

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

DEPARTEMENT IRRIGATION ET DRAINAGE

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

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

OPTION :IRRIGATION ET DRAINAGE

THEME:

**LA REUTILISATION DES EAUX USEES POUR
IRRIGUER LE PERIMETRE D'EL KOUAYER
W.MASCARA**

Présenté par :

M^{lle}KERMAS Hadjer

DEVANT LES MEMBRES DU JURY

Nom et prénom	Grade	Qualité
M ^r RASSOUL Abdelaziz	M.C.B	Président
M ^{me} AZIEZ Wahiba	M.A.A	Examinatrice
M ^r YAHIAOUI Samir	M.A.B	Examineur
M ^r KERID Rachid	M.A.A	Examineur
M ^r KOLIAI DJAAFER	M.A.A Promoteur	

Octobre-2014

Remerciement

Je commence par rendre grâce à Dieu et à sa bonté, pour la patience, la compétence et le courage qu'il m'a donné pour arriver à ce stade.

J'adresse mes remerciements affectueux à :

- Mes chers parents qui ont cru en moi
- Mes tantes et mes oncles qui m'ont encouragée
- Ma seconde famille, la famille Belhadj qui m'a soutenue durant mes années d'études.

Je remercie également avec une profonde reconnaissance :

- Mon promoteur dont les conseils m'ont éclairé
- Mes professeurs qui m'ont accompagnée durant ces années d'études
- Les membres de jury à qui revient la (lourde) tâche d'évaluer le fruit de leurs efforts

Enfin, je remercie tous mes camarades avec lesquels j'ai partagé l'une des meilleures parties de ma vie.

KERMAS Hadjer

Dédicace

Je dédie ce modeste mémoire à :

- Mes très chers parents qui ont toujours été là pour moi, et qui m'ont donné un magnifique modèle de labeur et de persévérance. J'espère qu'ils trouveront dans ce travail toute ma reconnaissance et tout mon amour.

- Mes grands parents

- Mes frères, Abdel Kader, Ibrahim et Ghali

- Mes tantes et surtout Habiba

- Mes oncles

- Tata Hamida et Tonton Djamel

- Mes cousines et surtout Samira

- Ma chère copine Sarah et mes amis Amine Mehdi et surtout Belkacem qui m'a beaucoup aidé, je vous remercie pour tous les sentiments d'amitié que vous avez envers moi et dont je suis fier.

- A tous ce qui me sent cher.

KERMAS Hadjer

السكان في سهل الى زيادة مية مياه الصرف ,التي تؤدي الى تدهور البيئة
والمياه السطحية . جل هذا قمنا بدراسة تتمحور حول امكانية و قدرة استعمال هذه المياه المعالجة بمحطة
الشيء الذي يتطلب منا البحث عن مختلف خصائص المنطقة من حيث المناخ و كذلك خصائص المياه المستعملة مع وصف
شامل لمحطة تصفية المياه ولاية.

Résumé

Le développement industriel et la population dans la plaine de Mascara, sont les principales causes d'une augmentation des rejets induisant à une dégradation de l'environnement, de la qualité de surface et des eaux souterraines. Pour y remédier, nous comptons étudier la possibilité de réutiliser cette eau épurée dans la station de Mascara dans le domaine agricole

Pour ce faire, il était indispensable d'avoir les caractéristiques de la région, de l'eau usagée ainsi qu'une description complète de l'usine de purification au niveau de Mascara.

Abstract

The major industrial development and population in the plain of Mascara has resulted in an increase in emissions leading to a degradation of the environment and the quality of surface and groundwater .For this,our study focused on the possibility and the ability to use the watertreatmentstationofMascara in the agricultural field.

This requires to search for various characteristics of the region in terms of climate, as well as the characteristics of wastewater with a comprehensive description of water purification plant for Mascara.

Introduction	1
--------------------	---

Chapitre N°01 :La réutilisation des eaux usées en irrigation

1-Historique :.....	2
2-Problématique:	2
3-Objectifs :.....	2
4-La réutilisation des eaux usées épurées en irrigation dans le monde :.....	2
5-Considérations techniques relatives aux plantations irriguées à l'aide d'eaux usées :	2
5.1- Aspects sanitaires :	6
5.2-Agriculture irriguée :	7
5.3-Réutilisation industrielle :	7
5.4-Réutilisation en zone urbaine :	7
5.5-Production de l'eau potable :	7
6-Impacts de l'utilisation des eaux usées traitées en irrigation :	8
6.1- Effets sur le sol :.....	8
7.2- Effets sur l'eau :	9
6.3-Effets sur les plantes :.....	9
6.4- Effets liés à la qualité microbiologique :.....	10
7-Risques sanitaires de l'utilisation des eaux usées :.....	10
7.1-Notion de risque :	11
7.2- Bactéries dans les eaux usées :.....	12
7.3-Virus dans les eaux usées :.....	13
7.4- Danger chimique :	13
8-Meilleure utilisation et conservation :.....	13
9-Utilisation des éléments fertilisants à des fins productives :	14
10-Normes D'irrigation :	14
Normes de rejet :.....	15
11-Directives environnementales et sanitaires de la réutilisation des eaux usées etdes boues résiduaires :	16
12-Avantages de l'utilisation des eaux usées :	17
13-Conclusion :	18

