1 Microorganismes pathogènes.**

En raison de son origine, la boue d'épuration peut ne pas être acceptée par les agriculteurs du point de vue des aspects esthétique ou sanitaire. Les réserves sont généralement les odeurs répugnantes et l'apparence des boues. C'est une des raisons pour laquelle le compostage des boues est encouragé. En outre, si le compostage est correctement réalisé, il détruit ou ramène tous les microbes pathogènes primaires présents dans la boue d'épuration à un niveau insignifiant. Une fois détruits, les virus, les helminthes, les protozoaires et la plupart des bactéries ne peuvent pas repeupler le compost, puisqu'ils ne peuvent pas se développer à l'extérieur de leur hôte. Les salmonelles, un des organismes les plus communs à l'origine d'intoxications alimentaires, peuvent recroître jusqu'à un degré limité dans le compost mûr, mais elles sont concurrencées par d'autres micro-organismes présents.

### III.7.2 Métaux lourds.

La boue d'épuration peut contenir, selon l'origine, de grandes quantités de métaux lourds, qui peuvent réduire la valeur des boues comme engrais pour application directe sur les terres agricoles ou pour le compostage. Des quantités excessives de ces métaux sont souvent trouvées dans les boues lorsque des effluents industriels sont déchargés dans les égouts sans traitement primaire. L'application de boues riches en métaux lourds sur les terres agricoles a comme conséquence l'enrichissement du sol en métaux lourds. L'enrichissement du sol en zinc, cuivre et nickel peut causer des effets phytotoxiques directs qui se manifestent par la décroissance du rendement, particulièrement lorsque le pH est faible (pH 5,5) et les taux d'application sont élevés. Les métaux lourds peuvent également s'accumuler dans les tissus végétaux et entrer dans la chaîne alimentaire par l'ingestion directe par des humains ou indirecte par des animaux.

L'élément inquiétant pour la santé humaine, lorsque la boue d'épuration et le compost de boues sont appliqués sur le sol, est le cadmium (Cd), puisqu'il est aisément absorbé par la plupart des cultures et n'est généralement pas phytotoxique aux concentrations normalement rencontrées. Par conséquent, le Cd peut s'accumuler dans les plantes et entrer dans la chaîne alimentaire plus aisément que d'autres métaux tels que le plomb (Pb) ou le mercure (Hg), qui ne sont pas aisément absorbés et ne sont pas transférés à la partie comestible de la plante.

Des espèces ainsi que des variétés se sont avérées différentes dans leur capacité d'absorber et de transférer les métaux lourds, pour les accumuler dans les organes comestibles de la plante et pour résister à leurs effets phytotoxiques

Les études d'assimilation sur maïs, soja et céréale grain ont prouvé que les métaux lourds s'accumulent moins dans le grain comestible que dans les feuilles ; des résultats semblables ont été trouvés pour les racines comestibles comme radis, navet, carotte, et pomme de terre, et les fruits, comme la tomate, la courge etc...

La disponibilité des métaux lourds dans les sols, pour l'assimilation par des plantes, est influencée par certaines propriétés chimiques et physiques du sol, particulièrement le pH, la teneur en matière organique, la capacité d'échange cationique (CEC) et la texture (c.-à-d., les proportions de sable, limon et argile). La phytotoxicité des métaux lourds dans les boues est plus élevée dans les sols acides que dans les sols neutres ou alcalins. Le maintien du pH dans la gamme de 6,5 ou plus élevé par le chaulage, réduit la disponibilité des métaux lourds. Évidemment, dans les sols calcaires, les métaux lourds sont rendus indisponibles et le problème devient insignifiant. L'application d'amendements organiques tels que le fumier ou les résidus de récolte peut également diminuer la disponibilité en métaux lourds. La CEC est une mesure de la capacité du sol de maintenir les cations; une valeur élevée de CEC est habituellement associée à une teneur plus élevée en argile et en matière organique.

Les métaux lourds sont généralement moins disponibles pour les plantes dans les sols à CEC élevée (par exemple, les sols riches en matière organique ou argilo limoneux) comparés aux sols à CCE faible (par exemple, sols limono sableux).

Le tableau 3-6 ci-dessous montre les apports cumulatifs maximum recommandés en métaux lourds en provenance des boues, pour les terres agricoles, en fonction de la capacité d'échange cationique du sol (recommandations de l'USDA). Les sols dans la gamme de CEC de 0 à 5, sont sableux à sablo-limoneux ; la gamme de 5 à 15 inclut les sols sablo-limoneux,

limoneux et argilo-limoneux ; et celle ° 15 inclut les sols argilo limoneux et argileux. Un apport plus élevé en métaux serait raisonnablement permis sur des sols à texture plus lourde. L'apport de cadmium sur le sol ne devrait pas excéder 2 [kg/ha.an](#) pour les boues ou le compost de boues séché et ne devrait pas excéder les apports cumulatifs montrés au tableau 3-6. La boue et le compost de boues ne devraient pas être appliqués sur les sols utilisés pour cultiver le tabac parce que cette culture transfère une quantité élevée de Cd aux humains. Les boues et composts employés sur les terres agricoles pour produire des légumes feuilles devraient avoir une concentration faible en Cd et un rapport Cd/Zn faible pour réduire au minimum les effets sur les humains.

**Tableau III. 4:** Apports cumulatifs maximum recommandés en métaux lourds en provenance des boues et du compost de boues sur les terres agricoles (USDA, 1980).

Metal	Capacité d'Echange Cationique du sol (meq/100g)*		
	0 –5	5 –15	° 15
	(Apport Maximum en métaux, kg/ha)		
Pb	500	1000	2000
Zn	250	500	1000
Cu	125	250	500
Ni	50	100	200
Cd	5	10	20

**Source: USDA**

CEC déterminée avant l'application des boues, en utilisant l'acétate neutre d'ammonium (1 N) et est exprimée ici comme une moyenne pondérée sur une profondeur de 50cm.

### III.7.3 Interprétation des résultats physico-chimiques

Les eaux résiduaires urbaines brutes contiennent des matières organiques surtout de caractère biodégradables et des matières minérales. A ceci viennent s'ajouter des microorganismes susceptibles de dégrader les matières organiques. Ce procédé est essentiel pour l'épuration biologique des eaux. Le principal critère d'une eau usée est donc sa biodégradabilité qui est rendue possible par une composition de l'eau favorisant l'activité des microorganismes. Une eau usée urbaine satisfait en général ces conditions s'il n'y a pas trop de perturbations provoquées par des eaux résiduaires industrielles.

Les concentrations moyennes d'eaux usées obtenues au niveau de la cheminée Petit Lac d'Oran (20.07.2002) sont données par le tableau ci-dessous.

**Tableau III.5:** Rejets d'eaux usées Cheminée Petit Lac Oran

N° Laboratoire	37268	37269	37269	37269	37269	
Date de prélèvement	20,07,2002	20,07,2002	20,07,2002	20,07,2002	20,07,2002	
Heures de prélèvement	06h00	09h00	12h00	15h00	18h00	Conc, Moy
Autres Indications	Eau brute	(mg/l)				
Température (°C)	24,5	25,3	26,6	26,4	26,4	<b>25,85</b>
Conductivité (µS/cm)	2310	3100	3300	3100	4200	<b>3202</b>
pH in situ	7,90	8,20	7,70	7,70	7,80	<b>7,90</b>
DCO (mg/l)	180,00	810,00	1350,00	760,00	1030,00	<b>826,00</b>
DBO5 (mg/l)	86,60	389,00	756,20	289,00	535,80	<b>411,35</b>
DCO eau décantée (mg/l)	160,00	570,00	870,00	530,00	790,00	<b>584,00</b>
DBO5 eu décantée (mg/l)	57,80	205,40	348,20	201,60	284,60	<b>219,50</b>
Rapport (DCO/DBO5)	2,08	2,08	1,79	2,63	1,92	<b>2,10</b>
P total (mg/l)	7,50	26,75	37,50	33,75	26,75	<b>26,45</b>
MES (105 °C) (mg/l)	43,00	63,00	489,00	253,00	559,00	<b>281,40</b>
MES (600 °C) (mg/l)	22,00	40,00	212,00	182,00	310,00	<b>153,20</b>
NTK eau décantée (mg/l)	27,10	93,50	77,60	101,00	67,00	<b>73,25</b>
Chrome (Cr) e. décantée (mg/l)	0,073	0,121	0,164	0,811	0,847	<b>0,41</b>

Source: ONID

L'analyse de ce tableau montre que :

- le pH moyen est de 7,90 il se situe dans la zone optimale de 6 à 8 d'activité des microorganismes, prévues pour la plupart des procédés biologiques.

- rapport moyen (DCO/DBO<sub>5</sub>) est de 2,10, selon la Norme NF U 44-04 de juillet 1985, pour les effluents urbains à prédominance domestique, ce rapport doit être inférieure ou égale à 2,5 donc la biodégradabilité des matières organiques présentes dans les eaux usées examinées est confirmée;

- un taux de l'Azote Kjeldhal Total: 17 % de la DBO<sub>5</sub>,

- la présence d'une forte pollution phosphorée (P Totale : 26.45 mg/l), qui est très largement au dessus de la fourchette habituellement rencontrée pour ce type d'eau, soit 4 et 15 mg/l. L'origine de cette pollution est due non seulement aux rejets domestiques (secrétions humaines, utilisation des produits nettoyants), mais aussi aux effluents générés par certaines activités industrielles (agro-alimentaires en général) telles que les laiteries, les limonaderies, les conserveries, lavage des bouteilles (Utilisation des nettoyants), sans écarter l'hypothèse

d'utilisation abusif des engrais à base de phosphore ou traités par certains pesticides par les agriculteurs.

- la teneur de la conductivité de l'effluent brut examiné, varie entre 3.336  $\mu\text{S}/\text{cm}$  et 3.710  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , soit atteignant un taux de salinité oscillant entre 2,5 g/l et 2,80 g/l environ du 29.04.2002 au 04.05.2002, alors que celles obtenues le 20.07.2002 varie de 2.310 à 4.200  $\mu\text{S}/\text{cm}$  soit 3.202  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en moyenne, soit un taux de salinité de 2,4 g/l environ. Cette forte teneur semble être liée à la qualité médiocre de l'eau de distribution de l'aire d'études (Eau Brédéah).

L'analyse des données mises à notre disposition montre que cette eau correspond parfaitement aux caractéristiques généralement trouvées dans les eaux résiduaires urbaines. Elles peuvent être traitables par voie biologique.

Les eaux usées domestiques présentent une pollution surtout par des substances organiques biodégradables, par contre la composition des eaux résiduaires industrielles peut être très variée et dépend entièrement de la nature des activités et des procédés mis en œuvre dans chaque entreprise.

Les rejets d'effluents industriels dans le milieu naturel sont réglementés en Algérie par le décret exécutif n°93-160 du 10 juillet 1993.

Les valeurs limites maximales de rejet des installations de déversement industrielles sont récapitulées dans le tableau suivant :

**Tableau III. 6:** Valeurs limites maximales de rejet des installations de déversement industrielles

Désignation des paramètres physiques et chimiques	Unités	Valeurs limites maximales
Température	(°C)	30
PH	--	5,5 à 8,5
Demande biochimique en oxygène (DBO <sub>5</sub> )	(mgO <sub>2</sub> /l)	40
Demande chimique en oxygène (DCO)	(mgO <sub>2</sub> /l)	120
Matières en suspension totales (MES à 105 °C)	(mg/l)	30
Azote Kjeldahl Total (NTK)	(mg/l)	40
Phosphates (PO <sub>4</sub> )	(mg/l)	2
Aluminium (Al)	(mg/l)	5
Cadmium (Cd)	(mg/l)	0,20
Chrome (Cr 3+)	(mg/l)	3,00
Chrome (Cr 6+)	(mg/l)	0,10
Cuivre (Cu)	(mg/l)	3
Cyanures (CN)	(mg/l)	0,10
Mercure (Hg)	(mg/l)	0,01
Nickel (Ni)	(mg/l)	5
Plomb (Pb)	(mg/l)	1
Zinc (Zn)	(mg/l)	5
Fer (Fe)	(mg/l)	5
Manganèse (Mn)	(mg/l)	1
Huiles et graisses	(mg/l)	20
Hydrocarbures	(mg/l)	20
Phénols	(mg/l)	0,50
Solvants organiques	(mg/l)	20
Chlore actif	(mg/l)	1
PCB	(mg/l)	0,001
Détergents	(mg/l)	2
Tensioactifs anioniques	(mg/l)	10

Source: ONID

**Tableau III. 7:** caractéristiques et constituants spécifiques des eaux résiduaires de certaines activités industrielles avec les risques, les nuisances potentiels et les recommandations de prétraitement nécessaires au niveau de ces secteurs.

N°	Secteur et branche de l'industrie	Nuisances possibles du réseau d'assainissement dues aux	Nuisances possibles de la station d'épuration dues aux	Nuisances possibles du milieu récepteur, malgré une épuration biologique, dues aux	Recommandations
<b>I</b>	<b>Industries</b>	<b>Chimiques</b>			
1	Industrie pharmaceutique	pH < 6,0; pH ° 10,0 Sulfates	Métaux lourds, Hydrocarbures halogénés, Composés halogénés, Biocides	Métaux lourds, AOX Biocides	composés Séparateur de solvants et Neutralisation nécessaires; Traitements préalables sélectifs des halogénés organiques et des métaux lourds.
2	Industries de colorants	pH < 6,0;	Sulfates Métaux lourds; Hydrocarbures halogénés	Colorations	Neutralisation, Précipitation, Installations de séparation de solvants, Séparation des boues nécessaires.
3	Industrie des peintures et vernis	pH ° 10,0; Sédiments Matières surnageantes	Charges de chocs (forte DCO); Métaux lourds	Colorations AOX	Retenue de solvants et de sédiments.
4	Industrie de savon	pH < 6,0; pH ° 10,0 Matières surnageantes	Huiles et graisses écumantes		Dégraissage et Neutralisation nécessaires; Ne pas rejeter soudainement les bases.
5	Industrie des détergents	pH ° 10,0 Matières surnageantes	Huiles et graisses écumantes	Tensioactifs	Neutralisation nécessaire.
6	Usine de papier et de carton	pH < 6,0; pH ° 10,0 Sulfates; Hydrogène sulfure (H <sub>2</sub> S)	Matières solides	Colorations AOX	Séparation des boues, également Neutralisation et Bassin tampon nécessaire.

Source: (ONID)

### III.7.4 Eléments traces et métaux lourds

Les métaux {cadmium (Cd), cuivre (Cu), molybdène (Mo), nickel (Ni) et zinc (Zn)} peuvent être présents dans les eaux résiduaires et constituer un risque sanitaire significatif pour les humains et les animaux qui se nourrissent de ces plantes. Pour ces raisons, beaucoup de pays développés ont établi des charges maximums admissibles en métaux lourds sur les terres agricoles.

La charge en métaux lourds admise sur les terres agricoles dans quelques pays européens est donnée par le tableau ci dessous.

**Tableau III. 8:** Charge maximum en éléments traces permise sur les terres agricoles en kg/ha.an (adapté de Biswas, 1987).

Pays	Cd	Cu	Cr	Pb	Hg	Ni	Zn
France	5.4	210	360	210	2.7	60	750
Allemagne	8.4	210	210	210	5.7	60	750
Pays-Bas	2.0	120	100	100	2.0	20	400
Angleterre	5.0	280	1000	1000	2.0	70	560

**Source: ONID**

Les concentrations limites recommandées en éléments traces dans les eaux usées épurées destinées à l'irrigation sont présentées au tableau suivant.

**Tableau III. 9 :** Limites recommandées en éléments traces dans les eaux usées épurées destinées à l'irrigation

Contaminant	à long terme <sup>b</sup> (mg/l)	Court terme <sup>c</sup> (mg/l)
Aluminium	5.0	20.0
Arsenic	0.10	2.0
Béryllium	0.10	0.5
Bore	0.75	2.0
Cadmium	0.01	0.05
Chrome	0.1	1.0
Cobalt	0.05	5.0
Cuivre	0.2	5.0
Fluor	1.0	15.0
Fer	5.0	20.0
Plomb	5.0	10.0
Lithium	2.5	2.5
Manganèse	0.2	10.0
Molybdène	0.01	0.05
Nickel	0.2	2.0
Sélénium	0.02	0.02
Vanadium	0.1	1.0
Zinc	2.0	10.0

Source : Académie nationale des sciences

a Adapté de: Académie nationale des sciences - National Academy of Engineering (1973)

b Pour l'eau utilisée sans interruption sur tous les sols

c Pour l'eau utilisée pendant une période d'au plus 20 ans sur des sols de texture fine, neutres ou alcalins

En général, les métaux lourds et les éléments traces ne devraient pas être considérés comme un problème extrême ou sérieux pour deux raisons principales :

- la concentration des métaux lourds dans l'eau usée urbaine est faible à cause de la faible activité industrielle lourde,

- les sols de la région ont la plupart du temps une forte concentration en CaO<sub>3</sub> et un pH supérieur à 7, ce qui inactive les métaux lourds et diminue leur mobilité et leur disponibilité pour les cultures.

Dans ces conditions, les métaux sont rendus indisponibles et les valeurs de charge et de concentrations plus élevées que celles présentées dans les tableaux ci dessus et pourraient être acceptées.

Un programme de fertilisation et d'irrigation correct est le paramètre le plus important pour une irrigation durable à long terme avec l'eau usée. Les analyses de sol et d'eau usée sont nécessaires afin de fixer les conseils de fertilisation.

Le choix d'un programme raisonné de fertilisation est influencé par la connaissance des besoins nutritifs de la culture, de l'aptitude du sol et de l'eau usée à fournir les éléments nutritifs, de l'efficacité du prélèvement d'éléments nutritifs sous différentes conditions d'irrigation, des méthodes de fertilisation et du rendement attendu. Lorsque le sol et l'eau usée ne fournissent pas la quantité adéquate d'éléments nécessaires à la croissance normale des plantes, il est essentiel que les quantités indispensables soient appliquées.

Les quantités d'éléments fertilisants nécessairement doivent être disponibles dans le sol et ne doivent pas nécessairement venir de l'engrais. Une partie donc est fournie par le sol et une autre partie par l'eau usée. On attire l'attention sur l'importance de l'estimation de la quantité de nutriments disponibles dans le sol (potentiel de fourniture d'éléments nutritifs par le sol) et dans l'eau usée (potentiel de fourniture d'éléments nutritifs par l'eau usée). Ces quantités sont soustraites de la quantité totale, qui doit être fournie par l'apport d'engrais.

### **III.8 Fertilisants dans les eaux usées traitées**

Le potentiel de fertilisation de l'eau usée traitée due à la présence de nutriments est un atout pour les cultures mais peut également être une source de pollution pour l'environnement, en fonction principalement de la gestion des eaux usées appliquées par les agriculteurs. Les nutriments constituent une caractéristique spécifique de l'eau usée traitée qui intéresse particulièrement les agriculteurs. Pour cette raison, un code de bonnes pratiques agricoles en matière de fertilisation devra être développé et présenté afin de donner une dimension à l'utilisation raisonnée, profitable et saine de l'eau usée traitée utilisée en irrigation.

Les solides en suspension, les éléments colloïdaux et dissous présents dans l'eau usée contiennent des macro- et des micronutriments qui sont essentiels à la nutrition des plantes. La teneur nutritive de l'eau usée peut excéder les besoins de la plante et poser des problèmes liés à un développement végétatif excessif, en retardant la maturité ou en réduisant la qualité des cultures irriguées. Il est donc nécessaire de considérer les nutriments présents dans l'effluent traité en tant qu'élément du programme global de fertilisation des cultures irriguées. À cet égard, l'analyse d'eau usée est requise au moins une fois au début de la saison d'irrigation.

Les nutriments se trouvant en grandes quantités dans l'eau usée, et qui sont importants en agriculture et en gestion des paysages sont l'azote, le phosphore et parfois le potassium, le zinc, le bore et le soufre.

D'autres macro- et micronutriments peuvent également être présents. En outre, la présence de matière organique dans l'eau usée peut, par son effet à long terme sur la fertilité du sol, contribuer également à la stabilité structurale du sol.

Pour l'évaluation correcte de la capacité nutritive de l'eau usée, basée sur son analyse chimique, les valeurs reprises dans le tableau ci dessous pourraient être employées.



**Tableau III. 10:** Apport de nutriments pour diverses quantités d'eau d'irrigation appliquées

Eau d'irrigation m <sup>3</sup> /ha	Concentration d'un nutriment dans les eaux usées (mg/l)								
	5	10	15	20	25	30	35	40	50
	Quantité de nutriments ajoutée (kg/ha.an)								
1000	5	10	15	20	25	30	35	40	50
2000	10	20	30	40	50	60	70	80	100
3000	15	30	45	60	75	90	105	120	150
4000	20	40	60	80	100	120	140	160	200
5000	25	50	75	100	125	150	175	200	250
6000	30	60	90	120	150	180	210	240	300
7000	35	70	105	140	175	210	245	280	350
8000	40	80	120	160	200	240	280	320	400
9000	45	90	135	180	225	270	315	360	450
10000	50	100	150	200	250	300	350	400	500

Source: ONID

Pour certaines cultures, aucun engrais additionnel n'est nécessaire. Par contre, lorsque les engrais sont nécessaires, les eaux usées pourraient être la réponse pour obtenir un rendement élevé de bonne qualité.

**La teneur en azote** de l'eau usée urbaine après traitement secondaire varie de 20 à 60 mg/l. L'azote dans l'eau usée traitée peut dépasser les besoins des cultures. La connaissance de la concentration en N dans l'eau usée et la gestion appropriée de la charge en NPK sont essentielles pour surmonter les problèmes associés à une éventuelle concentration élevée en N.

**Le phosphore** dans l'eau usée après traitement secondaire varie de 6 à 15 mg/l (15-35 mg/l P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) à moins qu'un traitement tertiaire l'élimine. L'évaluation de P dans l'eau usée traitée devrait être réalisée en concomitance avec les analyses de sol pour les conseils de fumure.

**Le potassium** contenu dans l'eau usée n'occasionne pas d'effet nuisible sur les plantes ou l'environnement. C'est un macronutriment essentiel qui affecte favorablement la fertilité du sol, le rendement des cultures et leur qualité. La concentration en K dans l'eau usée traitée secondaire varie de 10 à 30 mg/l (12-36 mg/l K<sub>2</sub>O). Cette quantité doit être prise en compte pour préparer le programme de fertilisation en fonction des besoins des cultures.

**Autres nutriments.** La plupart des eaux usées contiennent habituellement des concentrations adéquates en soufre, zinc, cuivre et autres micronutriments. Une attention particulière doit être portée au bore. L'eau usée traitée contient assez de bore pour corriger toutes les déficiences en cet élément. Cependant, lorsque cet élément se trouve en excès, il peut provoquer des problèmes de phytotoxicité. Pour surmonter le problème de B, les mesures correctives similaires aux sels fortement solubles sont recommandées (choix de la culture, lessivage, programme des irrigations, et système d'irrigation).

**Charge nutritive en NPK**

Sur la base de l'analyse chimique de l'azote élémentaire l'agriculteur pourrait calculer la quantité d'azote supplémentaire à apporter au sol par l'utilisation d'eau usée. Cette quantité devrait être soustraite de la quantité d'engrais nécessaire aux cultures.

**Conclusion :**

Dans ce chapitre nous avons déterminé et évalué la concentration des eaux de la STEP d'El Kerma en certains éléments définissant leur qualité ainsi que leur pouvoir fertilisant.

Nous avons aussi parlé des boues résiduaires, leur composition, et les risques de l'utilisation des eaux usées épurées ainsi que les recommandations des traitements nécessaires.

## **Chapitre IV**

### **Présentation De Périmètre à Irriguer**

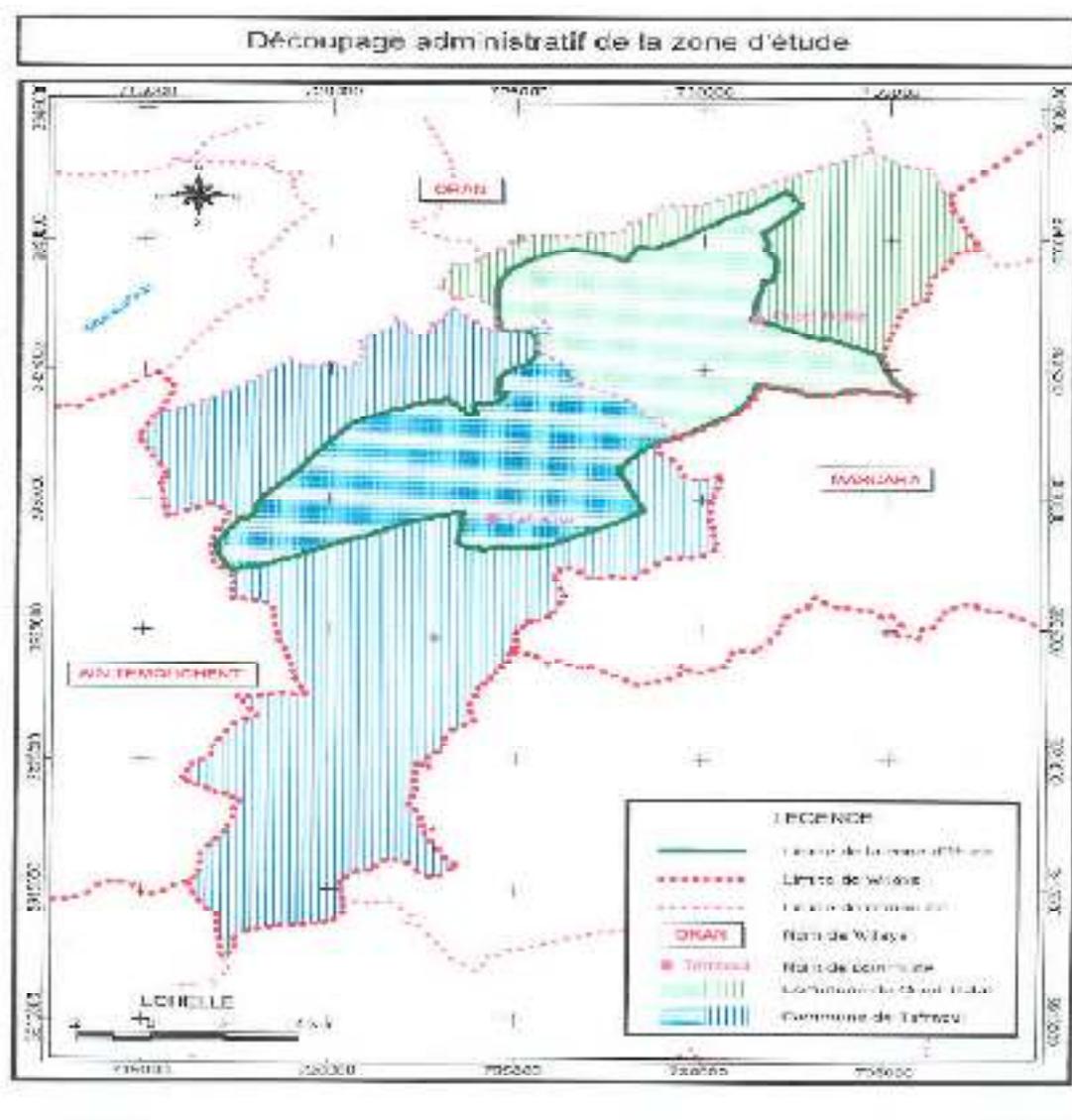
## IV.1 LOCALISATION

Le périmètre d'étude est une tranche de périmètre de M'léta situé à environ 20 kilomètres au Sud du chef-lieu de la wilaya d'Oran. Il est limité :



- Au Nord par la commune de Braya ;
- Au Sud, par la Wilaya de Mascara et les piedmonts des Djebels Sehaouria et Bel Hadeff ;
- A l'Est par la Wilaya de Mascara;
- A l'Ouest par la Grande Sebkhha d'Oran et la Wilaya d'Ain Timouchent.

Les exploitations agricoles touchées par le projet sont situées dans les communes d'Oued Tlalat et Tafraoui.



**Figure IV-1 : Découpage administratif de la zone d'étude. (Source: ONID)**

## IV.2 CARACTERISTIQUES PHYSIQUES DU SITE

### IV.2.1 CARACTERISTIQUES CLIMATIQUES

Les données météorologiques, utilisées dans cette étude sont extraites de la banque de donnée obtenue auprès de l'Office National de la Météorologie établis.

Les données climatiques considérées concernent essentiellement les précipitations, les températures et d'autres phénomènes climatiques (vent, insolation, humidité, etc.).

La station météorologique retenue comme étant représentative de la zone d'étude est celle d'Oran (Senia), ce choix se justifie par:

- la station d'Oran est située à proximité du périmètre et à une altitude proche de celle de la zone d'étude.
- disponibilité des diverses données climatiques sur une période récente.

**Tableau IV. 1:** Coordonnées de la station

Station	Latitude, N	Longitude W	Altitude Z, m
<b>Sénia</b>	35°38	00°36 w	90

**Source:** ONM

#### IV.2.1.1 Précipitations

**Tableau IV. 2:** Répartition mensuelle des précipitations en mm .

Paramètre	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou	Sep	Oct.	Nov.	Dec	année
Pluie Moyenne (mm)	5412 ,	46 75 ,	40 65 ,	39 30 ,	27 09 ,	5 83 ,	0 30 ,	2 73 ,	10 28 ,	33 06 ,	47 11 ,	55 28 ,	362 50 ,

**Source:** ONM

L'examen de la répartition mensuelle des précipitations, montre que la valeur maximale des précipitations est enregistrée en mois de Décembre (55 mm) ; la moyenne annuelle des précipitations est de l'ordre de 362 mm répartie comme suit:

- 33% en Automne
- 40% en Hiver
- 25% au Printemps
- 2% en Eté

### IV.2.1.2 Températures

La distribution mensuelle de la température moyenne journalière est donnée au tableau IV.3

**Tableau IV. 3 :** Répartition mensuelle de la température de l'air en °C

Paramètre	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou	Sep	Oct.	Nov.	Dec	année
Température Moyenne (° C)	11,1	12,1	14,1	15,9	18,8	22,7	25,1	26	22,9	19,6	15,0	12,2	17,96

Source: ONM

L'examen du tableau des températures mensuelles montre que la valeur minimale de la température moyenne de l'air est celle du mois de Janvier avec une température de 11,1°C. La valeur maximale est au mois d'Août avec une température moyenne de 25,97°C.

### IV.2.1.3 Humidité relative moyenne de l'air

La distribution moyenne mensuelle de l'humidité relative est donnée au tableau IV.4

**Tableau IV. 4:** Répartition mensuelle de l'humidité relative de l'air en %

Paramètre	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
HR moy (%)	77,3	75,0	74,0	68,0	68,7	67,3	66,3	65,7	65,7	70,7	77,3	78,7	71,2

Source: ONM

L'examen de la répartition mensuelle, montre que l'humidité relative est élevée toute l'année (plus de 65%). Les valeurs maximales sont atteintes durant les mois d'hiver (74 à 79 %) lorsque les températures sont minimales.

### IV.2.1.4 Evaporation

La distribution moyenne mensuelle de l'évaporation est donnée au tableau IV.5

**Tableau IV. 5:** Répartition mensuelle de l'évaporation moyenne en mm

Paramètre	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
Evaporation moyenne (mm)	63,9	69,0	87,6	127,1	136,7	154,0	164,6	168,1	139,9	101,9	73,7	61,1	1347,5

Source: ONM

L'examen de ce tableau montre que l'évaporation est importante pendant la période allant du mois de mai à septembre et elle est plus faible du mois de novembre à janvier. Le cumul

annuel avoisine 1350 mm Compte tenu de la pluviométrie moyenne, le déficit hydrique de la zone est d'environ 1000 mm/an.

#### IV.2.1.5 EVAPOTRANSPIRATION

Plusieurs méthodes de calcul sont utilisables pour l'estimation théorique de l'évapotranspiration potentielle utilisant des données climatiques différentes, nous allons utiliser la méthode de Penman-Monteith.

#### La méthode de Penman-Monteith :

C'est la méthode d'évaluation théorique de l'ETP la plus précise mais, en contre partie de sa précision cette formule comporte un grand nombre de paramètres : température moyenne de l'air, pression de la vapeur d'eau, durée d'insolation rayonnement global, vitesse du vent.

Le calcul effectué par la méthode de Penman-Monteith recommandée par la FAO a été fait à l'aide du logiciel CROPWAT 8 pour Windows version 8 de la FAO, qui est la dernière version de CROPWAT pour Windows.

La station météorologique source de données pour le calcul de l'ETP est la station d'Oran Senia.

Les calculs de l'ETP à l'aide de cette formule ont donné les résultats suivants :

**Tableau IV. 6:** Résultats des calculs d'ETP de la zone du projet (en mm)

Désignation Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	Jt	A	Total
ETP PENMAN- MONTEITH	145	96	50	54	58	66	102	137	159	169	188	199	1 423

Les résultats de ces calculs sont confirmés par la carte algérienne des ETP sur laquelle nous pouvons voir que la zone du projet se trouve dans l'intervalle 1400-1500 mm d'ETP. La figure N°3 ci-dessous extraite de la carte d'évapotranspirations de l'ANRH indique l'ordre de grandeur de l'évaporation dans la zone du projet.



**IV.2.1.7- Ensoleillement**

La quantité d'heures d'ensoleillement dans la région est assez élevée ; la moyenne annuelle est de 8,3 heures par jour. L'ensoleillement annuel total est de 3040 heures réparties entre 1289 heures en hiver et 1751 heures en été.

**Tableau IV. 8:** Ensoleillement en heures

Année/Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec	Total
Moy ( 1993-2004)	191	204	244	276	299	322	332	309	266	224	190	184	3040
Heure/jours	6,2	7,3	7,9	9,2	9,7	10,7	10,7	10,0	8,9	7,2	6,3	5,9	8,3

Source: ONM

**IV.2.1.8 Vitesse du vent:**

Les valeurs moyennes de la vitesse du vent enregistrées au niveau de la station d'Oran (Senia) sont présentées dans le tableau ci-dessous :

**Tableau IV. 9:** Vitesse du vent m/s

Paramètre	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
Vitesse du vent (m/s)	2,9	2,7	3,1	4,3	3,8	3,5	3,6	3,8	2,9	2,7	1,4	3,0	3,1

Source: ONM

Les vitesses du vent sont relativement faibles et homogènes durant toute l'année. La moyenne annuelle est de 3,1 m/s.

Les vents dominants y sont de direction Ouest à Nord-Ouest ( W-NW).

Entre les mois de juillet et septembre ont été observé des vents de direction Nord-Est.

**IV.2.1.9- Le Sirocco:**

Le Sirocco a une fréquence annuelle moyenne assez faible, 6 à 7 jours par an, entre les mois de mai et septembre avec un maximum en août selon diverses observations.

**IV.2.1.10 Diagramme Ombro-thermique**

Le diagramme Ombrothermique permet de définir les mois secs de l'année. Les précipitations sont exprimées en mm. Lorsque celles-ci sont égales ou inférieures au double de la température exprimée en degrés centigrades ( $P \leq 2T$ ). Le diagramme Ombrothermique fait ressortir une période sèche qui s'étale sur environ 6 mois, allant du mois d'Mai jusqu'au mois d'octobre.

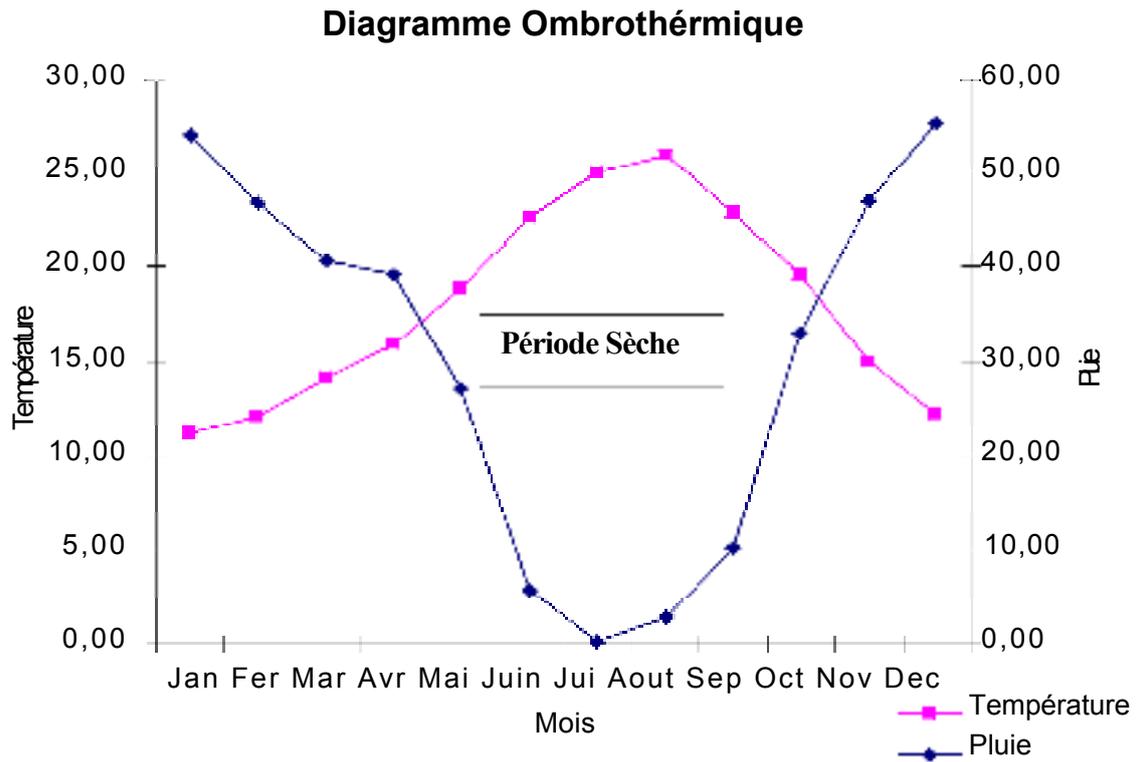


Figure IV-3 : diagramme ombrothermique de GAUSSEN

**IV.3- Indices Climatiques:**

**IV.3.1- Quotient pluviométrique d’Emberger :**

$$Q_3 = 3,43P / M - m$$

Q = Quotient d'emberger

P = Moyenne des précipitations annuelles exprimées en mm

M = Moyenne des températures maximales (°C) du mois chaud

m = Moyenne des températures minimales (°C) du mois le plus froid.

Le quotient d’Emberger calculé en utilisant les données de la station de Sétif, est le suivant :

**Tableau IV. 10:** paramètres et quotient d’Emberger.

<i>P (mm)</i>	<i>M°C</i>	<i>m°C</i>	<i>Q<sub>3</sub></i>	<i>Etage bioclimatique</i>	<i>Variante Thermique</i>
362,50	26	11,1	83,45	Semi-aride	<b>Chaud</b>

Le Climagramme pluviométrique d'Emberger, spécifique au climat méditerranéen, classe la région de Mleta dans l'étage bioclimatique semi-aride à hiver chaud (voir graphique ci-dessous).