Chapitre N°02 :Présentation générale de la zone d'étude

1- Présentation de la wilaya de mascara :	19
1.1 Situaton géographique :	19
1.2 RELIEF :	19
a. Les plaines de Sig et de Habra au Nord :	19
b. Les monts des Beni-chougrane, en amont :	19
c. Les hautes plaines, au Centre :	20
d. Les monts de Saida, au Sud :	20
1.3 Découpage de la ville de Mascara :	20
1.5 Situation démographique:	21
1.6- Caractéristiques économiques :	22
a)-Agriculture :	22
b)-Industries existantes :	22
2- Présentation du périmètre d'EL KOUAYER:	24
2.1- Localisation et limites:	24
2.1.1- Coordonnés géographiques:	24
2.1.2- Relief:	24
2.1.3- Topographie:	24
2.2- Le cadre géologique:	24
2.2.1 lithostratigraphie :	25
2.2.2 La structure :	25
2.3 Répartition des superficies :	26

Chapitre N°03 :Climatologie

Introduction:	28
1- Les précipitations :	28
2 -La température:	29
3- L'humidité :	31
4- Les vents :	32
5- L'insolation :	33
6- LES INDICES CLIMATIQUES:	34
6.1- L'indice d'aridité de Martonne :	34
6.2- Quotient pluviométrique d'EMBERGER :	35

CONCLUSION :	38
--------------	----

Chapitre N°04 :Etude pédologique

INTRODUCTION:	39
1- Caractéristique du sol d'EL-KOUAYER :	39
1.1- ANALYSE DU SOL:	39
4.1.1.1 <i>Analyse physique</i>	39
a- Granulométrie:	39
1.1.2- Analyse chimique :	44
a- <i>La conductivité électrique (salinité)</i> :	44

Chapitre N°05 :Description de la STEP de Mascara

1- Situation géographique de la station d'épuration:	47
1.1-Coordonnées géographiques:	47
2 Les caractéristiques de la station de traitement des eaux usées:	47
2.1-Les données de base:	48
2.2Les garanties du traitement:	48
2.2.1- <i>Réduction de la demande biochimique en oxygène:</i>	48
2.2.2- <i>Réduction des matières en suspension:</i>	48
2.2.3- <i>Le fonctionnement de la station:</i>	49
2.3 Origine et volume des eaux traitées :	49
3-Caractéristiques des eaux brutes de la ville de Mascara :	50
3.1- Description des procédés de la station d'épuration des eaux usées de la ville de Mascara :	51
3.1.1- Les ouvrages de traitements physico-chimiques et biologiques :	51
3.1.2-Description des processus de la STEP de Mascara :	52
a) Dégrillage:	52
b) Le dessablage :	53
c) Le déshuilage et le dégraissage :	53
d) L'aération :	53

e)La décantation :.....	54
f) La désinfection :.....	55
g)Le traitement des boues:.....	55
h)Lits de séchage :	56
4-CONCLUSION :.....	58

Chapitre N°06 :Les besoins en eaux des cultures

Introduction	58
6.1 L'évapotranspiration:	58
6.1.1 L'évapotranspiration potentielle(ETP) :.....	59
6.1.2 L'évapotranspiration maximale (ETM) :.....	59
6.1.3 L'évapotranspiration réelle (ETR) :	59
6.2 Méthodes d'estimation et d'évaluation de l'évapotranspiration :	59
6.2.1 Formules empiriques (Indirectes) :.....	59
a- Formule de PENMAN :	59
b- Formule de THORNTHWATE :	59
c- Formule de BLANNEY et CRIDDLE :(1945 USA)	60
6.2.2-Les lysimètres (directes) :	62
a -Les bacs sur charpente :	62
b –Bacs enterrés :	62
c – bacs pesables :	62
d – Détermination de l'ETP :.....	62
6.3- Calcul de l'ETP:.....	63
6.4. Déficit pluviométrique :	64
6.5 Pluvimétrie efficace « Pe » :	65
6.6 Dose maximale ou réserve utilisable :.....	66
6.7 Dose pratique aux réserve facilement utilisables :	66
6.8 Déficit agricole :.....	67
6.9 Débit fictif continu ou débit caractéristique :.....	68
6.10 Fréquence des arrosages (rotation) :.....	69