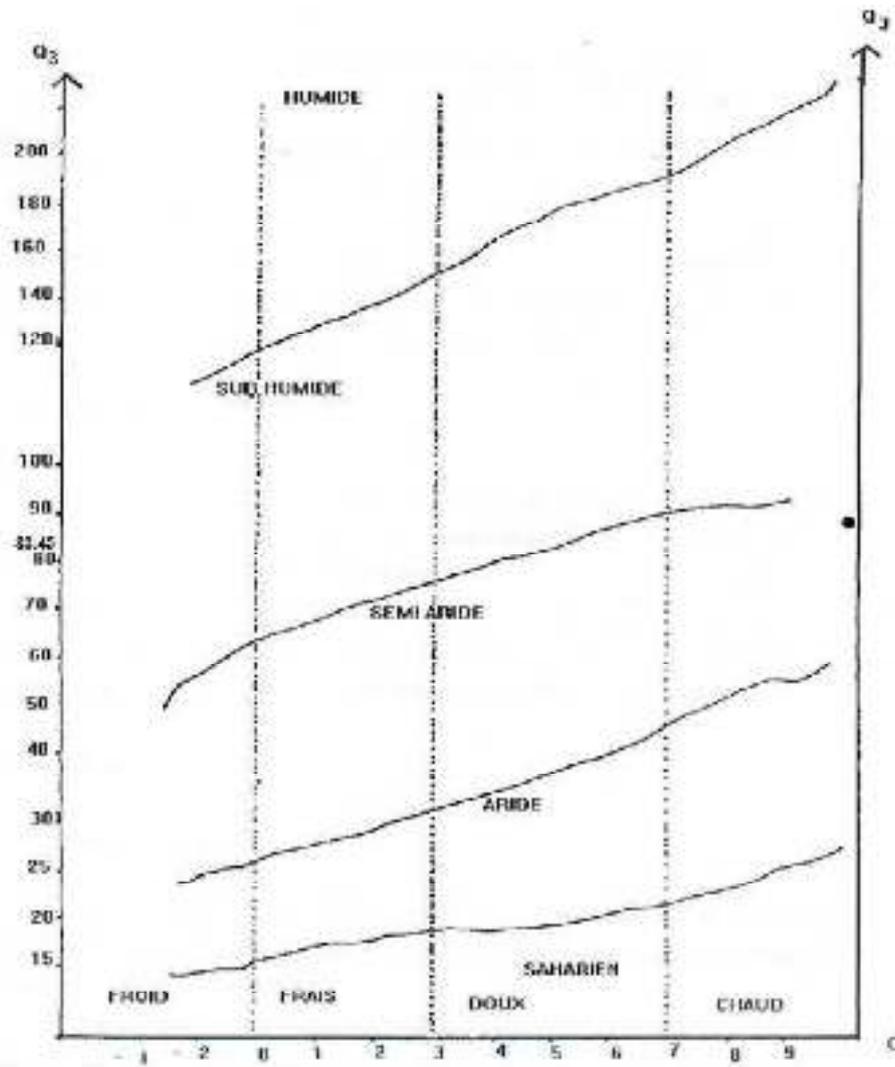


Figure IV-4: Climagramme pluviométrique d'emberger. (Source: ONID)

### IV.3.2- Indice d'aridité :

#### IV.3.2.1- Indice annuel:

PA

A=-----

T+10

A = indice de De Matone

PA = Précipitation moyenne annuelle

T = température moyenne annuelle

L'indice d'aridité annuel s'élève à 12,96. Il est inférieur à 20 ou l'irrigation est indispensable.

#### IV.3.2.2- Indice mensuel:

Pm

Am = 12 -----

Tm + 10

Dans la quelle:

Am = indice d'aridité mensuel

Pm = Pluviométrie moyenne mensuelle

Tm = Température moyenne mensuelle

L'application de la formule a permis de calculer les valeurs mensuelles de l'indice d'aridité qui sont indiquées dans le tableau suivant:

**Tableau IV. 11:** Indice d'aridité mensuel.

Mois	Pluie (mm)	Température (mm)	Indice d'Aridité	Mensuel Observation
Janvier	54,12	11,10	30,78	Irrigation d'appoint
Février	46,75	12,10	25,38	Irrigation d'appoint
Mars	40,65	14,10	20,24	Irrigation d'appoint
Avril	39,30	15,90	18,21	Irrigation indispensable
Mai	27,09	18,80	11,29	Irrigation indispensable
Juin	5,83	22,70	2,14	Irrigation indispensable
Juillet	0,30	25,10	0,10	Irrigation indispensable
Août	2,73	26,00	0,91	Irrigation indispensable
Septembre	10,28	22,90	3,75	Irrigation indispensable
Octobre	33,06	19,60	13,40	Irrigation indispensable
Novembre	47,11	15,00	22,61	Irrigation d'appoint
Décembre	55,28	17,96	23,73	Irrigation d'appoint

On compte 5 mois humides de Novembre à Mars dont les valeurs de l'indice d'aridité sont supérieures à 20 et où l'irrigation n'est pas indispensable.

Par contre, les mois secs s'étalent du mois d'Avril à Octobre avec des valeurs qui sont inférieures à 20 et où l'irrigation devient nécessaire.

#### IV.4- Types de Sols

La prospection pédologiques et l'analyse des échantillons au laboratoire, ont permis de reconnaître et différencier plusieurs types de sols répartis dans trois (03) classes :

- **Sols peu évolués.**
- **Vertisol.**
- **Sols Calcimagnésique.**

Sur la base des caractéristiques des sols, quatre zones homogènes de mise en valeur pour l'irrigation et le drainage ont été définies :

#### IV.4.1 Zone I

Potentialités en sol très favorables, permettant une mise en valeur hautement productive sans aménagement au préalable, aptitude à l'irrigation très élevée, sols ne présentant pas de facteur limitant ni de contraintes majeures, où les sols sont profonds, des taux de calcaires faibles à très faibles, une texture ni trop fine ni trop grossière et une salinité insignifiante  $< 0,6$  dS/cm.

#### IV.4.2 Zone II

Potentialités en sol favorables, permettant d'obtenir une production satisfaisante malgré la présence de certaines contraintes mineures, aptitude à l'irrigation élevée, les sols sont profonds avec des taux de calcaire moyen entre 7 et 12 %, une texture moyennement fine et une salinité oscillant entre 0,6 et 1,4 dS/m.

#### IV.4.3 Zone 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. Les sols sont moyennement profonds, des taux de calcaires variant entre 12 et 25 %, des textures fines générant ainsi des caractères de vertisme et une salinité oscillant entre 1,4 et 2,4 dS/m.

#### IV.4.4 Zone IV

Potentialités en sol marginales correspondant à des sols à facteurs limitant pour une mise en valeur en irrigué, aptitude médiocre à l'irrigation. Les sols pouvant avoir des profondeurs faibles, une texture très fine ou très grossière, un taux de calcaire élevé et une salinité pouvant dépasser les 2,4 dS/m.

### IV.5 APTITUDES culturelles

La mise en valeur des sols du périmètre par des cultures irriguées doit répondre à l'adéquation entre les caractéristiques intrinsèques du sol et les exigences des cultures à mettre en place à savoir:

- L'identification, la quantification et le classement par importance des propriétés intrinsèques du sol, qui se manifestent par la profondeur, salinité, texture et structure, charge caillouteuse, richesse en calcaire, caractère hydromorphe et vertique.
- l'évaluation des exigences qualitatives des cultures (arboriculture, cultures maraîchères, grandes cultures et cultures industrielles).
- Evaluation de la qualité de l'eau d'irrigation.

Dans le cas de notre périmètre d'étude, en se basant sur les trois niveaux d'investigations ci-dessus que les vocations agronomiques suivantes ont été élaborées et établies :

#### IV.5.1 Les Cultures arbustives

**B25** : cette catégorie doit avoir une profondeur supérieur a 80 cm, une texture fine, une charge en cailloux inférieur a 30 %une hydromorphie très faible, et un taux de calcaire actif inférieur a 12 %.

Ces sols conviennent favorablement au pêcher sur prunier st Julie, prunier sur prunier st julien, pommier sur doucin, et figuier

Moyennement pour: les autre cultures

A exclure pêcher sur franc, abricotier sur amandier, amandier sur franc et abricotier sur franc

**B34** : cette catégorie doit avoir au minimum une profondeur supérieure à 50cm, de texture fine, a très grossière une charge caillouteuse inférieure à 30a 50 %, une hydromorphie nulle à très faible, une salinité inférieure à 4mmhos/cm, un taux de calcaire actif inférieur à 25%.

Ces sols conviennent moyennement aux cultures du pêcher sur franc, abricotier sur pêcher franc,pêcher sur amandier,abricotier sur amandier,amandier sur franc,abricotier sur franc,olivier,pommier sur doucin,et figuier est exclure les autres cultures

**B42** : catégorie de sols ayant les caractéristique suivants : une profondeur supérieur a 50 cm, une texture très fine a très grossière, une hydromorphie nulle a très faible, une conductivité électrique inférieur a 7 mmhos/cm, et un taux en calcaire actif inférieur a 25 %.

Ces sols conviendraient moyennement pour l'abricotier sur franc, olivier, et figuier à exclure les autre cultures.

### IV.5.2 Les Cultures maraîchères

**M15** : les sols de cette catégorie doivent avoir une profondeur supérieure à 50cm, une texture fine avec un taux d'éléments grossiers inférieur à 30%, une hydromorphie nulle à très faible et une salinité inférieure à 4mmhos/cm.

Ces sols conviennent pour l'artichaut, l'oignon, le navet, le chou fleur, le chou pommé, l'épinard, la laitue et le fraisier, à exclure la pomme de terre, la carotte, asperge et les primeurs (tomate, piments, poivrons) et conviennent moyennement pour les autres cultures.

**M31**:les sols doivent avoir une profondeur supérieure à 30 cm une texture moyenne, fine a grossière, un taux d'élément grossier inférieur à 30 %, une hydromorphie forte, faible à nulle, et une salure inférieur à 4 mmhos/cm.

Ils conviennent moyennement pour l'oignon, choux-fleurs, laitue, l'ail, l'haricot, et le concombre.

Les cultures artichauts, tomate, aubergine, piment poivrons, et tomate piment, poivron, aubergine primeurs, pomme de terre, carotte, et navet sont a exclure a cause de la charge en cailloux

**M23** : Sol ayant une profondeur supérieur a 50 cm, une texture très grossière, une charge en cailloux inférieur a 30 %, une hydromorphie nulle a très faible, une salure comprise entre 4 et 7 mmhos/cm. Ils conviennent à l'artichaut, et l'oignons, Moyennement pour :la tomate,navet,choux-fleurs, chou pommé, la laitue aubergine, pastèque, melon, et piment poivron. A exclure les autres cultures.

**M25** : Sol ayant une profondeur supérieur a 50 cm, une texture très grossière, une charge en cailloux inférieur a 30 %, une hydromorphie nulle a très faible, une salure inférieur a 7 mmhos/cm.

Ils conviennent moyennement pour l'artichaut,choux-fleur,choux-pommé, épinard,et fraisier

A exclure les autres cultures

**M43** : Sol ayant des profondeur supérieur a 30 cm,une texture fine a très fine,une charge en cailloux inférieur a 50 %,une hydromorphie nulle faible ou forte,et salure comprise entre 7 et 16 mmhos/cm

Ces sols conviennent uniquement pour l'artichaut, à exclure les autres cultures.

### IV.5.3 Les Cultures Céréalières et Fourragères

**C11** : les sols possèdent une profondeur supérieure à 50cm, avec une texture moyenne à fine, une teneur en éléments grossiers inférieure à 30%, une salure inférieure à 4mmhos/cm, une

teneur en calcaire actif inférieure à 25", une hydromorphie nulle à très faible et une structure favorable sur au moins 50cm.

Ces sols conviennent à toutes les cultures céréalière et fourragères, sauf pour la luzerne qui convient moyennement

**C22** : les sols de cette catégorie présentent une profondeur supérieure à 30cm, une texture grossière à très fine, une teneur en éléments grossiers inférieure à 50%, une hydromorphie forte, une salure inférieure à 7mmho/cm, une teneur en calcaire actif inférieure à 25% et structure favorable au moins sur 50 cm ou défavorable. Ces sols possèdent une aptitude moyenne pour la fétuque, la vesce avoine, le ray-grass, le blé dur, le blé tendre et l'orge, et ne conviennent pas pour la luzerne, le bersim, le sorgho et le maïs.

**C31** : ces sols présentent une profondeur supérieure à 30cm, une texture grossière, une teneur en éléments grossiers inférieure à 50%, une hydromorphie nulle a très faible, une salure inférieure à 7mmhos/cm, une teneur en calcaire actif inférieure à 25%.

Ils conviennent moyennement pour la fétuque et ray gras à exclure les autres cultures

**C13** : les sols possèdent une profondeur supérieure à 50cm, avec une texture moyenne à fine, une teneur en éléments grossiers inférieure à 30%, une salure inférieure à 4mmhos/cm, une teneur en calcaire actif inférieure à 25", une hydromorphie nulle à très faible et une structure favorable sur au moins 50cm.

Ces sols conviennent pour fétuque, vesce avoine, ray grass, blé dur, blé tendre, et orge, et conviennent moyennement pour les autres cultures

**C23** : les sols de cette catégorie présentent une profondeur supérieure à 30cm, une texture grossière à très fine, une teneur en éléments grossiers inférieure à 50%, une hydromorphie forte, une salure inférieure à 7mmho/cm, une teneur en calcaire actif inférieure à 25% et structure favorable au moins sur 50 cm ou défavorable.

Convient moyennement pour la vesce avoine, le ray-grass, le blé dur, le blé tendre et l'orge, et la fétuque. A exclure les autres cultures.

#### IV.5.4 les Cultures industrielles

**I12**: les sols de cette catégorie possèdent une profondeur supérieure à 80cm, une texture grossière, moyenne ou, fine, un taux d'éléments grossiers inférieur à 30 %, une hydromorphie nulle ou très faible, une salure inférieure à 4 mmhos/cm et un taux de calcaire actif inférieur à 25%.

Ces sols conviennent pour le betterave, coton et tournesol et moyennement pour le tabac et le lin

moyenne pour la fétuque, la vesce avoine, le ray-grass, le blé dur, le blé tendre et l'orge, et ne conviennent pas pour la luzerne, le bersim, le sorgho et le maïs.

**C31** : ces sols présentent une profondeur supérieure à 30cm, une texture grossière, une teneur en éléments grossiers inférieure à 50%, une hydromorphie nulle a très faible, une salure inférieure à 7mmhos/cm, une teneur en calcaire actif inférieure à 25%.

Ils conviennent moyennement pour la fétuque et ray gras à exclure les autres cultures

**C13** : les sols possèdent une profondeur supérieure à 50cm, avec une texture moyenne à fine, une teneur en éléments grossiers inférieure à 30%, une salure inférieure à 4mmhos/cm, une teneur en calcaire actif inférieure à 25", une hydromorphie nulle à très faible et une structure favorable sur au moins 50cm.

Ces sols conviennent pour fétuque, vesce avoine, ray grass, blé dur, blé tendre, et orge, et conviennent moyennement pour les autres cultures

**C23** : les sols de cette catégorie présentent une profondeur supérieure à 30cm, une texture grossière à très fine, une teneur en éléments grossiers inférieure à 50%, une hydromorphie forte, une salure inférieure à 7mmho/cm, une teneur en calcaire actif inférieure à 25% et structure favorable au moins sur 50 cm ou défavorable.

Convient moyennement pour la vesce avoine, le ray-grass, le blé dur, le blé tendre et l'orge, et la fétuque. A exclure les autres cultures.

**I21** : les sols possèdent une profondeur supérieure à 50cm, tout type de texture, un taux en éléments grossiers inférieur à 30%, une hydromorphie nulle, très faible ou faible, une salure inférieure à 4mmhos/cm et un taux de CaCO<sub>3</sub> actif inférieur à 25%. Ces sols conviennent moyennement à toutes les cultures, mais si la texture est très fine il faut exclure la betterave et le tournesol.

**I23** : les sols possèdent une profondeur supérieure à 50cm, tout type de texture, un taux en éléments grossiers inférieur à 30%, une hydromorphie nulle, très faible ou faible, une salure inférieure à 4mmhos/cm et un taux de CaCO<sub>3</sub> actif inférieur à 25%. Ces sols conviennent moyennement à toutes les cultures.

#### **IV.5.5 La catégorie B25 I12 C11 M15**

Il s'agit des sols sans contraintes au préalable, constituant un bon support pour toutes les espèces végétales. Cette catégorie regroupe essentiellement des sols profonds, à texture moyenne à fine, moyennement humifères, faiblement décalcariés et une salinité très faible. Nous avons regroupé dans cette catégorie de vocation, les sols peu évolués alluviaux, et les vertisol modaux ou à caractères vertiques peu accentués

#### **IV.5.2 La catégorie B34 I12 C11 M 15**

Les sols de cette catégorie peuvent constituer un bon support aussi bien pour les spéculations maraîchères les cultures annuelles, fourragères et industrielles et moyennement pour les espèces arboricoles. Nous avons regroupé dans cette catégorie de vocation les bruns calcaires et les peu évolués vertiques ayant des textures très fines, Il s'agit de sols profonds.

#### **IV.5.3 La catégorie I21 C23 M31**

Cette catégorie d'aptitude regroupe les sols qui peuvent constituer un bon support pour les cultures industrielles, céréalières et un support de qualité moyenne pour les cultures maraîchères. Dans cette classe nous avons regroupé les vertisols et les bruns calcaires vertiques.

#### **IV.5.4 La catégorie I23 C23 M25**

Cette catégorie d'aptitude regroupe les sols peu évolués à caractère vertique et halomorphe. Leur aptitude est bonne pour les cultures céréalières fourragères et industrielles et moyennes pour les cultures maraîchères.

#### **IV.5.5 La catégorie I23 C31 M43**

Cette catégorie d'aptitude renferme les sols peu évolués à caractère halomorphe. Leur aptitude est moyenne pour les cultures céréalières et industrielles, médiocre pour les cultures

maraîchères. Les cultures arboricoles sont à exclure.

#### **IV.5.6 La catégorie C22 M31**

Cette catégorie d'aptitude renferme les sols bruns calcaires sur croûte et encroûtement convient moyennement pour les cultures céréalières fourragères et maraîchères. La contrainte relevée dans ces sols est la faible profondeur liée à la présence d'une croûte ou encroûtement.

#### **Conclusion :**

La commune d'Oran est caractérisée par un bioclimat de type semi-aride à hiver doux avec une pluviométrie annuelle insuffisante de 362,5 mm. Ces conditions climatiques sont défavorables au développement de la végétation et des cultures.

En plus ; le caractère torrentiel de certaines pluies, conjugué aux fortes pentes, favorisent et amplifient le phénomène d'érosion.



## **Chapitre V**

# **Détermination des besoins en eau des cultures**

## Introduction

La plante consomme de l'eau qu'elle rejette par transpiration. La demande en eau d'une plante est fonction des conditions climatiques.

Il paraît indispensable de rappeler quelques connaissances essentielles, la plante respire, transpire et se nourrit, ces phénomènes fondamentaux chez la plante, conditionnent la notion de besoin.

## V.1 HYDROLOGIE

La précipitation ayant une probabilité de dépassement de 80% est utilisée dans le dimensionnement d'un réseau d'irrigation. La détermination de cette pluie nous oblige de passer par une étude hydrologique qui consiste de faire un ajustement à notre série pluviométrique à une loi normale et à une loi log normale.

### V1.1. Choix de la station représentative de la zone d'étude

Notre choix se pose sur la station pluviométrique de SENIA. Cela, étant lié à une série de facteurs tel que :

- Localisation géographique, celle-ci étant très proche au périmètre.
- Les relevés de la station s'étalent sur une période d'observation acceptable (38 ans d'observations).
- L'altitude de la station pluviométrique à une valeur proche de l'altitude moyenne de la plaine de M'leta.

Les données météorologiques utilisées dans cette étude ont été fournis par l'ANRH d'Alger.

La station climatique existante, susceptible d'être considérée comme représentative de la région d'étude, et possédante des données fiables.