6.11 Nombre d'arrosage :	69
--------------------------------	----

Chapitre N°07 :Etude technique

1- Calcul de la surface irrigable :	71
2- répartition de la surface irrigable :	71
3-choix du périmètre :	72
4- Levé topographique :	72
5-Choix du système d'irrigation :	72
5.1-Généralités sur l'irrigation:	72
5.2-Les différents systèmes d'irrigations[.....	73
5.2.1-Irrigation par ruissellement.....	73
5.2.2- L'irrigation par infiltration	73
5.2.3-Irrigation par submersion.....	73
5.2.4- Irrigation par aspersion	73
5.2.5- Irrigation par goutte à goutte	73
6-Systèmes d'irrigation retenue	74
a)Avantage :[21]	74
b) Inconvénients :	74
c)Conditions pratiques de l'aspersion.....	76
7-Calcul de l'équipement	76
7.1-Parcelle N° 01.....	76
Donnée de base :	76
7.1.1- choix et caractéristiques de l'asperseur :	77
7.1.2- Caractéristique de la parcelle N°01 :	77
7.1.2.1- Nombre des vannes « NV » :	77
7.1.2.2- longueur de la conduite principale « Lcp » :	78
7.1.2.3- Nombre total de positions :	78
7.1.2.4- Nombre de rampes à installer :	78
7.1.2.5- Nombre d'asperseur par rampe :	78
7.1.2.6- Longueur de la rampe :	78
7.1.2.7- Nombre de postes en position par jour :	78
7.1.2.8- Calcul du débit de l'asperseur « Qa » :	78
7.1.2.9- Débit en tête de parcelle :	79

7.1.3- Calcul et choix des diamètres de canalisations	79
7.1.3.1- Pertes de charges proprement dites :	80
7.1.3.2- Pertes de charges singulières « Js » :	80
7.1.3.3- Pertes de charges dans la rampe d'aspersion « Jr » :	80
7.1.3.4- Pertes de charges unitaires « i » :	81
7.1.3.5- Pertes de charges dans la conduite principale :	81
7.1.3.6- Les pertes de charges totales « Jt » :	83
7.1.3.7- Calcul des pressions :	83
7.2-Parcelle N°02.....	85
7.2.1- Choix et caractéristiques de l'aspersion:	85
7.2.2 Caractéristiques de la parcelle N° 02 :	86
7.2.2.1 Nombre de vannes :	86
7.2.2.2- Longueur de la conduite principale Lcp :	86
7.2.2.3- Nombre total de position :	86
7.2.2.4- Nombre de rampes à installer :	86
7.2.2.5- Nombre d'asperseurs par rampe :	87
7.2.2.6- Longueur de la rampe	87
7.2.2.7- Calcul du débit de l'asperseur « Qa » :	87
7.2.2.8- Débit en tête de la parcelle.....	87
7.2.3- Calcul et choix des diamètres de canalisations :	88
7.2.3.1 Pertes de charges proprement dites :	88
7.2.3.2 Pertes de charges singulières « Js » :	89
7.2.3.3 Pertes de charges dans la rampe d'aspersion « Jr » :	89
7.2.3.4 Calcul du tronçon :	90
7.2.3.5 Pertes de charges dans la conduite principale « Jcp » :	90
7.2.3.6 Les pertes de charges totales « Jt » :	90
7.2.3.7 Calcul des pressions :	91
7.3.1 Choix et caractéristiques de l'asperseur :	93
7.3.2 caractéristiques de la parcelle N°03.....	94
7.3.3 Calcul et choix de diamètres des canalisations :	94
7.3.3.1 Pertes de charges proprement dites :	95
7.3.3.2 Pertes de charges singulières « Js » :	95
7.3.3.3 Pertes de charges dans la rampe d'aspersion « Jr » :	95

7.3.3.4 Pertes de charges unitaires « i » :	95
7.3.3.5 Pertes de charges dans les conduites principales :	96
7.3.3.6 Les pertes de charges totales « Jt » :	97
7.7.3.7 Calcul des pressions :	97
9- Organisation du travail.....	100
9.1 Horaire de travail sur les parcelles.....	100
10- Dimension du bassin d'accumulation	100
10.1 Contenance du bassin	100
11- Temps du débit fourni par la station « T ».....	101
12- Etude du réseau et détermination des groupes motopompe.....	102
12.1 Etude du réseau :.....	102
13- Détermination des groupes motopompe	103
13.1- Choix de la pompe.....	103
13.1.1. Calcul de la hauteur manométrique total « HMT » :	103
13.1.2 Calcul du débit :	104
13.1.3 Puissance des pompes :	104
13.2 Puissance du moteur :	105
13.3 Le principe de fonctionnement	105
13.4 Sécurité au niveau de la pompe	105