Tableau V. 1: Pluies moyennes mensuelles observées à la station de SENIA

années	sept	oct	nov	Dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout	annuel
1973	23.3	35	12.7	116	15.1	92	108.3	108	1	10.7	0	0	522.1
1974	9.2	76.2	15.6	0	8.8	46.9	125.7	159.5	22.3	0.3	0	2.4	466.9
1975	11.7	3.1	43.1	32.9	41.4	62	21.5	61	53.2	6.8	3.2	13.5	353.4
1976	33.1	52.4	21.5	54.3	96.1	11.4	15	30.8	53.6	0.8	0.4	0	369.4
1977	0.1	30.8	68.2	11.4	27.8	8.6	20.1	62.6	26.3	3.6	0	0.4	259.9
1978	1.2	43.5	19.2	50	11.7	108.6	15.3	24.1	5.7	1.3	6.7	0.1	287.4
1979	25.5	52.4	18	161.1	53.7	32.6	57.3	13.5	13	3.5	0	0	430.6
1980	8.7	9.7	27.5	140.1	34.8	40.9	20.5	35.5	11.7	20.6	0.2	0.3	350.5
1981	1.5	3.7	0.3	54	38	38.1	22	32	12	21	2.6	1.2	226.4
1982	2.1	25.7	12	58	41.6	38.1	29	12	26.5	11.3	2.3	2.7	261.3
1983	1.2	23.2	26.3	34	42	36	32	12.3	22.1	14.2	2.1	3.1	248.5
1984	5.3	31	28	32	45.5	29.5	25.8	16.2	22	8.9	0	1.2	245.4
1985	2.5	22	31.5	33	47.9	32.4	28	1.5	27	6.2	0.2	1.1	233.3
1986	47	13	38.5	33.5	35.5	36.5	1.4	1.5	10.5	0	22.5	6	245.9
1987	32.1	18.7	27.2	23.6	99.4	18.1	8.5	25.4	29.4	6.4	0	0	288.8
1988	21.3	1.5	29.4	2.6	19.5	37.2	97.7	39.7	21.8	15	0	0	285.7
1989	11.8	6.4	7.7	40.9	145.2	0	29.2	149.8	9	1.9	0	0	401.9
1990	4.8	18	93.9	32.3	58.9	54.3	146	6.2	30.7	2.3	0.1	5.5	453
1991	5.3	28.2	52.1	41	30.2	17.9	107.9	13.4	80	20.2	13.5	0	409.7
1992	0	28.9	20.9	28.7	0.3	74.4	43.5	28.8	18.6	2.3	2.8	0.6	249.8
1993	6.7	42.1	81.9	4.8	41.8	64	5.6	30.3	5.8	0	0	0	283
1994	23.5	40.1	22.7	7.8	14.8	77.1	74	24.1	4.3	12.3	0	9.5	310.2
1995	11.3	7.5	30.7	112.8	64.1	77.6	51.1	23.9	7.2	0	0	0.3	386.5
1996	32.3	4.8	9.6	38.3	58.9	4.6	0	61.6	9.4	0.9	0	6.5	226.9
1997	33	28.7	47.9	21.3	27.6	13.1	30.8	23.4	2.6	4.3	0	5	237.7
1998	33	20.7	45.2	69.8	71.3	63	30	0	0	1.3	0.6	0	334.9
1999	13.1	26.3	125.2	71.3	62	61	11.2	11.8	35.1	0	0	0	294
2000	13.7	44	107.3	17.6	49.1	95.9	0.5	15	28.2	0	0	0	371.3
2001	18.5	23.3	192.5	23.7	1.7	3.8	55.1	50.1	31.1	0	0	15.4	415.2
2002	0	11.3	67.8	0.4	84.3	85.4	8.9	22.9	26.8	0.4	0	10.3	318.5
2003	0	18.6	44.9	68.6	22.7	23.5	16.2	61.8	55.6	0	0	0	311.9
2004	3	36	69.8	68.9	12.5	59.5	23.1	6	0	7.6	0	0	286.4
2005	8.7	5.7	67.8	37.4	74.7	61.2	10.8	24.2	14.4	10.5	0	0	315.4
2006	8.9	0	27	105.6	27.2	34.1	44.3	76.1	0.8	0	0	0	324
2007	23.9	130.5	136.5	15.4	3.5	15.5	4.8	2.3	9.8	14.2	0	0	356.4
2008	82.4	83.7	55.3	109.6	21.7	28.4	13.6	41.4	6.8	0	0	0.5	443.4
2009	55.6	4.1	14.4	35.7	165.5	51.6	61	29.3	7.5	3.7	0	12.6	441
2010	10.5	48.6	35	15.3	25.3	21.2	14.1	45	39.6	10	0	0.6	265.2

Source :ANRH Alger

### V.1.2. Vérification de l'homogénéité de la série

La vérification de l'homogénéité de la série est indispensable avant de passer à l'ajustement.

L'homogénéisation des données est une analyse statistique de l'information aidant à une prise de décision conséquente. Elle consiste à :

- La détection des anomalies dans les série hydrologiques et d'en chercher la cause ;
- La correction de ces anomalies par des méthodes appropriées ;

Nous allons vérifier l'homogénéité de notre série par la méthode de test de la médiane dont le principe est :

- Classer l'échantillon par ordre croissant ;
- Déterminer la médiane Me ;  
Remplacer la série des valeurs non classées par un signe (-) ou un signe (+)  
(-) pour  $X_i \geq Me$  ;
- (+) pour  $X_i < Me$  ;  
Calculons les quantités  $N_s$  et  $T_s$ ,

Après le classement de la série de la plus petite valeur jusqu'à la plus grande, on calcule :

La médiane :

Puisque la série est paire, la médiane est observée en rang  $(N)/2$  c'est-à-dire en rang 19.

Médiane( $X_{50\%}$ ) = 313,65 mm

$T_s$  : Taille de la plus grande série en (+) ou (-).

$N_s$  : Nombre des valeurs supérieures ou inférieures à la médiane.

$N_s = 19$ .

$T_s = 7$ .

Pour que la série soit homogène, les deux conditions suivantes doivent être vérifiées :

$$N_s > \frac{1}{2}(N+1 - u_{1-\frac{\alpha}{2}} \cdot \sqrt{N+1}) = 13,38$$

$$T_s < 3.3 (\log_{10}(N) + 1) = 8.51$$

$$\text{Avec : } \alpha = 5\% \quad u_{1-\frac{\alpha}{2}} = 1.96$$

Les deux conditions sont vérifiées donc **la série est homogène.**

Dans le tableau V.1 nous avons relevé les précipitations de la période qui s'étale de 1973-2010

nous avons remarqué que 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 **HYDROLAB**, ainsi que son diagramme de dispersion et son traitement. Le logiciel fait l'ajustement aux lois théoriques (log normale et normale)

### V.1.3. Ajustement de la série pluviométrique

On soumet la série pluviométrique annuelle de la station de SENIA à l'ajustement à la loi Normale.

#### V1.3.1. Ajustement à la loi Normale:

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

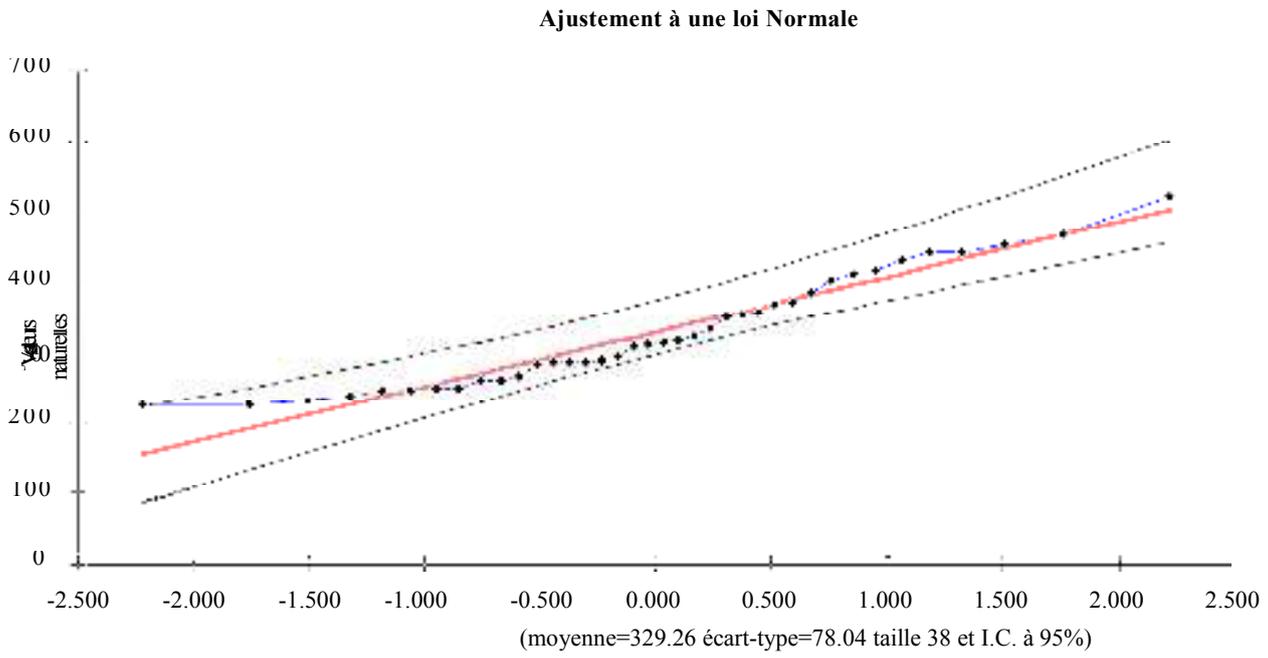
$$F(u) = \frac{1}{\sqrt{2H}} \int \text{Exp}\left(\frac{-1}{2xu2}\right)$$

Les résultats de l'ajustement de la série des pluies annuelles sont regroupés dans le tableau V.2 et la figure V-1 :

Tableau V. 2: Ajustement à la loi normal

Ajustement à une loi de Gauss								
Taille n= 38		Moyenne= 329.257895			I.C. à (en%)= 95		U Gauss= 1.9604	
		Ecart-type= 78.0374637						
Valeurs de départ	Valeurs classées	Ordre de classement	Fréquence expérimentale	Variable réduite	Valeur expérimentale	Valeur théorique	Borne inférieure	Borne supérieure
522.1	226.4	1	0.0132	-2.222	226.4	155.86159	86.3612718	222.92047
466.9	226.9	2	0.0395	-1.757	226.9	192.129004	133.335524	250.58744
353.4	233.3	3	0.0658	-1.508	233.3	211.561246	158.181475	265.869197
369.4	237.7	4	0.0921	-1.328	237.7	225.615708	175.961283	277.191172
259.9	245.4	5	0.1184	-1.183	245.4	236.937483	190.14219	286.512741
287.4	245.9	6	0.1447	-1.059	245.9	246.593335	202.119481	294.628442
430.6	248.5	7	0.1711	-0.950	248.5	255.126924	212.60263	301.945483
350.5	249.8	8	0.1974	-0.851	249.8	262.855661	222.004737	308.703189
226.4	259.9	9	0.2237	-0.760	259.9	269.98246	230.588996	315.055827
261.3	261.3	10	0.2500	-0.674	261.3	276.645884	238.53435	321.109847
248.5	265.2	11	0.2763	-0.593	265.2	282.945502	245.968668	326.942755
245.4	283	12	0.3026	-0.516	283	288.955896	252.987051	332.61357
233.3	285.7	13	0.3289	-0.442	285.7	294.734946	259.662649	338.169024
245.9	286.4	14	0.3553	-0.371	286.4	300.329007	266.053399	343.647459
288.8	287.4	15	0.3816	-0.301	287.4	305.776304	272.206432	349.0814
285.7	288.8	16	0.4079	-0.233	288.8	311.109247	278.16107	354.499337
401.9	294	17	0.4342	-0.165	294	316.356085	283.950932	359.927028
453	310.2	18	0.4605	-0.099	310.2	321.542131	289.605485	365.388486
409.7	311.9	19	0.4868	-0.033	311.9	326.690716	295.151212	370.906795
249.8	315.4	20	0.5132	0.033	315.4	331.825074	300.613724	376.506037
283	318.5	21	0.5395	0.099	318.5	336.973658	306.02329	382.217241
310.2	324	22	0.5658	0.165	324	342.159704	311.403745	388.067004
386.5	334.9	23	0.5921	0.233	334.9	347.406543	316.778243	394.083126
226.9	350.5	24	0.6184	0.301	350.5	352.739485	322.171183	400.296804
237.7	353.4	25	0.6447	0.371	353.4	358.186782	327.609052	406.743894
334.9	356.4	26	0.6711	0.442	356.4	363.780844	333.121494	413.466597
294	369.4	27	0.6974	0.516	369.4	369.559894	338.742712	420.515756
371.3	371.3	28	0.7237	0.593	371.3	375.570288	344.513403	427.954136
415.2	386.5	29	0.7500	0.674	386.5	381.869905	350.483579	435.861245
318.5	401.9	30	0.7763	0.760	401.9	388.533329	356.716835	444.340737
311.9	409.7	31	0.8026	0.851	409.7	395.660129	363.297168	453.532271
286.4	415.2	32	0.8289	0.950	415.2	403.388865	370.340471	463.631616
315.4	430.6	33	0.8553	1.059	430.6	411.922455	378.01532	474.927081
324	441	34	0.8816	1.183	441	421.578307	386.584007	487.871639
356.4	443.4	35	0.9079	1.328	443.4	432.900081	396.493871	503.24385
443.4	453	36	0.9342	1.508	453	446.954543	408.619519	522.575886
441	466.9	37	0.9605	1.757	466.9	466.386785	425.122007	549.677549
265.2	522.1	38	0.9868	2.222	522.1	502.6542	455.31852	601.112983

Fréquence	U.Gauss	Val.théo.	Borne inf.	Borne sup.	Valeur	Fréq. théo.	Pér. Ret.
0.8	01	394.923043	368.004287	428.836585	394.923043	01	0,5
0.5	00	329.257903	303.118785	355.397021	329.257903	01	0,2
0.2	-01	263.592747	229.679204	290.511502	263.592747	00	0,1



**Figure V-1 : Ajustement à une loi normale**

**V.1.3.2. Ajustement à la loi log Normale :**

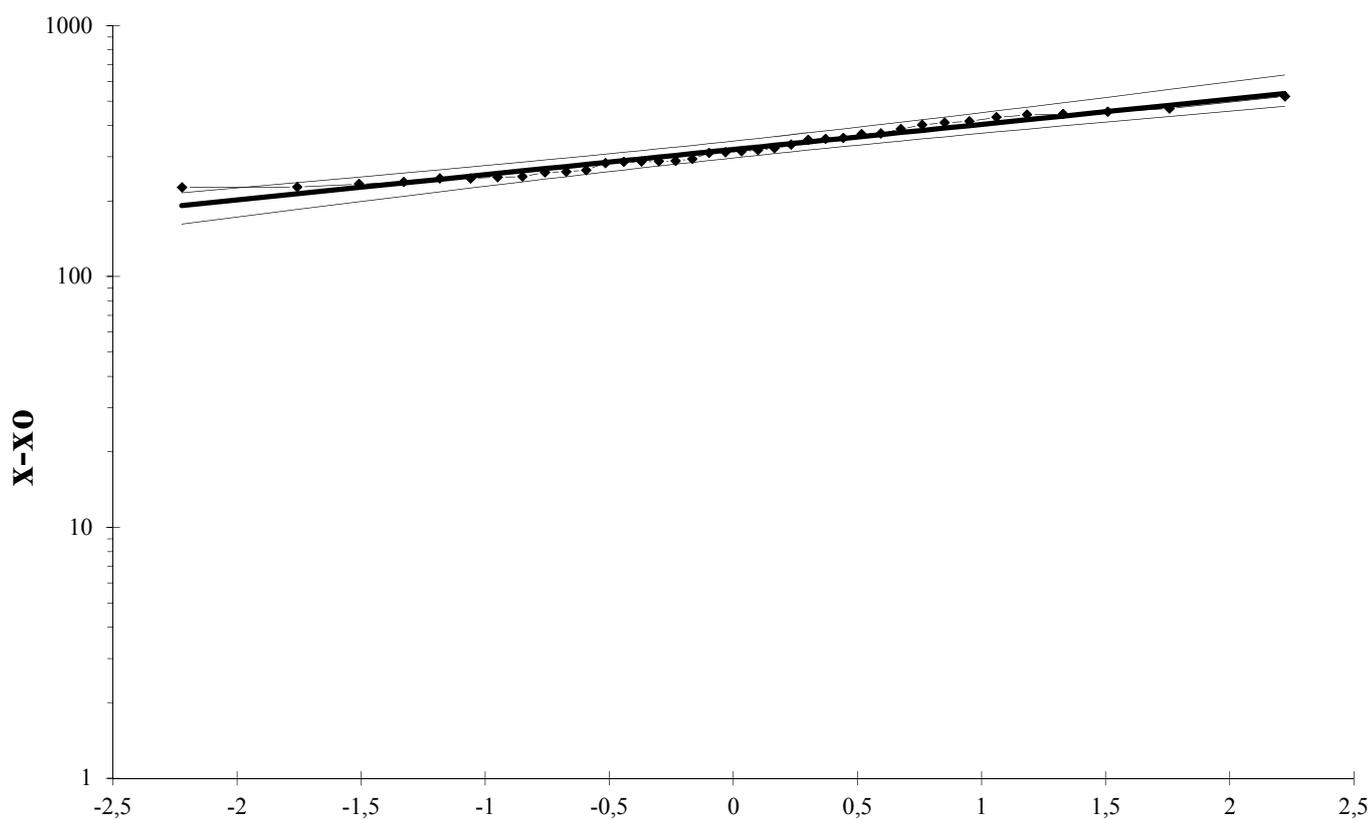
Les résultats de l'ajustement de la série des pluies moyennes annuelles de la station de Senia sont regroupés dans le tableau V.3 et la figure V-2.

**Tableau V. 3:** Ajustement à la loi log normal

<b>Ajustement à une loi Log-normale</b>								
Taille n= 38 x o = 0		Moy.log(x-xo)= 2.506089589 E.T. log(x-xo)= 0.10030829			I.C.à(en%)=95		U Gauss=1.960	
Valeurs de départ	Valeurs classées	Ordre de classement	Fréquence expérimentale	Variable réduite	Valeur expérimentale	Valeur théorique	Borne inférieure	Borne supérieure
522.1	226.4	1	0.013	-2.222	226.4	191.959	161.72	215.73083
466.9	226.9	2	0.039	-1.757	226.9	213.711	184.863	236.60666
353.4	233.3	3	0.066	-1.508	233.3	226.362	198.438	248.80935
369.4	237.7	4	0.092	-1.328	237.7	235.977	208.777	258.14638
259.9	245.4	5	0.118	-1.183	245.4	244.018	217.419	266.01524
287.4	245.9	6	0.145	-1.059	245.9	251.092	225.007	272.99425
430.6	248.5	7	0.171	-0.950	248.5	257.515	231.874	279.3847
350.5	249.8	8	0.197	-0.851	249.8	263.474	238.221	285.36639
226.4	259.9	9	0.224	-0.760	259.9	269.09	244.175	291.05708
261.3	261.3	10	0.250	-0.674	261.3	274.45	249.827	296.53944
248.5	265.2	11	0.276	-0.593	265.2	279.615	255.242	301.87491
245.4	283	12	0.303	-0.516	283	284.633	260.47	307.1114
233.3	285.7	13	0.329	-0.442	285.7	289.544	265.55	312.28792
245.9	286.4	14	0.355	-0.371	286.4	294.378	270.514	317.43754
288.8	287.4	15	0.382	-0.301	287.4	299.162	275.39	322.58938
285.7	288.8	16	0.408	-0.233	288.8	303.922	280.201	327.77002
401.9	294	17	0.434	-0.165	294	308.678	284.967	333.00457
453	310.2	18	0.461	-0.099	310.2	313.453	289.71	338.31753
409.7	311.9	19	0.487	-0.033	311.9	318.266	294.446	343.73359
249.8	315.4	20	0.513	0.033	315.4	323.139	299.197	349.27951
283	318.5	21	0.539	0.099	318.5	328.101	303.987	354.99026
310.2	324	22	0.566	0.165	324	333.176	308.837	360.8979
386.5	334.9	23	0.592	0.233	334.9	338.39	313.769	367.03732
226.9	350.5	24	0.618	0.301	350.5	343.774	318.808	373.44878
237.7	353.4	25	0.645	0.371	353.4	349.361	323.982	380.17967
334.9	356.4	26	0.671	0.442	356.4	355.193	329.324	387.28689
294	369.4	27	0.697	0.516	369.4	361.321	334.875	394.84027
371.3	371.3	28	0.724	0.593	371.3	367.806	340.684	402.92743
415.2	386.5	29	0.750	0.674	386.5	374.728	346.814	411.66099
318.5	401.9	30	0.776	0.760	401.9	382.192	353.347	421.18989
311.9	409.7	31	0.803	0.851	409.7	390.339	360.393	431.71764
286.4	415.2	32	0.829	0.950	415.2	399.371	368.109	443.53372
315.4	430.6	33	0.855	1.059	430.6	409.586	376.726	457.07123
324	441	34	0.882	1.183	441	421.461	386.61	473.02273
356.4	443.4	35	0.908	1.328	443.4	435.823	398.394	492.60344
443.4	453	36	0.934	1.508	453	454.334	413.345	518.26667
441	466.9	37	0.961	1.757	466.9	481.231	434.663	556.327
265.2	522.1	38	0.987	2.222	522.1	535.761	476.724	635.94047

Fréquence	U de Gauss	Valeur théo.	Borne inf.	Borne sup.	Valeur	Fréq. théo.	Pér. Ret.
0.8	01	389.49	359.66	430.61	389.49	01	0,5
0.5	00	320.69	296.82	346.49	320.69	01	0,2
0.2	-01	264.05	238.83	285.95	264.05	00	0,1

## Ajustement à une loi Log-normale



( $x_0=0.00$  Moy. $\log(x-x_0)=2.5061$  E.T.  $\log(x-x_0)=0.1003$   $n=38$  et I.C. à 95%)

### V.1.4. 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  
L'estimation sera pour l'année sèche de fréquence 80%.