Chapitre N°08 :Ouvrages et accessoires

Introduction	106
1-Le réseau de pistes :	106
2-Les brise-vents :	106
2.1 Choix de l'espèce :	107
2.1.1 Caractéristiques du cyprès :	107
2.2 Mise en place du brise-vent :	107

Chapitre N°09 :Etude économique

Introduction	108
9.1 Devis de la station de pompage.....	108
9.2 Devis des travaux plus les pièces spéciales :.....	108

9.3 Devis de l'installation des brises vents	109
9.4 charges salariales annuelles.....	109
9.5 devis de la conduite gravitaire :.....	109
Conclusion générale	114

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1.1 : Limites de concentration pour des métaux en eau usées traitée.....	10
Tableau 2.1 : Evolution de la population entre 1966/2035	20
Tableau 2.2: Activités industrielles existantes dans la ville de mascara	22
Tableau N°2.3 : Répartition des surfaces suivant la nature des eaux d'irrigation.	24
Tableau N°2.4 : Répartition des cultures de la campagne	24
Tableau 3.1 : Bioclimat méditerranéen	28
Tableau 2.3 : Répartition pluviométrique (1996-2010)	28
Tableau 3.3: <i>Variations moyennes mensuelles et annuelles de la température en °C</i>	29
Tableau 3.4: variation moyenne mensuelle et annuel de l'humidité en %	31
Tableau 3.5: moyennes mensuelles et annuelles de la vitesse des vents.....	31
Tableau 3.6 moyenne mensuelle et annuelle d'insolation (Heure et 1/10)	32
Tableau 3.7 : Limite des climats d'après l'indice climatique de MARTONNE	33
Tableau 4.1 : Résultats granulométrique	39
Tableau 4.2 : Classification des sols selon la perméabilité et leur aptitude à l'irrigation.	40
Tableau 4.3 : Résultats des analyses physiques de notre sol.....	41
Tableau 4.4 : Valeurs de l'humidité du sol	42
Tableau 4.5 : Tolérance relative des cultures par rapport aux sels.	42
Tableau 4.6 : Aptitude culturales des sols suivant le PH.	43
Tableau 4.7 : Taux de calcaire total (%CaCO ₃)	43
Tableau 4.8 : Taux de matière organique (MO).....	44
Tableau 4.9 : Résultats des analyses physiques de notre sol.....	44
Tableau 5.1: les principales caractéristiques physicochimiques des eaux acheminées vers la STEP.....	49
Tableau 6.1 : variation de l'ETP ₀	61
Tableau 6.1 : résultats du calcul de l'ETP par (la méthode du TURC) et du déficit pluviométrique	62
Tableau 6.2 : Résultats des calculs de la pluviométrie efficace (Pe) :	63
Tableau 6.2 : Résultats des calculs des paramètres Pe, ETP, Da :	64
Tableau 6.3 : Calcul des paramètres Dm, Dp , Dp corrigé :	66
Tableau 7.1 : répartition des cultures suivant les surfaces irrigables :	71
Tableau 7.2 : caractéristique de l'asperseur	75

Tableau 7.3 : Caractéristiques de la parcelle N° 01 :	76
Tableau 7.4 : caractéristiques des tronçons parcelle 1	78
Tableau 7.5: Calcul des pertes de charges des tronçons.....	79
Tableau 7.6 : Inventaire du matériel nécessaire :	80
Tableau 7.7 : Caractéristiques de l'asperseur de la parcelle N°02 :.....	81
Tableau 7.8 : Caractéristiques de la parcelle N° 02	83
Tableau 7.9: Calcul des pertes de charges des tronçons.....	84
Tableau 7.10 :Inventaire du matériel nécessaire :	85
Tableau 7.11 : Caractéristiques de l'asperseur de la parcelle N°03	87
Tableau 7.12 : Caractéristique de la parcelle N° 03	87
Tableau 7.13 : caractéristiques du tronçons parcelle 03	89
Tableau 7.14: Calcul des pertes de charges des tronçons.....	89
Tableau 7.15 : Inventaire du matériel nécessaire parcelle 3 :	91
Tableau 7.16 : Caractéristiques du réservoir :.....	94
Tableau 7.17 : Dimensionnement de la pompe.....	104
Tableau 9.1 :Devis de la parcelle N°01	109
Tableau 9.2 :Devis de la parcelle N°02.....	110
Tableau 9.3 :Devis de la parcelle N°03	111
Tableau 9.4 :Devis du projet	112