Pour trouver la pluviométrie moyenne mensuelle de probabilité 80% on utilise la loi suivante :

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

$$P_{\text{théorique } 80\% \text{ annuelle}} \text{ — } 264.05 \text{ mm .}$$

$$P_{\text{théorique } 50\% \text{ annuelle}} \text{ — } 320.69 \text{ mm .}$$

Les pluies moyennes mensuelles de probabilité 80% sont récapitulées dans le tableau I-4 suivant :

**Tableau V. 4:** Pluviométrie moyenne pour chaque mois en mm.

Mois	sept	oct	nov	dec	Jan	Fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout	Année
Pmoy Mensuelles	16.47	28.93	46.71	47.47	45.32	43.58	37.10	36.39	20.56	5.86	1.51	2.60	329.26
Pmoy mensuelles de 80%	13.56	23.82	38.46	39.09	37.32	35.88	30.55	29.96	16.93	4.83	1.24	2.14	271.11

### V1.5 Calcul de l'évapotranspiration

Le calcul de l'évapotranspiration à été réalisé selon la méthode Penman Monteith (le calcul se fait par le Logiciel cropwat).

Le résultat de ce calcul est donné dans le tableau V.5

Tableau V. 5: Evapotranspiration en mm/jours

Mois	Temp min c°	Temp max c°	Humidité %	Vent m/s	Ensoleillement heures	Radiation M/J/m/j	ET0 mm/j
Jan	5,6	17,2	77,3	2,9	6,2	10,1	1,86
Fev	6,6	18,0	75	2,7	7,3	13,5	2,32
Mars	8,6	20,8	74	3,1	7,9	17,2	3,27
Avr	10,3	22,1	68	4,3	9,2	21,7	4,54
Mais	14,2	24,5	68,7	3,8	9,7	24	5,13
Juin	16,2	26,0	67,3	3,5	10,7	25,9	5,61
Juillet	20	28,5	66,3	3,6	10,7	25,6	6,07
Août	19,3	32	65,7	3,8	10	23,4	6,44
Sep	17,7	29	65,7	2,9	8,9	19,5	4,85
Oct	14,5	23,6	70,7	2,7	7,2	14,3	3,12
Nov	10,3	20,3	77,3	1,4	6,3	10,7	1,66
Dec	7	17,9	78,7	3	5,9	9,2	1,77
Moyenne	12,5	23,3	71,2	3,1	8,3	17,9	3,89

## V.2.Calcul des besoins en eau d'irrigation pour les cultures d'assolement :

Les besoins théoriques mensuels sont déterminés par le bilan hydrique  $B$

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

$B$  : besoin en eau d'irrigation (mm)

ETP : évapotranspiration (mm/jour)

RFU : réserve facilement utilisable

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

$Y$  : degré tarissement

$D_a$ : Densité apparente

$Z$  : profondeur d'enracinement mm  $H_{cc}$

: Humidité à la capacité au champ

$H_{pf}$ : Humidité au point de flétrissement



### V.2.3 Besoins en eau de l'Abricotier:

Tableau V. 8: Besoin en eau de l'Abricotier.

Abricotier												
	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
<b>ETM</b>	43,65	0	0	0	0	38,98	76,03	102,15	143,13	117,81	94,09	69,87
<b>P</b>	13,30	22,90	36,10	36,60	35,10	33,80	29,10	28,50	16,50	4,80	1,20	2,10
<b>RFU</b>	0	0	22,90	59,00	95,60	130,70	125,52	78,59	4,94	0	0	0
<b>B</b>	30,35	0	0	0	0	0	0	0	121,69	113,01	92,89	67,77

### V.2.4 Besoins en eau de Pommier:

Tableau V. 9: Besoins en eau de Pommier.

Pommier												
	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
<b>ETM</b>	72,75	43,52	19,92	19,20	17,30	19,49	40,55	68,10	111,32	134,64	188,17	159,71
<b>P</b>	13,30	22,90	36,10	36,60	35,10	33,80	29,10	28,50	16,50	4,80	1,20	2,10
<b>RFU</b>	0	0	0	16,18	33,58	51,38	65,59	54,14	14,54	30,32	0	0
<b>B</b>	59,45	20,62	0	0	0	0	0	0	80,28	99,52	186,97	157,61

### V.2.5 Besoins en eau de Figuier

Tableau V. 10 : Besoins en eau de Figuier

Figuier												
Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
<b>ETM</b>	43,65	0	0	0	0	0	0	40,86	63,61	100,98	112,90	79,86
<b>P</b>	13,30	22,90	36,10	36,60	35,10	33,80	29,10	28,50	16,50	4,80	1,20	2,10
<b>RFU</b>	0	0	22,90	59,00	95,60	109,80	109,80	109,80	97,44	50,33	0	0
<b>B</b>	30,35	0	0	0	0	0	0	0	0	45,85	111,70	77,76

### V.2.6 Besoins en eau de Tabac

Tableau V. 11: Besoins en eau de Tabac

Tabac												
Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
<b>ETM</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	55,66	126,23	188,17	139,75
<b>P</b>	13,30	22,90	36,10	36,60	35,10	33,80	29,10	28,50	16,50	4,80	1,20	2,10
<b>RFU</b>	0	13,30	36,20	72,30	108,90	109,80	109,80	109,80	109,80	70,64	0	0
<b>B</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50,79	186,97	137,65

### V.2.7 Besoins en eau de Tournesol

Tableau V. 12: Besoins en eau de Tournesol

Tournesol												
						<del>M</del> S						
						<del>ETM</del>						
						<del>RFU</del>						
<b>RFU</b>	0	13,30	36,20	72,30	108,90	109,80	109,80	109,80	109,80	30,88	0	0
<b>B</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	82,13	186,97	157,61

### V.2.8 Besoins en eau de Sorgho fourrager

Tableau V. 13 : Besoins en eau de Sorgho fourrager

sorgho fourrager												
						<del>M</del> S						
						<del>ETM</del>						
						<del>RFU</del>						
<b>RFU</b>	0	13,30	36,20	72,30	108,90	109,80	109,80	109,80	109,80	46,79	0	0
<b>B</b>	103,10	0	0	0	0	0	0	0	0	83,06	224,60	197,54

### V.2.9 Besoins en eau de l'Orge

Tableau V. 14: Besoins en eau de l'Orge

orge												
Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
<b>ETM</b>	0	0	17,43	19,20	34,60	45,47	111,51	163,44	174,93	100,98	0	0
<b>P</b>	13,30	22,90	36,10	36,60	35,10	33,80	29,10	28,50	16,50	4,80	1,20	2,10
<b>RFU</b>	3,30	16,60	39,50	58,17	75,57	76,07	64,40	0	0	0	0	1,20
<b>B</b>	0	0	0	0	0	0	18,01	134,94	158,43	96,18	0	0

### V.2.10 Besoins en eau de l'avoine

Tableau V. 15 : Besoins en eau de l'avoine

Avoine												
Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
<b>ETM</b>	0	0	17,43	19,20	28,83	45,47	111,51	163,44	174,93	100,98	0	0
<b>P</b>	13,30	22,90	36,10	36,60	35,10	33,80	29,10	28,50	16,50	4,80	1,20	2,10
<b>RFU</b>	3,30	16,60	39,50	58,17	75,57	81,84	70,16	0	0	0	0	1,20
<b>B</b>	0	0	0	0	0	0	12,24	134,94	158,43	96,18	0	0

## V.2.11 Les Besoins mensuels totaux en eau des cultures

Tableau V. 16: Les Besoins mensuels totaux en eau des cultures

besoins en eau totaux												
Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
Olivier	88,55	35,13	0	0	0	0	4,10	53,22	94,82	146,67	205,79	217,50
Pecher	59,45	15,79	0	0	0	0	0	44,95	102,77	146,67	168,15	97,72
abricotier	30,35	0	0	0	0	0	0	0	121,69	113,01	92,89	67,77
Pommier	59,45	20,62	0	0	0	0	0	0	80,28	99,52	186,97	157,61
Figuier	30,35	0	0	0	0	0	0	0	0	45,85	111,70	77,76
Tabac	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50,79	186,97	137,65
tournesol	0	0	0	0	0	0	0	0	0	82,13	186,97	157,61
sorgho fourrager	103,10	0	0	0	0	0	0	0	0	83,06	224,60	197,54
Orge	0	0	0	0	0	0	18,01	134,94	158,43	96,18	0	0
Avoine	0	0	0	0	0	0	12,24	134,94	158,43	96,18	0	0
<b>TOTAL</b>	371,25	71,54	0	0	0	0	34,35	368,05	716,43	960,05	1364,04	1111,17

Tableau V. 17: besoins totaux en m<sup>3</sup> :

cultures	Besoins annuels (mm)	Superficies occupées (ha)	Besoins annuels (m <sup>3</sup> )
Olivier	845,78	325,99	2757161,48
Pêcher	635,50	110,67	703312,83
abricotier	425,71	168,57	717612,604
pommier	604,46	128,04	773946,743
figuier	265,66	143,78	381965,948
tabac	375,40	254,60	955777,311
tournesol	426,71	147,54	629567,934
Sorgho	608,30	116,06	705991,819
Orge	407,56	205,85	838967,41
avoine	401,80	56,90	228622,209
<b>Total</b>			8692926,29

### V.2.12 Comparaison entre le volume fournie par la STEP et les besoins des cultures:

la STEP fournie un volume annuel de 73511000 m<sup>3</sup>, et le besoin total de notre secteur est de 8692926.29m<sup>3</sup> en moyen annuel.

donc on remarque que la STEP est capable de satisfaire les besoins de notre périmètre sans problème.

### V.2.13 Calcul des besoins en eau pour le secteur M9:

Tableau V. 18: Besoins en eau du secteur M9 en mm

besoins en eau totaux du secteur M9												
Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
Olivier	88,55	35,13	0	0	0	0	4,10	53,22	94,82	146,67	205,79	217,50
Pecher	59,45	15,79	0	0	0	0	0	44,95	102,77	146,67	168,15	97,72
abricotier	30,35	0	0	0	0	0	0	0	121,69	113,01	92,89	67,77
Pommier	59,45	20,62	0	0	0	0	0	0	80,28	99,52	186,97	157,61
<b>Total</b>	237,8	71,54	0	0	0	0	4,1	98,17	399,56	505,87	653,8	540,6

### V.2.14 Besoins en eau totaux du secteur M9 en m<sup>3</sup>:

Tableau V. 19: Besoins en eau du secteur M9 en m<sup>3</sup>

Cultures	Besoins annuels (mm)	Superficies occupées (ha)	Besoins annuels (m <sup>3</sup> )
Olivier	845,78	78,31	66233,03
Pêcher	635,50	44,46	28254,33
abricotier	425,71	38,4	16347,26
pommier	604,46	64,1	38745,89
<b>Total</b>			149580,51

### V.3 Calcul du débit spécifique pour le secteur M9:

#### V.3.1 Débits spécifiques :

Le but est de définir les débits nécessaires que le système d'irrigation doit véhiculer pour répondre à la demande en eau des cultures. Les débits spécifiques sont définis d'après les besoins en eau de chaque culture, évalués précédemment à partir de la répartition culturale. Ces débits spécifiques sont définis par la formule [2-7] et permettront de déterminer les débits à la parcelle et à l'entête de l'entité d'étude.

$$Q_{sp} = B_{pointe} \cdot 0,00386 / K$$

Tel que:

$B_{pointe}$ : les besoins de pointe

$Q_{sp}$ : Débit spécifique.

$K$ : Coefficient d'efficacité globale du système d'irrigation | 0,75 .

**Tableau V. 20:** débits spécifiques des différentes Modèles.

Modèles	besoin	Mois	Débit de pointe (l/s/ha)
Pêcher	168,15	juillet	0,87
Pommier	186,97	juillet	0,96
abricotier	121,69	mai	0,63
olivier	217,50	aout	1,12
<b>Débit moyen du modèle l/s/ha</b>			0,89

Le débit de pointe pris en considération pour le calcul hydraulique des canalisations est celui de la culture la plus exigeant 1,12 (l/s/ha), correspondant au mois de juillet. Le débit de pointe moyen du modèle pris en considération lors du dimensionnement des ouvrages annexes, est de l'ordre de **0,9** (l/s/ha).

### Conclusion

Ce chapitre est destiné pour la détermination des besoins en eau des cultures de l'assolement, pour cela nous sommes passés par une étude hydrologique qui nous a permis de déterminer l'année de calcul et les besoins en eau des cultures.

## **Chapitre VI**

# **Dimensionnement du réseau d'irrigation**

### **Introduction:**

Dans Ce chapitre nous allons dimensionner le réseau de distribution ainsi que le réseau d'irrigation après avoir choisi la technique compatible avec les types des cultures et la qualité des eaux d'irrigation en déterminant les diamètres ainsi que les longueurs et les débits qui passent par ces conduites.

### **VI.1 Réseau d'adduction:**

Nous rappelons par ailleurs que par réseau d'adduction, nous désignons la partie du réseau servant exclusivement à transférer l'eau (par pompage ou gravitairement). Ce volet englobera bien évidemment les sites de stockage – lagunage ainsi que les réservoirs et Les stations de pompage.

#### **VI.1.1 Description du schéma d'adduction:**

Dans notre étude nous sommes intéressés par le secteur sud de la plaine de Mleta qui est d'une superficie de 1658 ha. Le réseau d'adduction de ce périmètre a une liaison directe avec les autres secteurs de cette plaine.

La plaine de M'leta est d'une superficie de 8.100 ha, il a été convenu d'aménager cette plaine par deux tranches:

- Une 1ère tranche s'étalant sur environ 5.000 ha
- Une 2ème tranche comportant les 3100 ha restants.

Notre secteur est situé dans la tranche N° 02 .

Le principe du schéma retenu dans notre projet est, le schéma d'aménagement par lequel on va irriguer la totalité de la surface de notre périmètre.

- le site 1 conçu comme site de lagunage-stockage. Toute l'eau distribuée passe par le lagunage puis par le stockage. Ce site jouera également le rôle d'interface de contrôle de la qualité des eaux en provenance de la STEP. Il est alimenté par une station de pompage principale qui refoule les eaux usées épurées prélevées à la sortie de la STEP.
- à partir de ce site les eaux vont être refoulées jusqu'à la station de pompage SMH sur une longueur de 12448 m ,via la station de pompage SPB installée à la sortie du lagunage .
- notre secteur sud qui est d'une superficie équipée de 1658 ha, desservi gravitairement à partir du brise charge moyen RM2 calé à la cote 195 m NGA. Le brise charge sera alimenté à partir de la station de pompage SMH par une conduite de refoulement d'une 3040m de longueur.

Le graphique suivant illustre schématiquement les différentes interconnexions entre les infrastructures de chaque tranche.

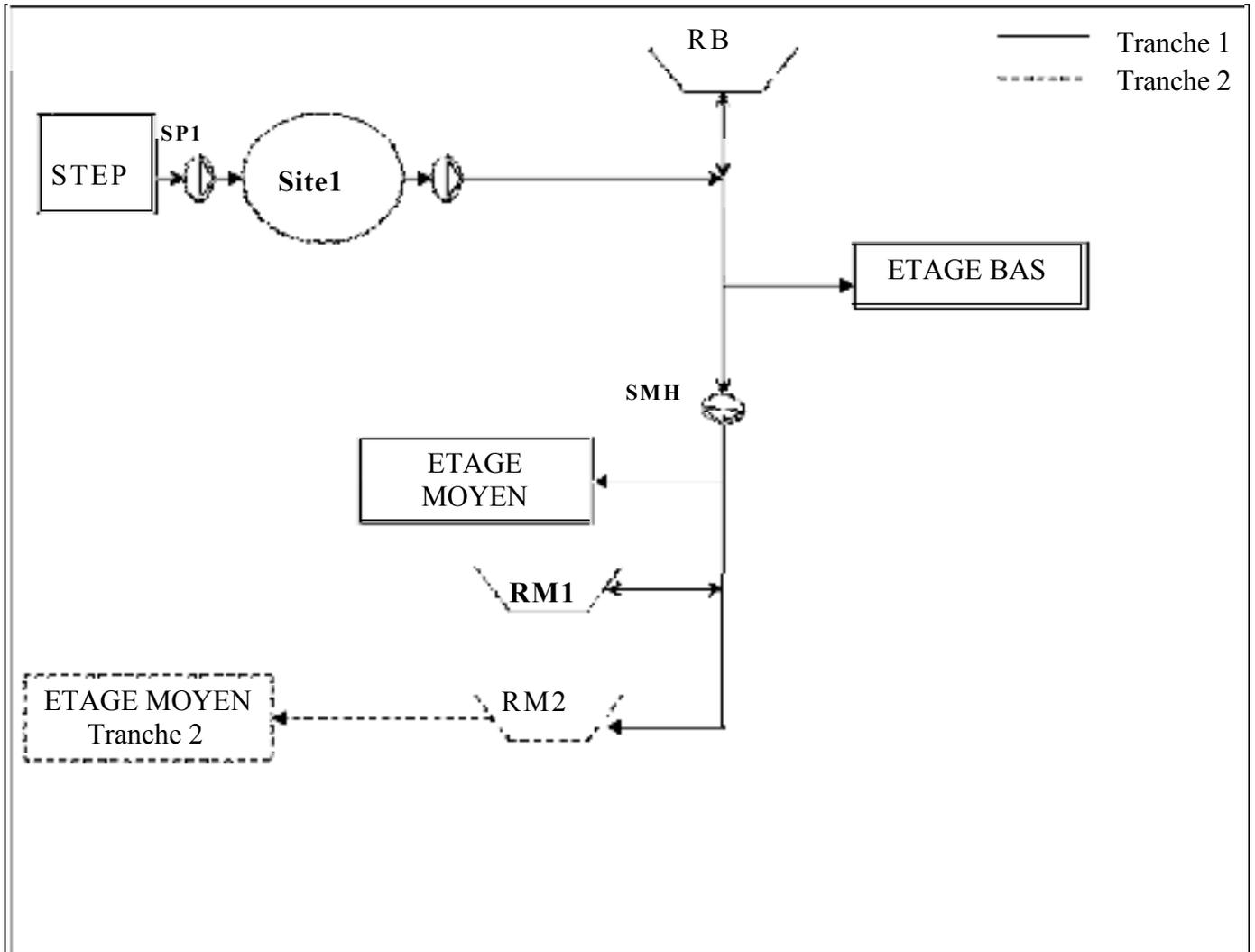


Figure VI. 1: différentes interconnexions entre les infrastructures de chaque tranche.

## VI.2 Bassin d'irrigation:

Ce réservoir dominant la deuxième tranche de l'étage Moyen, sera alimenté à partir de la station de pompage SMH.

### Caractéristiques générales

Les principales caractéristiques dimensionnelles, ainsi que le calage du réservoir sont présentées ci-après brièvement:

- Dimension au fond : 45,2 m x 45,2 m
- Pente du talus interne : 2/1
- Dimension en crête : 45,8 m x 45,8 m
- Hauteur totale : 5,8 m
- cote radier : 189,70 m NGA
- cote PHE normale : 195,00 m NGA
- cote PHE exceptionnelle : 195,35 m NGA
- cote crête : 195,50 m NGA
- Volume total à la crête : 7.045 m<sup>3</sup>
- Volume total PHE exceptionnelle : 6.735 m<sup>3</sup>
- Volume total PHE Normale : 6.040m<sup>3</sup>
- Volume tranche morte (30 cm) : 160 m<sup>3</sup>
- Volume net de stockage : 5.880 m<sup>3</sup>

## VI.3 Dimensionnement du réseau de distribution :

L'acheminement des eaux épurées vers les différentes parcelles s'effectue par gravité à l'aide de conduites en PEHD, le périmètre se compose de 12 ilots avec des surfaces variant de 7,08 ha à 28.39 ha, voir planche N°4.

On a adopté 04 classes de bornes d'irrigation dont chaque borne est dotée d'un débit selon la superficie de la parcelle, les caractéristiques de chaque borne est représenté dans le tableau VI.1, ainsi que les caractéristiques des tronçons qui sont représentés dans le tableau VI.2. Le Calcul a été fait à l'aide du logiciel Epanet dont les figures VI.2 et VI.3 représentent successivement la distribution des vitesses et des pressions ainsi que la répartition des pressions et des diamètres dans le réseau.

Tableau VI. 1: Caractéristiques des nœuds et bornes d'irrigation

<b>Numéro des Nœuds</b>	<b>Côte (m)</b>	<b>Débit a la borne (l/s)</b>	<b>Pression (mce)</b>
<b>9M1</b>	160,20	13,6899	16,82
<b>9M2</b>	152,00	31,0539	21,13
<b>9M3</b>	147,90	24,8832	23,48
<b>9M4</b>	151,60	49,0048	16,81
<b>9M5</b>	152,30	56,4039	15,99
<b>9M6</b>	145,50	11,8944	24,19
<b>9M7</b>	145,20	14,6832	23,64
<b>9M8</b>	142,00	10,5021	23,16

Tableau VI. 2: Caractéristiques des conduites de distribution

<b>Nœud de départ</b>	<b>Nœud d'arrivé</b>	<b>Longueur (m)</b>	<b>Diamètre (mm)</b>	<b>Matériaux</b>	<b>Débit (l/s)</b>	<b>Vitesse (m/s)</b>
<b>M9</b>	<b>9M1</b>	50	<b>500</b>	PEHD	212,1154	<b>1,08</b>
<b>9M1</b>	<b>9M2</b>	900	<b>400</b>	PEHD	198,4255	<b>1,58</b>
<b>9M2</b>	<b>9M3</b>	555	<b>400</b>	PEHD	167,3716	<b>1,33</b>
<b>9M3</b>	<b>9M4</b>	690	<b>315</b>	PEHD	142,4884	<b>1,35</b>
<b>9M4</b>	<b>9M5</b>	30	<b>250</b>	PEHD	93,4836	<b>1,15</b>
<b>9M3</b>	<b>9M6</b>	295	<b>200</b>	PEHD	37,0797	<b>1,18</b>
<b>9M6</b>	<b>9M7</b>	100	<b>160</b>	PEHD	25,1853	<b>1,25</b>
<b>9M7</b>	<b>9M8</b>	655	<b>125</b>	PEHD	10,5021	<b>0,86</b>

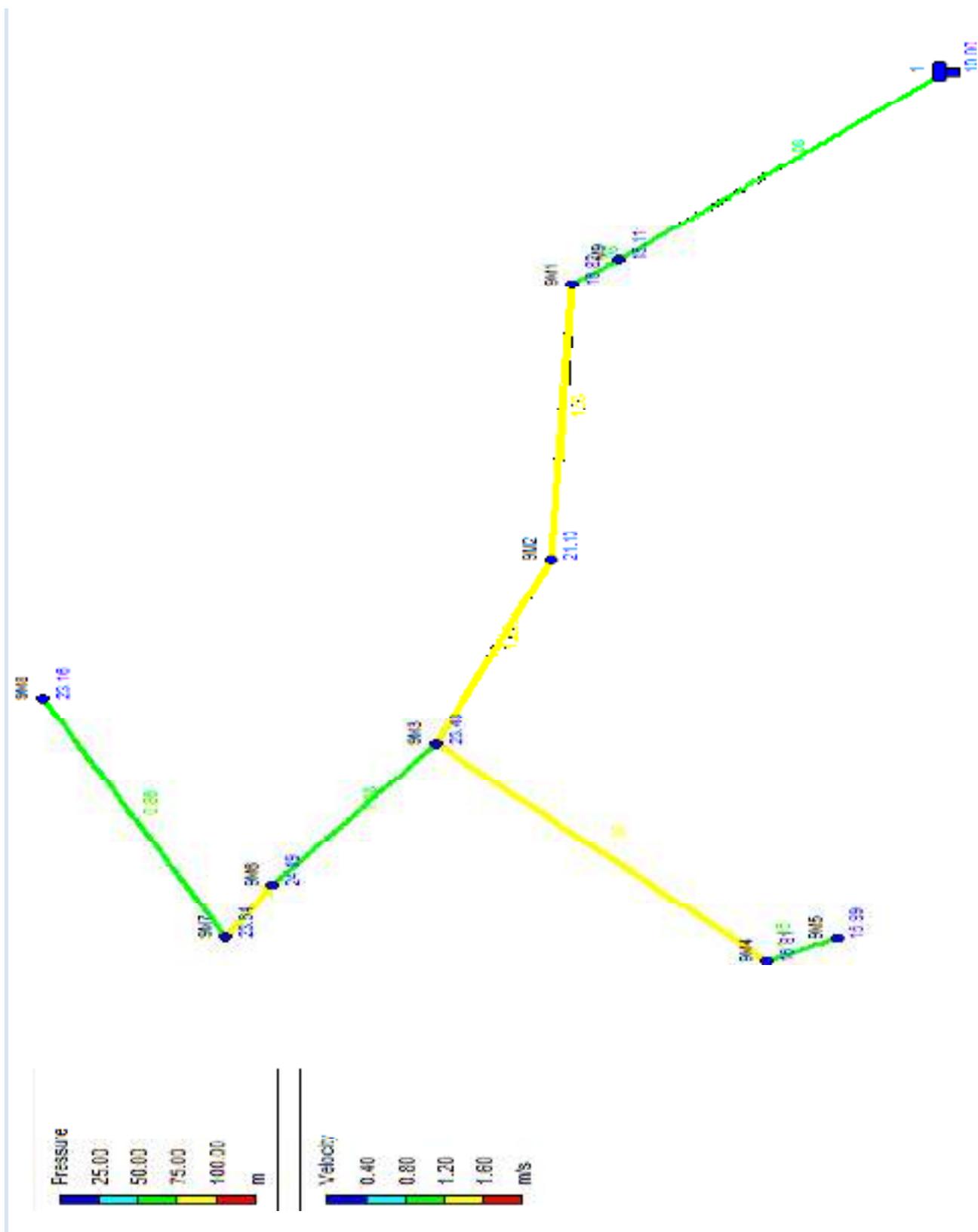


Figure VI. 2: Représentation du réseau de distribution avec pressions et vitesses.

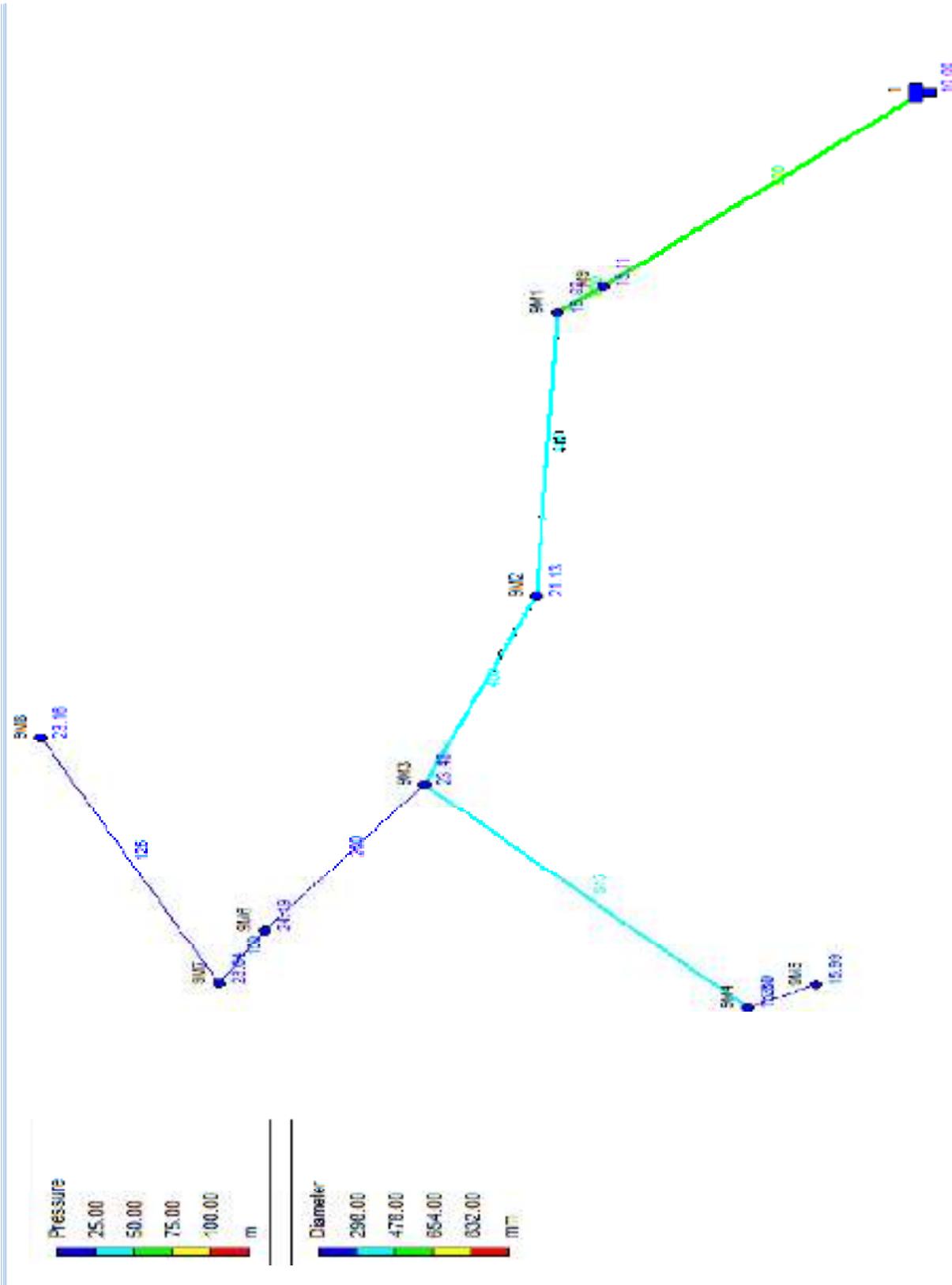


Figure VI. 3: Représentation du réseau de distribution avec pressions et diamètres

## **VI.2 Le choix de la technique d'arrosage**

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.

Les différentes techniques d'arrosage rencontrées dans le monde peuvent être ramenées à 03 grands types :

- Irrigation gravitaire ;
- Irrigation par aspersion ;
- Irrigation localisée.

### **VI.2.1 Irrigation gravitaire**

Le ruissellement de l'eau créer par la pente du terrain naturel humecte le sol par percolation à travers ses pores. Cependant l'action des deux forces gravitationnelle et capillaire sur l'eau dans le sol la laisse en mouvement ce qui donne sa répartition dans le sol.

Parmi les techniques d'arrosages gravitaires on distingue:

#### **VI.2.1.1 l'arrosage par ruissellement (par planches ou par calant)**

L'irrigation par planches ou par calant sont des sous classes de l'irrigation par ruissellement. Le principe consiste à faire couler sur le sol une mince lame d'eau qui s'infiltrera verticalement jusqu'à l'humidification de la tranche voulue du sol.

#### **VI.2.1.2 l'arrosage par infiltration (à la raie)**

C'est une méthode qui consiste à faire distribuer l'eau par des rigoles ou raies avec un débit relativement faible comparativement aux autres procédés. Dans cette méthode, une partie seulement du sol qui reçoit directement l'eau, le reste est humecté par infiltration latérale.

#### **VI.2.1.3 L'arrosage par submersion**

Le principe consiste à donner au sol une couche d'eau plus au moins épaisse, qu'on laisse s'ajourner pendant le temps nécessaire pour qu'elle pénètre par infiltration à la profondeur utile permettant ainsi au sol de mettre en réserve l'eau indispensable au développement des cultures.

#### **VI.2.1.4 Avantages de l'irrigation par gravité**

- Coût moins élevé par rapport aux autres procédés ;
- Pas d'équipements de mise en surpression de l'eau ;
- Matériel d'irrigation très réduit.

#### **VI.2.1.5 Inconvénients de l'irrigation par gravité**

- Grand volume d'eau par unité de surface ;
- Déplacement des engins agricoles est difficile (à cause des rigoles) ;
- Nécessité d'une main d'œuvre importante;
- Nécessité de planage des terres ;



- Pertes par infiltration considérables.

## **VI.2.2 Irrigation par aspersion**

L'eau parvient aux cultures sous forme de pluies artificielles grâce à des appareils alimentés en eau sous pression appelés asperseurs.

### **VI.2.2.1 Avantages de l'irrigation par aspersion**

- Ne nécessite aucun aménagement préalable de la surface à irriguer;
- Augmentation du coefficient d'utilisation des terres ;
- Permet une économie d'eau importante;
- Met à la disposition des exploitants des conditions d'arrosage très simples ;
- Nécessite moins de main d'œuvre ;
- Possibilité d'automatisation du système ;
- Assure une forte oxygénation à l'eau.

### **VI.2.2.2 inconvénients de l'irrigation par aspersion**

- Coût des investissements très élevé ;
- Favorise l'évapotranspiration en période sèche ;
- L'uniformité de l'arrosage se dégrade en cas de vents dépassant les 4 à 5 m/s.

## **VI.2.3 Irrigation par apports localisés**

L'eau est distribuée à la surface du sol par des goutteurs qui fournissent un débit faible pendant une longue durée.

### **VI.2.3.1 Avantages de l'irrigation localisée (goutte à goutte)**

- Une économie d'eau très importante ;
- Une économie de mains d'œuvre (système fixe) ;
- La non sensibilité aux vents forts ;
- Elle permet un dosage régulier en engrais ;
- L'humidité au voisinage des racines reste élevée.

### **VI.2.3.2 Inconvénients de l'irrigation localisée ne (goutte à goutte)**

- Risque d'obstruction des goutteurs ;
- Risque de salinisation ;
- Nécessite une main d'œuvre qualifiée;
- Coût élevé ;
- Contrôle difficile des goutteurs.



### VI.3 Choix du système d'irrigation

L'irrigation localisée (goutte à goutte) est non seulement compatible avec les objectifs d'économie d'eau, ou égard à la rareté de cette ressource dans la zone, mais constitue une exigence compte tenu de la nature des eaux (eaux usées épurées avec les quelles l'irrigation de surface est fortement déconseillée afin de minimiser les risques sanitaires liés au contact direct des humains avec l'eau).

En outre, de tel système d'irrigation (qui peut être plus ou moins automatisé et qui nécessite peu de main d'œuvre), est plus aisément introductible dans des zones où l'irrigation n'est pas une «tradition».

L'irrigation gravitaires à la parcelle est plus complexe à maîtriser et nécessite un certain professionnalisme des irrigants.

Ainsi, nous recommandons d'opter pour l'irrigation sous pression à la parcelle. Le goutte à goutte est à la pratique systématiquement sur l'arboriculture.

### VI.4 Dimensionnement du réseau d'irrigation localisée :

#### VI.4.1 Données générales

**Cultures :**

**Oliviers**

- Espacement entre arbres: 5m
- Espacement entre arbres rangs: 5m
- Caractéristique de goutteur
- Débit nominale: 4l/h
- Pression nominale: 10mce
- Espacement des goutteurs : 1m

**Caractéristiques des conditions climatiques**

Besoin en eau journaliers 6,7mm/j

🚦 **Caractéristique des données de bases**

Temps maximum journaliers de travail                      8h/24h

🚦 **Détermination des données de bases**

Surface totale à irriguée                      s (t)=28,10 ha.

#### VI.4.2 Besoins d'irrigation des cultures en irrigation localisée :

##### VI.4.2.1 Influence du taux de couverture du sol :

Principalement l'irrigation localisée pour les cultures en ligne où une partie seulement de la surface est occupée par les plantes ; donc les chiffres des besoins en eau déterminés par les méthodes où toute la surface est considérée à irriguée doivent être multipliés par un coef de réduction «K<sub>r</sub>» dépendant du taux de couverture «C<sub>r</sub>»

Le coef K<sub>r</sub> est donné par plusieurs formules comme :

- La formule de Keller et Karmeli (1974) :

$$K_r = \frac{C_r}{0.85} \quad \text{Plafonné à}$$

- 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 adultes) donc :

$$K_r = 0.71 \text{ Selon Keller et Karmeli ;}$$

$$K_r = 0.80 \text{ Selon Freeman et Garzoli ;}$$

$$K_r = 0.70 \text{ Selon Decroix (CTGREF).}$$

On prend le ( $K_r = 0.71$ ),

Irrigation traditionnelle demanderait pour le mois de pointe et  $M_{\text{pointe}} = 6,7 \text{ mm/jour}$

(Tableau des besoins en eau). En irrigation localisée les besoins se réduisent à

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

$$ETM_r = 6,7 * 0,71 = 4,76 \text{ mm}$$

#### VI.4.2.2 Réserve facilement utilisable RFU :

$$RFU = (H_{cc} - H_{pf}) * Z * P / 100 = RFU$$

$H_{cc}$  = humidité volumique du sol à la capacité aux champs.

$H_{pf}$  = humidité volumique du sol au point de flétrissement.

$Z$  = profondeur du sol considéré (zone racinaire) en m

$P$  = volume du sol humidifié exprimé en pourcentage du volume total.

$P$  est donné par la relation suivante :

$$P = \frac{n \cdot S_{pd} \cdot S_h}{S_a \cdot S_r}$$

$n$  : Nombre de pointe de distribution par arbre;

$Spd$  : Distance entre deux points de distribution voisins du même arbre;

$Sh$  : Largeur de la bande humidifiée;

$Sr$  : Ecartement entre rangs d'arbre;

$Sa$  : Espacement des arbres sur les rangs.

$P\%$ : Pourcentage du sol humidifié.

$Z = 1,2 \text{ m}$  pour les olivier

$Z$  : profondeur d'enracinement

Donc  $RU = 246.96 \text{ mm}$

$H_{cc} = 33\%$

$da = 1,47$

$H_{pf} = 19\%$

$RY = \frac{2}{3}$  Y : degré de tarissement admis

$$RFU = \frac{2}{3} * 246.96 = 164.6 \text{ mm}$$

### VI.4.2.3 Pourcentage de sol humidifié :

$$q_g = 4l/h$$

$$e_g = 1m$$

$$e_r = 5m$$

D'après l'annexe (7) : P=32%

### VI.4.2.4 Dose nette :

$$D_{nette} = RFU * P = 164.6 * 0,32 = 52,67mm$$

### VI.4.2.5 Dose brute :

C'est le volume d'eau d'irrigation nécessaire en pratique  $B_{net}$  et  $B_{brut}$  sont liées par l'équation suivante la dose brute d'arrosage dépend en fait de l'uniformité de l'irrigation et de l'efficacité du réseau

$$D_{brut} = \frac{D_{nette}}{C_u * Eff} \quad \text{Donc} \quad D_{brut} = \frac{52.67}{0,9 * 0,9} = 65.02mm$$

$C_u$  : coefficient d'uniformité  $C_u=90\%$

$Eff$ =efficacité du réseau d'irrigation  $Eff=90\%$

### VI.4.2.6 Fréquence d'arrosage :

la fréquence ou espacement entre deux arrosages. Cette valeur dépend de la transpiration journalière moyenne dans la période de pointe des cultures et de la dose appliquée à chaque arrosage.

$$f = \frac{D_{nette}}{ETM_r} = \frac{65,02}{4.76} = 13,66 \text{ jours} \quad \text{donc on prend } f=14 \text{ jours et on corrige la dose}$$

d'irrigation

$$D_{nette} = f * ETM_r = 14 * 4.76 = 66.64$$

### VI.4.2.7 La durée d'arrosage :

$$t = \frac{b_{brut} * E_g * E_r}{q_g} = \frac{65,02 * 1 * 5}{8} = 40,64 \text{ heures}$$

$$t : \text{Irrigation} / \text{jour} \rightarrow \frac{41}{8} = 5,125 \text{heurs}$$

Ecartement des lignes  $E = 5m$ . On a le choix entre différents goutteurs de débits varie  $q = (1 : 2 : 4 : 6 : 8) l/h$ .

## cultures

### VI.4.3 Choix des goutteurs dans la zone d'étude et la densité des

Pour nos culture en utilise généralement 2 goutteurs de débits de 4l/s.