LISTE DES FIGURES

Figure 1.1: volume moyen journalier des eaux usées recyclées dans quelques pays de la Méditerranée.....	4
Figure 1.2 : Aspect de réutilisation des EU dans les différentes régions du monde.	4
Figure 2.1 : situation géographique de ville de Mascara.....	19
Figure 2.2 :les relief de Mascara	20
Figure 3.1 : Histogramme de répartition de la pluviométrie(1996-2010).....	29
Figure 3.2 : Histogramme de répartition de la température (1996-2010)	30
Figure 3.3 : Coubre ombrothermique (Station de MATMORE 1996-2010).	30
Figure 3.4 : Histogramme de répartition de l'humidité relative.....	31
Figure 3.5 : Histogramme de répartition des vents (1996-2010)	32
Figure 3.6 : Histogramme des répartitions d'insolation.	33
Figure 3.7 : Diagramme bioclimatique d'EMBERGER.	35
Figure 5.1 : <i>Station d'épuration des eaux usées de la wilaya de</i>	49
Figure 5.2: dégrilleur grossier	50
Figure 5.3 : dessableur, déshuileur	50
Figure 5.4: dégrilleur fin	50
Figure 5.5 : bassin d'aération	51
Figure 5.6 : Le décanteur.....	52
Figure 5.7 : épaisseur de boues	53
Figure 5.8 :Lits de séchage.....	53
Figure 5.9 :processus de traitement STEP de la ville de Mascara.	54
Figure 6.1 :Histogramme(des mois-ETP , DP, Pluvimétrie).....	63
Figure 6.2 : Courbe du déficit agricole des trois cultures.	65
Figure 7.1 : Les différents systèmes d'irrigation.....	73
Figure 7.2 :L'asperseur	74
Figure 7.3 :schéma de la pompe.....	104
Figure 8.1 :les brises vents	106

Liste des planches

Planche N°01 :

Présentation de la zone d'étude du périmètre d'EL KOUAYER W.Mascara

Planche N°02 :

Plan d'occupation de sol du périmètre d'EL KOUAYER W.Mascara

Planche N°03 :

Plan général d'équipement des parcelles aménagées

Planche N°04 :

Plan d'équipement de la parcelle N°01

Planche N°05 :

Profil en long de la conduite principale du périmètre d'EL KOUAYER W.Mascara

Introduction

L'eau est un bien économique, social et environnemental. Il est donc important d'en garantir la disponibilité dans le temps au moyen de formes d'exploitations durables qui permettent de faire face aux exigences actuelles sans menacer l'équilibre environnemental.

En Algérie, pays très fortement marqué par l'aridité, la pénurie des ressources en eau ne fait qu'accroître. De ce fait, il est apparu urgent d'en réduire la consommation et d'en préserver la ressource à travers une gestion efficace de son utilisation. Pour ce faire, il convient d'associer l'utilisation rationnelle des ressources en eau naturelles à d'autres sources d'approvisionnement non conventionnelles, notamment le traitement des eaux usées. Ces dernières peuvent être considérées comme une source non négligeable en eau et en éléments fertilisants pour l'agriculture, d'autant plus que les agriculteurs cherchent d'autres alternatives aux eaux propres pour irriguer leurs cultures et augmenter leur rendement.

La wilaya de Mascara est l'une des premières régions agricoles du pays. A ce titre, vu la limitation des eaux conventionnelles nous avons pensé à utiliser les eaux non conventionnelles.

L'existence de cette station au pied de la vallée à l'amont de la plaine d'El Kouayer à Mascara constitue une source d'approvisionnement à l'irrigation et permet de parer à l'exploitation abusive de la nappe phréatique qui a connu un massacre effarant par la multiplication des puits illicites.

A cet effet, nous avons conçu notre modeste travail en neuf chapitres :

- le premier traite de la réutilisation des eaux usées en irrigation dans le monde
- le deuxième présente de façon générale la zone d'étude
- le troisième analyse les principaux paramètres climatiques
- le quatrième est une étude pédologique dont le but est d'apporter le volume d'eau nécessaire à la plante à irriguer
- le cinquième présente quelques modes d'épuration ou de traitements des eaux usées avec description des ouvrages de la STEP d'EL Kouayer
- le sixième étudie les besoins en eaux des cultures à projetées dans le périmètre
- le septième est une étude technique qui a pour but le choix du système d'irrigation
- le huitième propose les ouvrages et les accessoires permettant d'assurer une certaine efficacité de l'aménagement hydraulique. Enfin, le neuvième présente une étude économique des moyens mis en œuvre pour ce type d'irrigation

1-Historique :

La réutilisation des eaux usées pour des fins agricoles n'a pas commencé hier, il s'agit d'une pratique qui date de plusieurs milliers d'années. À l'époque, certains pays d'Asie utilisaient les matières fécales et l'urine comme amendement aux sols agricoles. Ainsi, entre les 17^e et 19^e siècles, certains pays de l'Europe ont commencé à réutiliser les eaux usées dans l'irrigation des cultures, sachant que le gouvernement de Londres était l'un des premiers à obliger le rejet des eaux usées dans des canaux construits à cette fin. Or, l'exploitation des eaux usées dans l'agriculture est devenue une pratique fréquente dans certains pays, comme l'Australie, l'Amérique du Nord et le Mexique, vers la fin du 19^e siècle, et jusqu'à nos jours.

Dans le passé, cette réutilisation des eaux usées n'a pas été sans impact. L'effet négatif sur la santé humaine a conduit, au début du 20^e siècle, à la construction des premières stations de traitement des eaux usées pour réduire l'impact des eaux rejetées dans le milieu naturel, surtout dans les pays industrialisés. Toutefois, en 1950, dans les pays au climat aride, où les ressources en eau sont moins disponibles, la réutilisation des eaux usées a trouvé un milieu favorable pour compenser le manque de précipitations.

2-Problématique:

Presque toutes les ressources accessibles d'eau douce dans le pays sont déjà mobilisées et il est donc logique de se tourner vers des ressources d'eau non conventionnelles pour satisfaire l'accroissement de la demande telle que l'utilisation des eaux usées traitées.

La question est de savoir si ces ressources en eau non conventionnelles constituent une alternative sûre.

Face à la rareté et la mauvaise répartition de l'eau, la réutilisation des eaux usées apparaît comme la solution la plus adaptée. Elle permet d'une part, de fournir des quantités d'eau supplémentaires, d'autre part d'assurer l'équilibre du cycle naturel de l'eau et la protection de l'environnement. Les eaux usées traitées présentent l'avantage de la stabilité par rapport à celles liées à la pluviométrie.

La valorisation des eaux usées est à replacer dans le cadre de la gestion intégrée des ressources en eau.

Dans les nombreuses régions à climat aride et semi-aride, la réutilisation des eaux usées traitées notamment dans l'agriculture et à un degré moindre dans l'industrie, constitue

Chapitre N 01: La réutilisation des eaux usées en irrigation

une alternative intéressante pour la préservation des ressources conventionnelles destinées en priorité à la production d'eau potable.

La réutilisation des eaux usées en agriculture outre le fait qu'elle permet de réduire l'utilisation de l'eau potable et sa préservation apporte en outre des bénéfices additionnels résultant dans certains cas, de l'augmentation du rendement des cultures et de l'amélioration de l'efficacité des systèmes d'irrigation.

En effet, une lame d'eau épurée de 100 mm (1000 m³/ha) apporterait aux cultures selon un mode équivalent à la fertilisation:

- ✓ 40 Kg d'Azote minéral et minéralisable/ha
- ✓ 11 kg de Phosphore assimilable/ha
- ✓ 28 kg de Potassium/ha

La réutilisation des EUT dans les pays voisins constitue depuis des années une priorité dans l'établissement de la région de l'eau.

Dans les pays développés, l'usage planifié des EUT est très courant, comme c'est le cas en Australie, Allemagne et USA.

3-Objectifs :

Etendue à de grandes surfaces agricoles, la réutilisation de EUT aurait deux impacts très importants :

Celle d'abord d'économiser d'importantes quantités d'eau potable qui seraient ainsi allouées pour les besoins de la population et permettre de diminuer la pression de mobilisation qui s'exerce sur les nappes qui auront le temps de se recharger.

Il en est de même quant à la réutilisation des boues biologiques, très riches en azote et en phosphore et pouvant constituer un apport d'amendement non négligeable des sols généralement pauvres de ces régions.

Ainsi, pour satisfaire l'ensemble des besoins en eau du pays et afin de réserver les eaux de bonne qualité à l'alimentation en eau potable, l'utilisation des eaux usées traitées est une nécessité et doit être une partie intégrante de la stratégie de mobilisation de toutes les ressources disponibles.

Cette orientation est d'autant indispensable que le pays ne cesse d'accroître ses efforts dans le domaine de l'assainissement et du traitement des eaux usées à travers la création et l'amélioration des stations d'épuration et il serait dommage que cette eau ne soit pas valorisée chaque fois qu'il est possible.

Les eaux usées représenteraient plus de 600 millions de m³/an. A l'horizon 2020, elles représenteront un volume très appréciable : près de 2 milliards de m³ si la demande en eau est totalement satisfaite à cet horizon (Ministère des ressources en eau, 2003). Un tel volume, une fois mis en application pour des considérations écologiques ou de protection des ressources en eau, sera très apprécié quant à son utilisation par l'agriculture ou l'industrie.

Le développement de la réutilisation des eaux usées traitées doit cependant se faire en suivant une démarche avisée assurant le meilleur équilibre possible des résultats sur les plans sanitaire, environnemental et économique[01].