Pour chaque poste on doit déterminer les paramètres de calcule qui sont :

#### VI.4.3.1 Calcul pour le poste 01 : $S_1 = 6,6ha$

La longueur de la rampe :  $L_{poste} = L_r = 250m$  (voir la planche N°5)

La longueur de la conduite principale : 485m

La longueur de la porte rampe 250m

##### VI.4.3.1.1 Le nombre d'arbre par rampe :

$$N_{arbres} = \frac{L_r}{E_r} = \frac{250}{5} = 50arbres$$

##### VI.4.3.1.2 Nombre des goutteurs par rampe :

$$N_g = N_{arbres} * n \quad \text{Donc } N_g = 50 * 2 = 100goutteurs$$

Avec  $N_{arbres}$  : Nombre des arbres

##### VI.4.3.1.3 Le nombre des rampes :

$$N_{rampe} = \frac{L_{pr}}{E_r} = \frac{250}{5} = 50rampes$$

Avec  $L_{pr}$  : Longueur de la porte rampe

##### VI.4.3.1.4 Débit de la rampe :

$$Q_r = N_g * Q_g$$
$$Q_r = 100 * 4 = 400l / h$$

##### VI.4.3.1.5 Débit de la porte rampe :

$$Q_{pr} = Q_r * N_r$$
$$Q_{pr} = 400 * 50 = 20000l / h = 20m^3 / h$$

#### VI.4.3.2 Calcul pour le poste 02 : $S_2 = 6,6ha$

La longueur de la rampe :  $L_{poste} = L_r = 250m$  (voir la planche N°5)

La longueur de la porte rampe 250m

##### VI.4.3.2.1 Le nombre d'arbre par rampe :

$$N_{arbres} = \frac{L_r}{E_r} = \frac{250}{5} = 50arbres$$

##### VI.4.3.2.2 Nombre des goutteurs par rampe :

$$N_g = N_{arbres} * n \quad \text{Donc } N_g = 50 * 2 = 100goutteurs$$

Avec  $N_{arbres}$  : Nombre des arbres

#### VI.4.3.2.1 Le nombre d'arbre par rampe :

$$L_r = \frac{250}{5} = 50 \text{ arbres}$$

#### VI.4.3.2.2 Nombre des goutteurs par rampe :

$$N_g = N_{\text{arbres}} * n \quad \text{Donc } N_g = 50 * 2 = 100 \text{ goutteurs}$$

Avec  $N_{\text{arbres}}$  : Nombre des arbres



**VI.4.3.2.3 Le nombre des rampes :**

$$N_{rampe} = \frac{L}{L_{pr}} = \frac{250}{5} = 50 \text{ rampes}$$

Avec  $L_{pr}$  : Longueur de la porte

**VI.4.3.2.4 Débit de la rampe**

:

$$Q_r = N_g * Q$$

$$Q_r = 100 * 4 = 400 \text{ l / h}$$

**VI.4.3.2.5 Débit de la porte rampe:**

$$Q_{pr} = Q_r * N_r$$

$$Q_{pr} = 400 * 50 = 20000 \text{ l / h} = 20 \text{ m}^3 / \text{h}$$

**VI.4.3.3 Calcul pour le poste03:  $S_3 =$**

7,5ha

La longueur de la rampe:  $L_{poste} = L_r = 250\text{m}$  (voir la planche N°5)

La longueur de la porte rampe  $L_{pr}=285\text{m}$

**VI.4.3.3.1 Le nombre d'arbre par rampe :**

$$N_{arbres} = \frac{L_r}{L_{pr}} = \frac{250}{5} = 50 \text{ arbres}$$

**VI.4.3.3.2 Nombre des goutteurs par rampe**

$$N_g = N_{arbres} * n = 50 * 2 = 100 \text{ goutteurs}$$

Avec  $N_{arbres}$  : Nombre des arbres

**VI.4.3.3.3 Le nombre des rampes :**

$$N_{rampe} = \frac{L}{L_{pr}} = \frac{285}{5} = 57 \text{ rampes}$$

Avec  $L_{pr}$  : Longueur de la porte rampe

**VI.4.3.3.4 Débit de la rampe :**

$$= N_g * Q$$

$$Q_r = 100 * 4 = 400 \text{ l / h}$$

**VI.4.3.3.5 Débit de la porte rampe :**

$$Q = N_r * N_r$$

50arbres

400

e rampe

VI.4.3.3.4 Débit de la rampe :

$Q_{pr}$   
Qr

$$Q$$
$$400 * 57 = 22800l / h = 22,8m^3 / h$$



**VI.4.3.4 Calcul pour le poste 04 :  $S_4 = 7, 2ha$**

La longueur de la rampe:  $L_{poste} = L_r = 250m$  (voir la planche N°5)

La longueur de la porte rampe  $275m$

**VI.4.3.4.1 Le nombre d'arbre par rampe :**

$$N_{arbres} = \frac{L_r}{r} = \frac{250}{5} = 50 \text{arbres}$$

**VI.4.3.4.2 Nombre des goutteurs par rampe :**

$$N_g = N_{arbres} * n \quad \text{Donc } N_g = 50 * 2 = 100 \text{goutteurs}$$

Avec  $N_{arbres}$  : Nombre des arbres

**VI.4.3.4.3 Le nombre des rampes :**

$$N_r = \frac{L_{pr}}{L_{rampe}} = \frac{275}{1} = 275$$

Avec  $L_{pr} : 1$

**VI.4.3.4.4**

$$Q_r = N_g * Q_g$$

$= 100 * 4 = 400 l/h$  **VI.4.3.4.5 Débit de la porte rampe :**

$$Q_{pr} = Q_r * N_r = 400 * 275 = 110000 l/h = 110 m^3/h$$

**VI.4.4 Calcul hydraulique**

**: V I . 4 . 4 . 1 D é b i t :**

$$Q_r = Q_g * N_g / r$$

$$Q_{pr} = Q_r * N_r$$

$Q_g$  : Débit de  
 $N_g/r$  : Nombre des goutteurs par rampe

$N_r$  : Nombre des rampes

$Q_{pr}$  : Débit de port  
 goutteurs  
 e rampe

**VI.4.4.2 Perte e charges**

Pour la détermination des pertes de charges pour les différents on a :

Dans une canalisation assurant un service d'extrémité

$$j_{PEBD} = 0,478 * D^{4,75}$$

$$j_{PVC} = 0,452 * D^{4,76}$$

Dans une canalisation assurant un service en route



$$J = j \cdot \frac{L}{2,75}$$

Ou : L : La longueur de la conduite ;(m)  
 Q : Débit (l/h)  
 D : diamètre intérieur de la canalisation (mm)

**NB**

Ph<sub>l</sub>:Perte de charge linéaire Ph<sub>s</sub>  
 : Perte de charge singulière Ph<sub>t</sub>  
 : Perte de charge totale

**VI.4.4.3 Conditions hydrauliques:**

Variation maximale de débits entre goutteurs  $\frac{\Delta q}{q} = 10\%$   
 Variation maximale de la pression  $q = K \cdot H_x$

$$= \frac{q_g}{q_x} \cdot \frac{H}{H_n}$$

Avec :

$q_g$  :Débit d'un goutteur

$H_n$  :pression nominale

$$0,1 = \frac{0,5}{10} \cdot \frac{H}{H} = 2mce$$

La valeur de perte de charge singulière est estimée à 10% de la variation maximale de pression

Pdc (sing)=2\*0,1=0,2mce      pdc (sing)=0,2  
 Pdc (linéaire)=2\*0,2=1,8mce      pdc (linéaire)=1,8mce

La répartition de la perte de charge est :

3                      1 Sur la porte rampe

2 Sur les rampes  
 2

**VI.4.4.3.1 Position de porte rampe:**

La valeur du diamètre de la rampe dépend de la position de la porte rampe.

**La porte rampe est en extrémité de poste.**

**Tableau VI. 3:** caractéristique des rampes du poste 01

Cultures	L (m)	$N_g$	$Q_r$ (l/h)	$ph_l$ (m)	$D_{cal}$ (mm)	$D_n$ (mm)	$ph_l$ (m)
Oliviers	250	100	400	1,2	19	20	1,03

**Tableau VI. 4:** caractéristique des rampes du poste 02

Cultures	L (m)	$N_g$	$Q_r$ (l/h)	$ph_l$ (m)	$D_{cal}$ (mm)	$D_n$ (mm)	$ph_l$ (m)
Oliviers	250	100	400	1,2	19	20	1,03

**Tableau VI. 5:** caractéristique des rampes du poste 03

Cultures	L (m)	$N_g$	$Q_r$ (l/h)	$ph_l$ (m)	$D_{cal}$ (mm)	$D_n$ (mm)	$ph_l$ (m)
Oliviers	250	100	400	1,2	19	20	1,03

**Tableau VI. 6:** caractéristique des rampes du poste 04

Cultures	L (m)	$N_g$	$Q_r$ (l/h)	$ph_l$ (m)	$D_{cal}$ (mm)	$D_n$ (mm)	$ph_l$ (m)
Oliviers	250	100	400	1,2	19	20	1,03

Les valeurs de pertes de charges sont inférieures à 1, 2mce (la valeur maximale)  
Théoriquement en trouve  $D_c=19$ mm, ce diamètre ne trouve pas le commerce donc on adapte  
 $D_n=20$ mm.

#### VIII.4.4.3.2 Détermination des portes rampes

**Tableau VI. 7 :**caractéristiques de la porte rampe du poste 01

Cultures	$L_{pr}$ (m)	$N_r$	$q_{pr}$ (l/h)	$ph_l$ (m)	$D_{Cal}$ (m)	$D_n$ (mm)	$ph_l$ (m)
Oliviers	250	50	20000	0,6	95	110	0,29

**Tableau VI. 8:**caractéristiques de la porte rampe du poste 02

Cultures	$L_{pr}$ (m)	$N_r$	$q_{pr}$ (l/h)	$ph_l$ (m)	$D_{Cal}$ (m)	$D_n$ (mm)	$ph_l$ (m)
Oliviers	250	50	20000	0,6	95	110	0,29

**Tableau VI. 9:**caractéristiques de la porte rampe du poste 03

Cultures	$L_{pr}$ (m)	$N_r$	$q_{pr}$ (l/h)	$ph_l$ (m)	$D_{Cal}$ (m)	$D_n$ (mm)	$ph_l$ (m)
Oliviers	285	57	22800	0,6	102	110	0,42

**Tableau VI. 10:**caractéristiques de la porte rampe du poste 04

Cultures	$L_{pr}$ (m)	$N_r$	$q_{pr}$ (l/h)	$ph_l$ (m)	$D_{cal}$ (m)	$D_n$ (mm)	$ph_l$ (m)
Oliviers	250	55	22000	0,6	100	110	0,38

Les valeurs de pertes de charges sont inférieures à 0,6m.c.e (la valeur maximale).

**Remarque:**

On va dimensionner notre conduite principale avec la somme des débits.

**VI.4.4.4 Calcul de la canalisation principale :**

La vitesse de l'eau devra être inférieure à 1,5 m/s.

Le cas le plus défavorable  $V=1,5m/s$ .

notre canalisation est constituée de deux tronçons

$$S = \frac{Q_s}{V}$$

$$D_{cal} = \sqrt[4]{\frac{4Q_s}{\pi S}}$$

les résultats de calcul sont représentées dans le tableau VI.11

**Tableau VI. 11:** calcul de la canalisation principale

	Q(l/h)	S(m2)	Dc(mm)	Dn(mm)
Tronçon 01	40000	0,0074	97	110
Tronçon 02	84800	0,016	141	160

**VI.4.4.5 La perte de charge:**

Elle est donnée toujours par la

formule suivante

$$P_{dcp(lin)} = 0,478 \left( \frac{Q}{D^{1,75}} \right)^{1,75} L$$

La perte de charge singulières (vanne ; coudes) est 20% de pertes de charges linéaires

**Tableau VI. 12:** pertes de charges dans la canalisation principale

	Q(l/h)	D(mm)	L(m)	P <sub>l</sub> (m)	P <sub>s</sub> (m)	P <sub>t</sub> (m)
Tr01	40000	250	250	0,0551	0,0011	0,0562
Tr02	84800	250	220	0,1804	0,0036	0,1840

la perte de charge totale dans la canalisation principale est de 0,24 m.c.e

## Conclusion

Après la détermination des besoins en eau d'irrigation, ce chapitre consiste à dimensionner le réseau de distribution ainsi que choisir la meilleure technique d'arrosage qui est adaptée avec les données qui caractérisent notre parcelle.

La façon de distribuer l'eau aux plantes , la durée d'arrosage ,la fréquence, le débit nécessaire représente le calcul de base d'un réseau d'irrigation localisée pour un îlot.

**Chapitre VII**  
**Aspect Économique**

## INTRODUCTION

Après l'étude ou l'élaboration d'un tel projet, un aspect économique doit être pris en considération, pour cette raison on doit faire une estimation des frais.

### VII.1 devis de réseau d'irrigation :

Les globaux des pièces sont présentés dans le tableau suivant.

**Tableau VII. 1:** Facture proforma des pièces du réseau d'irrigation.

Pièces	Unité de mesure	Quantité	Prix (DA)	Montant (DA)
Tube Ø20 PEBD	m/l	1000	29,61	29610,00
Tube Ø110 PEHD	m/l	1290	721,62	930889,80
Tube Ø125 PEHD	m/l	655	934,26	611940,30
Tube Ø160 PEHD	m/l	325	1 526,93	496252,25
Tube Ø200 PEHD	m/l	295	2 397,85	707365,75
Tube Ø250 PEHD	m/l	30	3 709,88	111296,40
Tube Ø315 PEHD	m/l	690	5 881,51	4058241,90
Tube Ø400 PEHD	m/l	1455	9 500,90	13823809,50
Tube Ø500 PEHD	m/l	1210	14 816,89	17928436,90
Filtre	Un	1	15432,77	15432,77
Coude 90° Ø160	Un	6	4179,76	25078,56
TE Ø110	Un	2	7603	15206,00
Vanne Ø160	Un	2	11524,62	23049,24
Vanne Ø110	Un	2	4693.6	9387,20
Goutteur réglable	Un	21200	3,5	74200,00
Bassin d'irrigation	DA/m <sup>3</sup>	1	20000	20000,00
Fertiliseur	Un	1	23731.2	23731,20
<b>TOTAL</b>				<b>38903927,77</b>

## VII.2 Coût des cultures à projeter:

**Tableau VII. 2:** Estimation du coût des cultures projetées dans le secteur M9

Cultures	prix/jour/Ha(DA)	surface oac)cupée	Montant (DA)
abricot	161890	38,4	6216576
Olivier	114530	78,31	8968844,3
Pêcher	202430	44,46	9000037,8
pommier	195390	64,1	12524499
TOTAL			<b>36709957,1</b>

Le cout total est de : 75613884,87 DA.

**75613884,87 DA**

La référence des prix pour la projection du réseau d'irrigation localisée a été fournie par le représentant commercial de S.T.P.M CHIALI.

### Conclusion

D'après le coût de la projection des réseaux qu'on a obtenu, on remarque que l'estimation du projet du réseau d'irrigation du secteur sud de périmètre de M'leta , est très élevée. Cette élévation est due à l'utilisation, d'un nombre assez important de conduites, et à la filtration qui demande des équipements trop chers.



## Conclusion Générale

L'objectif principal de cette étude est de valoriser les eaux usées de la station d'épuration d'El Kerma en vue d'une utilisation pour irriguer le secteur sud de la plaine de M'leta.

Au terme de ce travail nous avons pu constater ce qui suit:

Le traitement adopté au niveau de le STEP d'El Kerma est celui de boues activées a moyenne charge.

les eaux usées de cette STEP répondent aux normes et peuvent être utiliser dans le domaine agricole.

La pluviométrie moyenne annuelle est estimée à = 362.5 mm.

Ainsi l'étude climatique montre que la région est caractérisée par un climat semi aride, ou l'irrigation est indispensable.

L'analyse de la situation agricole, qui constitue la principale activité de la majorité de la population, montre que cette activité rencontre plusieurs contraintes, climatiques, édaphiques, techniques (le faible niveau du savoir-faire des agriculteurs) et financières (la faiblesse des ressources de revenu qui limite la capacité d'auto financement).

Un réseau d'irrigation a été conçu avec un dimensionnement adapté au type de sol, la nature des eaux et le débit disponible.

Parmi les recommandations proposées avant de généraliser cette pratique, il est important que les techniques de réutilisation des eaux usées épurées soient bien maîtriser, pour cela il serait nécessaire :

- Un suivi rigoureux de la qualité des eaux réutilisées ;
- Un traitement adapté aux conditions locales ;
- Une meilleure connaissance de l'impact sanitaire et écologique ou environnemental de la réutilisation.

## Références Bibliographiques

- [1] **BULLETIN DE FAO N°36**: l'irrigation localisée, calcul, mise en place, exploitation, contrôle du fonctionnement, FAO. Rome ;**1983 , p219**
- [2] **KULKER** : La maîtrise de l'irrigation sous pression, aspersion et goutte à goutte. Edition NATHAN. Paris,**1988 p78**
- [3] **TOUAIBIA. B** : Manuel Pratique d'Hydrologie. Presses Madani Frères **2004. p34.**
- [4] **Ollier, C , Poiree: M.Irrigation** ; Les réseaux d'irrigation ; théorie, technique et économie des arrosages). Edition Eyrolles.61 boulevard Saint-Germain 75005 Paris, **1983 , pp 435-436 et p 469**
- [5] **Abdelkader GAÏD**: Traitement des eaux usées urbaines , **pp 4 - 5.**
- [6] **Lakhder Zella**: Cas d'Eaux, L'Office des publications universitaires, place centrale -Ben Aknoun - ALGER, **2010, p 136.**
- [7] **Cours d'irrigation de 4eme année** (Mr Messahel) .

# ANNEXES

## Liste des annexes

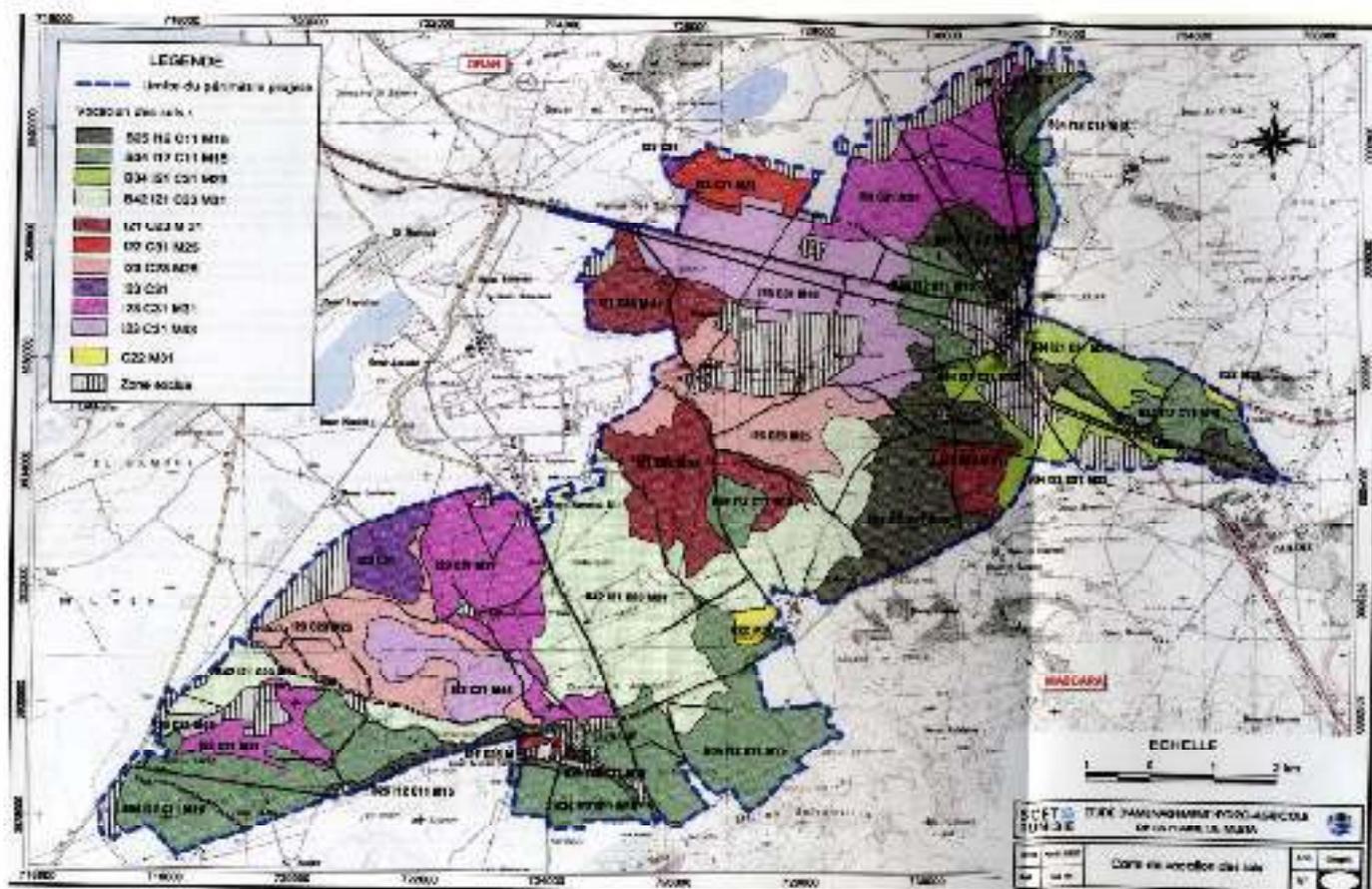
### ANNEXE 1

Valeurs minimales et maximales de Z pour diverses cultures

<b>Cultures</b>	<b>z (m)</b>
<b>Tomates</b>	<b>1 - 1,2</b>
<b>Cultures maraichères</b>	<b>0,3 - 0,6</b>
<b>Agrumes</b>	<b>1 - 1,2</b>
<b>Arbres fruitiers à feuilles caduques</b>	<b>1 - 2</b>
<b>Vigne</b>	<b>1 - 3</b>