4-La réutilisation des eaux usées épurées en irrigation dans le monde :

- ❖ Aux Etats-Unis, 34 états disposent de réglementations relatives à l'usage agricole des eaux usées. Les grandes réussites de réutilisation des eaux usées traitées sont ceux de Bakersfield et Orange Country en Californie et Matée Country en Floride.
- ❖ Au Mexique, 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. Elles sont utilisées en irrigation agricole et notamment dans le cadre du plus grand plan d'irrigation du monde (45 à 300 m³/s par temps de pluie).
- ❖ En Tunisie, les eaux usées de Tunis sont utilisés depuis le début des années 60 pour l'irrigation à la SOUFRA, 4450 hectares de vergers de citronniers. Elle est le premier pays de l'ouest méditerranéen à avoir adopté de réglementation en 1989 pour la réutilisation de l'eau.
- ❖ Le Japon, malgré une moyenne de précipitation annuelle haute (environ 1730 mm par an), la réutilisation est une pratique fortement encouragée, utilisée principalement pour des usages urbains
- ❖ En grande Bretagne, -cette technique est utilisée principalement pour la recharge de nappe, l'Allemagne, est également concernée par l'irrigation avec des eaux urbaines

Chapitre N 01: La réutilisation des eaux usées en irrigation

❖ L'Australie, l'un des continents le plus sec. La réutilisation concerne l'irrigation des cultures des prairies, des espaces verts ou l'usage industriel.

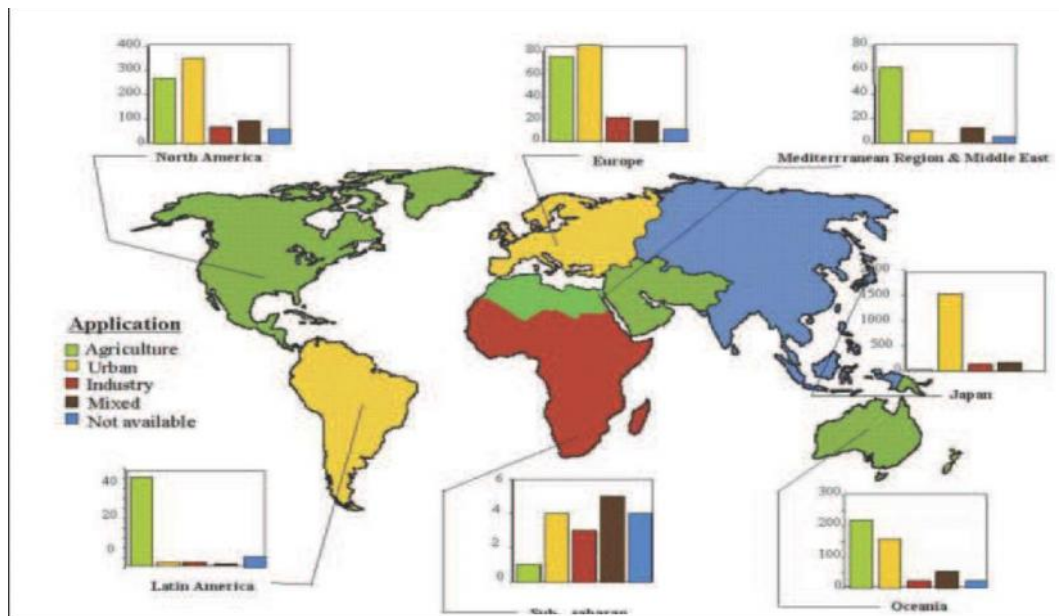
❖ L'Arabie Saoudite, dans la ville de Taif. Cette ville est équipée d'une station d'épuration traitant 70000 m³/jour. Utilisant des traitements tertiaires, les effluents ainsi traités sont utilisés pour l'arrosage des parcs, des jardins ou pour nettoyer les rues, les bus, les taxis.

D'autres pays du golfe Persique, l'Afrique du Sud, la Chine, le Maroc, l'Inde, l'Indonésie pratiquent également la réutilisation des eaux usées.

Sous climat méditerranéen, plusieurs études ont été réalisées sur l'irrigation de cultures au moyen d'eaux usées. La réutilisation des eaux usées épurées pour l'irrigation des cultures à haute valeur ajoutée tel le melon et l'œillet s'avère être une opportunité qui a donné des résultats satisfaisants. «Utilisation des eaux usées en irrigation : Dimitri Xantholins, Faculté des sciences Agronomiques de Gembloux, Belgique ».



Figure N° 1.1: volume moyen journalier des eaux usées recyclées dans quelques pays de la Méditerranée.



FigureN° 1.2 : Aspect de réutilisation des EU dans les différentes régions du monde.