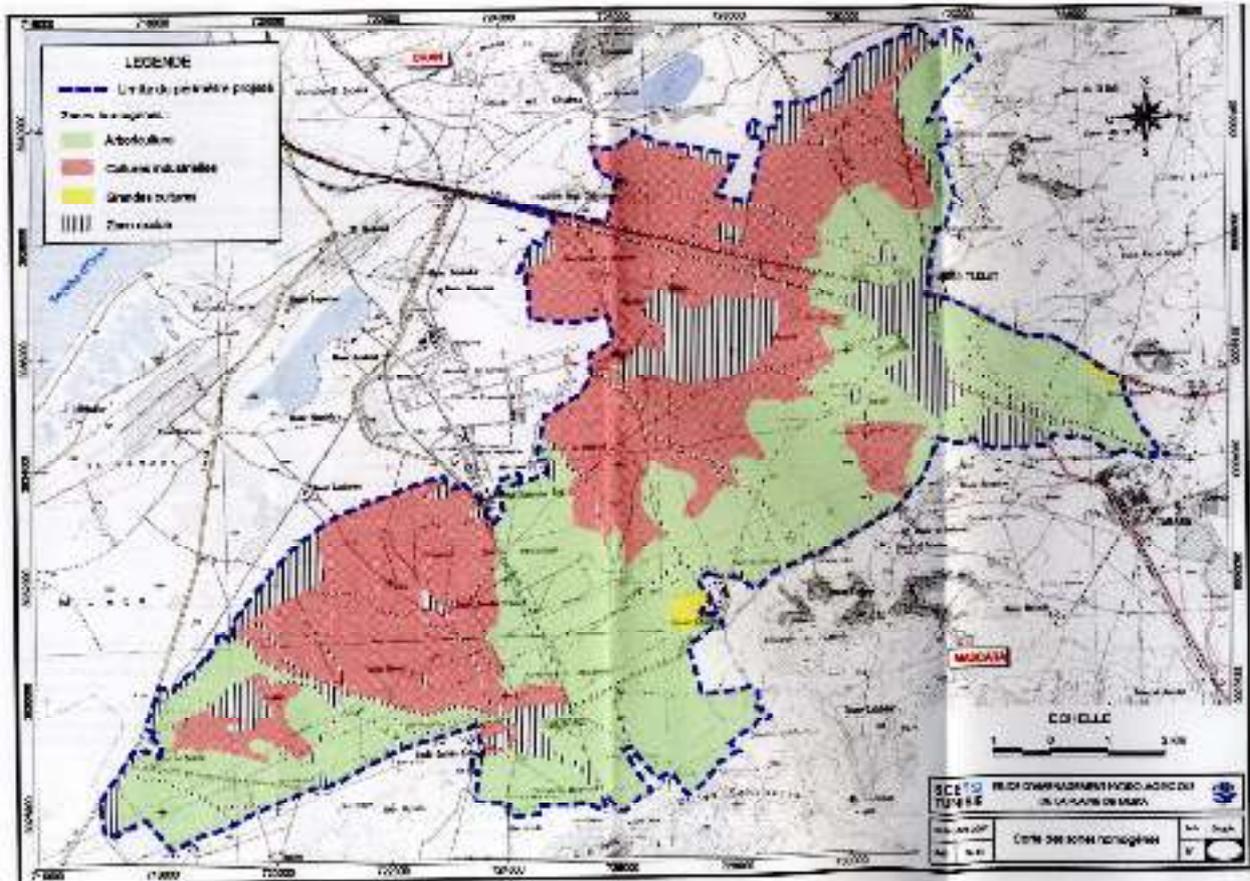
# ANNEXE2

## Carte de vocation des sols



# ANNEXE 3

## Carte des zones homogènes



## ANNEXE 4

### Coefficients culturaux de différentes cultures

2.

CULTURE	Stades de développement de la culture					Durée totale* de la période végétative
	Initial	Développement	Mi-saison	Arrière-saison	Recette	
Banancier tropical	0405	0708	1011	0910	0508	0708
Banancier subtropical	0506	0809	1012	1015	1015	0809
Haricot vert	0304	0607	0910	0909	0809	0809
Haricot sec	0304	0708	105-105	065-075	02503	0708
Chou	04-05	07-08	09-11	09-10	08-09	07-08
Coton	04-05	07-08	105-125	08-09	065-07	0209
Raisin	035-055	06-08	07-09	06-08	055-07	055-075
Arachide	04-05	07-08	095-11	075-085	055-06	075-08
Mais doux	0405	0709	105-12	1015	095-11	0809
Mais grain	0305	0708	105-12	0809	055-06	075-09
Oignon sec	0406	0708	095-11	0809	075-08	0809
Oignon vert	0406	0607	095-105	095-115	095-115	065-08
Pois, frais	0405	0708	105-12	10-115	095-11	0809
Poivron, frais	0304	0607	095-11	085-10	08-09	07-08
Pomme de terre	0405	07-08	105-12	085-095	07-075	075-09
Riz	11-115	11-15	11-13	095-105	095-105	105-12
Carthame	03-04	07-08	105-12	065-07	02-025	065-07
Sorgho	03-04	07-075	10-115	075-08	05-055	075-085
Soja	03-04	07-08	10-115	07-08	04-05	075-09
Betterave sucrière	0405	075-085	105-12	09-10	06-07	08-09
Canne à sucre	04-05	07-10	10-13	075-08	05-06	085-105
Tournesol	03-04	07-08	105-12	07-08	035-045	075-085
Tabac	03-04	07-08	10-12	09-10	075-085	085-095
Tomate	04-05	07-08	105-125	08-095	06-065	075-09
Pastèque	04-05	07-08	095-105	08-09	065-075	075-085
Pe	03-04	07-08	05-12	065-075	02025	08-09
Luzerne	03-04				105-12	085-105
Agraines sarclés						065-075
Agraines sans sarclage						0809
Oliver						0405

\*Premier chiffre : avec forte humidité (HRmin > 70%) et vent faible (U < 5 m/sec).  
 Second chiffre : avec faible humidité (HRmin < 20%) et vent fort (> 5 m/sec).

COEFFICIENTS CULTURAUX (Kc)

Source: Bulletin FAO d'Irrigation et Drainage n° 33, Tableau 18.

## ANNEXE5

### Caractéristiques hydriques de quelques sols

Texture	Humidités pondérales en % du poids sec			Réserve utile volumétrique en cm <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>
	à la rétention HCC	du Filtrissement HPP	disponible HCC-HPP	
Sableuse	9 (5 à 12)*	4 (2 à 6)*	5 (4 à 6)*	85 (70 à 100)*
Sable-limoneuse	14 (10 à 18)	6 (4 à 8)	8 (5 à 10)	120 (90 à 150)
Limoneuse	22 (18 à 26)	10 (8 à 12)	12 (10 à 14)	170 (140 à 190)
Limono-argileuse	27 (25 à 31)	13 (11 à 15)	14 (12 à 16)	190 (170 à 220)
Argilo-limoneuse	31 (27 à 35)	15 (13 à 17)	16 (14 à 18)	210 (180 à 230)
Argileuse	35 (31 à 39)	17 (15 à 19)	18 (16 à 20)	230 (220 à 250)

# ANNEXE6

## Guide d'estimation de P

### GUIDE D'ESTIMATION DE P

(p = 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 30 mm par arrosage sur l'ensemble de la surface.)

Ecartement entre rampes S <sub>i</sub> 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, S <sub>d</sub> 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	0,3	0,5	0,3	0,5	0,7	0,5	0,7	1,0	0,5	0,7	1,0	1,0	1,3	1,7	1,3	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	100	100	100
1,0	33	70	100	40	80	100	50	100	100	100	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	100	100	100
1,5	20	47	73	26	53	80	53	80	100	80	100	100	100	100	100	100	100	100
2,0	15	35	55	20	40	60	40	60	80	60	80	100	80	100	80	100	100	100
2,5	12	28	44	16	32	48	32	48	64	48	64	80	64	80	64	80	100	100
3,0	10	23	37	13	26	40	26	40	53	40	53	67	53	67	53	67	80	80
3,5	9	20	31	11	23	34	23	34	46	34	46	57	46	57	46	57	68	68
4,0	8	18	28	10	20	30	20	30	40	30	40	50	40	50	40	50	60	60
4,5	7	16	24	9	18	26	18	26	36	26	36	44	36	44	36	44	53	53
5,0	6	14	22	8	16	24	16	24	32	24	32	40	32	40	32	40	48	48
6,0	5	12	18	7	14	20	14	20	27	20	27	34	27	34	27	34	40	40

## ANNEXE7

### Fiche d'entretien des plantations

		Unité	Pêcher	Prunier	Abricotier	Amandier	Olivier	Pommier	Figuier
<b>Intrants</b>									
Fertilisants	Fumier	T	5	5	5	5	5	5	5
	Ammonitre 33 %	Kg	300	250	250	160	160	300	160
	Superphosphate 45 %	Kg	160	120	120	80	80	160	80
	Potasse (50 %)	Kg	250	200	200	140	140	280	140
Herbicide	Round up	L	6	6	6	6	6	6	6
Fongicide	Oxychlorure de cuivre	Kg	10	10	10	5	5	10	5
	Zirame (75%)	Kg	4			2			
	Anvil	L	1,2	1,2	1,2				
	Soufre mouillable	Kg						7,5	
Insecticides	Décis	L	0,6	0,6	0,6	0,6	0,3	0,6	0,3
	Dursban	L	3	3	3			3	
	Fenthion	L	1,5		0,75		1,5	1,5	1,5
Travail mécanique	Labour	H	4	4	4	4	4	4	4
	Traitement et désherbage	H	10	8	8	4	4	10	4
Besoin en Eau		m <sup>3</sup>	4 950	4 600	4 050	3 540	3 670	5 670	3 600
Main d'œuvre	Ordinaire	Jour	70	60	50	50	50	70	50
	Taille	Jour	35	30	25	15	15	35	15
Rendement	Moyen	Qx	181,7	180	140	5,0	50	217,1	50

## ANNEXE8

### Liste des prix des intrants et extrants

	Unité	Prix Unitaire (DA)
--	-------	--------------------

#### Semences & plants

Orge	K g	15,10
Avoine	K g	20,70
Sorgho fourrager	K g	100,00
Tournesol	K g	65,00
Tabac	Plant	1,00
Pêcher	Plants	220,00
Abricotier	Plants	200,00
Olivier	Plants	150,00
Pommier	Plants	200,00
Figuier	Plants	150,00

#### Fertilisants

Ammonitre 33 %	K g	38
Superphosphate 45 %	K g	38
Potasse	K g	33

#### Produits de traitement

Hussar of	L	5 000
Artea	L	4 300
Round up	L	1 500
Oxychlorure de cuivre	K g	350
Zirame (75%)	K g	850
Anvil	L	2 800
Soufre mouillable	K g	300
Décis	L	2 500
Dursban	L	2 000
Fenthion	L	2 200

#### Travail

Défoncement	H	1 200
Labour	H	700
Recroisement	H	700
Hersage	H	700
Semis	H	700
Roulage	H	700
Epandage d'engrais	H	700
Traitement et désherbage	H	700
Moisson et battage	H	2 000
Fauchage	H	700

Presse paille	botte	30
Concentré	Kg	20
Lait reconstitué	L	15
	Unité	Prix Unitaire (DA)
Main d'œuvre		
Ordinaire	Jour	500
Taille	Jour	750
Produits		
Orge	Qx	1 500
Avoine	Qx	1 600
Tournesol	Qx	12 000
Tabac	Qx	12 600
Pêches	Qx	3 000
Abricots	Qx	2 500
Olives à huile	Qx	3 000
Olives de table	Qx	5 000
Pommes	Qx	3 000
Figues	Qx	4 500
Fumier	T	1000

## ANNEXE9

### Fiches technico-économiques par Ha de cultures projetées

## Arboriculture fruitière

Fiche technique valorisée - situation projetée

### Culture: Pêcher

Valeur Financière

Statut : Irrigué

Cycle : Pleine production

	Unité	Valeur
Rendement	Qx/Ha	182
Prix du produit	DA/Qx	3 000
Densité (Arbres/ha)	550	

Observation : Vente sur le marché

Activités	Désignation	Unité	PU(DA)	Quantité	Montant(DA)
<b>Intrants physiques</b>					
Epandage de fumure organique	Fumier	T	1000	5	5 000,00
Epandage d'engrais azoté	Ammonitre 33 %	Kg	38	300	11 400,00
Epandage de fumure de fond	Superphosphate 45 %	Kg	38	160	6 080,00
Epandage d'engrais potassique	Potasse (50 %)	Kg	33	250	8 250,00
Application de désherbant	Round up	L	1500	6	9 000,00
Application de fongicide	Oxychlorure de cuivre	Kg	350	10	3 500,00
Application de fongicide	Zirame (75%)	Kg	800	4	3 400,00
Application de fongicide	Anvil	L	2800	1,2	3 360,00
Application de fongicide	Soufre mouillable	Kg	300		
Application d'insecticide	Décis	L	2500	0,6	1 500,00
Application d'insecticide	Dursban	L	2000	3	6 000,00
Application d'insecticide	Fenthion	L	2200	1,5	3 300,00
<b>Sous/total Intrants physiques</b>					<b>60 790,00</b>
<b>Mécanisation</b>					
Labour	Tracteur à roues	H	700	4	2 800,00
Traitement et désherbage	Pulvérisateur	H	700	10	7 000,00
<b>Sous/total Mécanisation</b>					<b>9 800,00</b>
<b>Main d'œuvre</b>					
Ordinaire	Travaux manuels	Jour	500	70	35 000,00
Taille	Travaux manuels	Jour	750	35	26 250,00
<b>Sous/total Main d'œuvre</b>					<b>61 250,00</b>
<b>Total charges directes (Hors M.O)</b>					<b>70 590,00</b>
<b>Produit brut</b>					<b>545 100,00</b>
<b>Marge Brute</b>					<b>474 510,00</b>

Valorisation du travail 4 519,14 DA/Jour

## Culture: Abricotier

Valeur Financière

Statut : Irrigué	
Cycle : Pleine production	
Rendement	Unité 140
Prix du produit	DA/Qx 2 500
Densité (Arbres/ha)	550
Observation : Vente sur le marché.	

Activités	Désignation	Unité	PU(DA)	Quantité	Montant(DA)
<b>Intrants physiques</b>					
Epandage de fumure organique	Fumier	T	1 000	5	5 000,00
Epandage d'engrais azoté	Ammonitre 33 %	Kg	38	250	9 500,00
Epandage de fumure de fond	Superphosphate 45 %	Kg	38	120	4 560,00
Epandage d'engrais potassique	Potasse (50 %)	Kg	33	200	6 600,00
Application de désherbant	Round up	L	1500	6	9 000,00
Application de fongicide	Oxychlorure de cuivre	Kg	350	10	3 500,00
Application de fongicide	Zirame (75%)	Kg	850		
Application de fongicide	Anvil	L	2800	1,2	3 360,00
Application de fongicide	Soufre mouillable	Kg	300		
Application d'insecticide	Décis	L	2500	0,6	1 500,00
Application d'insecticide	Dursban	L	2000	3	6 000,00
Application d'insecticide	Fenthion	L	2200	0,75	1 650,00
<b>Sous/total Intrants physiques</b>					<b>50 670,00</b>
<b>Mécanisation</b>					
Labour	Tracteur à roues	H	700	4	2 800,00
Traitement et désherbage	Pulvérisateur	H	700	8	5 600,00
<b>Sous/total Mécanisation</b>					<b>8 400,00</b>
<b>Main d'œuvre</b>					
Ordinaire	Travaux manuels	Jour	500	50	25 000,00
Taille	Travaux manuels	Jour	750	25	18 750,00
<b>Sous/total Main d'œuvre</b>					<b>43 750,00</b>
<b>Total charges directes (Hors M.O)</b>					<b>59 070,00</b>
<b>Produit brut</b>					<b>350 000,00</b>
<b>Marge Brute</b>					<b>290 930,00</b>

Valorisation du travail 3 879,07 DA/Jour

## Culture: Olivier

Valeur Financière

Statut : Irrigué			
Cycle : Pleine production		Unité	Valeur
Rendement		Qx/Ha	50
Prix du produit		DA/Qx	3 000
Densité (Arbres/ha)		275	
Observation : Vente sur le marché.			

Activités	Désignation	Unité	PU(DA)	Quantité	Montant(DA)
<b>Intrants physiques</b>					
Epandage de fumure organique	Fumier	T	1 000	5	5 000,00
Epandage d'engrais azoté	Ammonitre 33 %	Kg	38	160	6 080,00
Epandage de fumure de fond	Superphosphate 45 %	Kg	38	80	3 040,00
Epandage d'engrais potassique	Potasse (50 %)	Kg	33	140	4 620,00
Application de désherbant	Round up	L	1500	6	9 000,00
Application de fongicide	Oxychlorure de cuivre	Kg	350	5	1 750,00
Application de fongicide	Zirame (75%)	Kg	850		
Application de fongicide	Anvil	L	2800		
Application de fongicide	Soufre mouillable	Kg	300		
Application d'insecticide	Décis	L	2500	0,3	750,00
Application d'insecticide	Dursban	L	2000		
Application d'insecticide	Fenthion	L	2200	1,5	3 300,00
<b>Sous/total Intrants physiques</b>					<b>33 540,00</b>
<b>Mécanisation</b>					
Labour	Tracteur à roues	H	700	4	2 800,00
Traitement et désherbage	Pulvérisateur	H	700	4	2 800,00
<b>Sous/total Mécanisation</b>					<b>5 600,00</b>
<b>Main d'œuvre</b>					
Ordinaire	Travaux manuels	Jour	500	50	25 000,00
Taille	Travaux manuels	Jour	750	15	11 250,00
<b>Sous/total Main d'œuvre</b>					<b>36 250,00</b>
<b>Total charges directes (Hors M.O)</b>					<b>39 140,00</b>
<b>Produit brut</b>					<b>150 000,00</b>
<b>Marge Brute</b>					<b>110 860,00</b>

Valorisation du travail 1 705,54 DA/Jour

# Culture: Pommier

Valeur Financière

Statut : Irrigué			
Cycle : Pleine production		Unité	Valeur
Rendement		Qx/Ha	217
Prix du produit		DA/Qx	5 000
Densité (Arbres/ha)		650	
Observation : Vente sur le marché.			

Activités	Désignation	Unité	PU(DA)	Quantité	Montant(DA)
<b>Intrants physiques</b>					
Epandage de fumure organique	Fumier	T	1 000	5	5 000,00
Epandage d'engrais azoté	Ammonitre 33 %	Kg	38	300	11 400,00
Epandage de fumure de fond	Superphosphate 45 %	Kg	38	160	6 080,00
Epandage d'engrais potassique	Potasse (50 %)	Kg	33	280	9 240,00
Application de désherbant	Round up	L	1500	6	9 000,00
Application de fongicide	Oxychlorure de cuivre	Kg	350	10	3 500,00
Application de fongicide	Zirame (75%)	Kg	850		
Application de fongicide	Anvil	L	2800		
Application de fongicide	Soufre mouillable	Kg	300	7,5	2 250,00
Application d'insecticide	Décis	L	2500	0,6	1 500,00
Application d'insecticide	Dursban	L	2000	3	6 000,00
Application d'insecticide	Fenthion	L	2200	1,5	3 300,00
<b>Sous/total Intrants physiques</b>					<b>57 270,00</b>
<b>Mécanisation</b>					
Labour	Tracteur à roues	H	700	4	2 800,00
Traitement et désherbage	Pulvérisateur	H	700	10	7 000,00
<b>Sous/total Mécanisation</b>					<b>9 800,00</b>
<b>Main d'œuvre</b>					
Ordinaire	Travaux manuels	Jour	500	70	35 000,00
Taille	Travaux manuels	Jour	750	35	26 250,00
<b>Sous/total Main d'œuvre</b>					<b>61 250,00</b>
<b>Total charges directes (Hors M.O)</b>					<b>67 070,00</b>
<b>Produit brut</b>					<b>1 085 500,00</b>
<b>Marge Brute</b>					<b>1 018 430,00</b>

Valorisation du travail 9 699,33 DA/Jour