5-Considérations techniques relatives aux plantations irriguées à l'aide d'eaux usées :

L'utilisation d'eaux usées pour les plantations forestières irriguées exige une analyse chimique périodique de l'eau car la qualité des eaux usées varie beaucoup. Outre le pH de l'eau, il importe d'analyser la variation de quantités de chlorure, sulfate, ammoniacque libre, fluor, phosphate, zinc, bore et silice. Les sols destinés aux plantations doivent présenter une bonne porosité sans taux d'infiltration élevé. La capacité d'absorption du sol doit être surveillée de façon à suivre son évolution.

5.1- Aspects sanitaires :

L'utilisation d'eaux usées présente un certain nombre de risques pour la santé: contamination du sol et de la végétation, ruissellement des effluents polluant les canaux, infiltration des eaux usées dans l'eau souterraine, dispersion des microbes par voies biotique et éolienne. Cela nécessite de limiter l'utilisation des eaux usées non traitées ou partiellement traitées aux sites présentant une faible pente et un sol modérément perméable. D'autre part, ces sites doivent être éloignés des zones d'habitation. Les techniques d'irrigation par gravité limitent le contact direct des eaux usées avec le plant, mais ont l'inconvénient de contaminer

Chapitre N 01: La réutilisation des eaux usées en irrigation

les eaux souterraines si on applique les eaux usées en grande quantité. Les techniques d'irrigation par aspersion limitent le risque de pollution des eaux souterraines mais se traduisent par un contact direct des eaux usées avec les plants. Les systèmes d'irrigation localisés peuvent se révéler les plus adaptés à condition qu'on résolve les problèmes de bouchage des tuyaux.

On ne peut assurer une sécurité totale qu'en prenant un ensemble de mesures préventives adaptées à chaque site:

- ✓ Sélection d'essences appropriées (les essences d'arbres forestiers destinés à la production de bois et de bois de feu sont celles qui sont les moins affectées);
- ✓ Sélection d'un site approprié et des techniques d'irrigation qui conviennent;
- ✓ Addition dans les eaux usées de produits appropriés de décontamination.

5.2-Agriculture irriguée :

La quantité des eaux usées rejetée incite les agriculteurs à utiliser cette source d'eau. Aussi, la richesse en éléments fertilisants tel que l'azote, le phosphore et le potassium, nécessaires pour le développement des plantes et aussi pour la fertilisation du sol, permet d'économiser l'achat des engrais et d'augmenter la production agricole,

5.3-Réutilisation industrielle :

La réutilisation industrielle des eaux usées et le recyclage interne sont désormais une réalité technique et économique. Pour les pays industrialisés, l'eau recyclée fournit 85 % des besoins globaux en eau. Les centrales thermiques et nucléaires (eau de refroidissement) sont parmi les secteurs qui utilisent les eaux usées en grande quantité. La qualité de l'eau réutilisée dépend de l'industrie ou de la production industrielle.

5.4-Réutilisation en zone urbaine :

En zone urbaine et périurbaine, la réutilisation des eaux usées est une source importante. Les usages les plus courants sont l'irrigation d'espaces verts (parcs, golfs, terrains sportifs), l'aménagement paysager (cascades, fontaines, plans d'eau), le lavage des rues ou des véhicules et la protection contre l'incendie. Une autre application importante est le recyclage en immeuble, par exemple l'utilisation de l'eau ménagère traitée pour le lavage.

5.5-Production de l'eau potable :

Pour la production de l'eau potable plusieurs pays exigent des normes très sévères dont l'élimination totale des virus (l'Afrique du Sud et l'Australie)

Le progrès technologique du métier de l'eau permet de produire une eau de très bonne qualité, même à partir des eaux usées. De nombreuses études permettent l'utilisation des eaux usées d'une manière correcte, si les procédures suivies dans le traitement peuvent éliminer tous les éléments pathogènes

6-Impacts de l'utilisation des eaux usées traitées en irrigation :

6.1- Effets sur le sol :

La plupart des sols (surtout riches en colloïdes minéraux) ont un pouvoir tampon très grand vis-à-vis des contaminants et possèdent une propriété d'auto-purification qui s'avère cependant être un processus très lent.

La partition des éléments entre les phases solides et liquides du sol est très dépendante du pH. La relation entre la concentration d'un ML donné et le pH se présente sous la forme exponentielle suivante:

$$[ML] = 10^{-2pH + K} \text{ avec } K = \text{constante (ML : les métaux lourds).}$$

Ceci montre bien qu'à chaque diminution (ou augmentation) du pH d'une unité, la concentration du ML en question augmente (ou diminue) cent fois environ. En se basant sur le modèle précédent, il a été montré que l'échange des ML contre les éléments alcalins et alcalino-terreux dans le sol augmente quand le taux de ML sur l'échangeur est faible ou quand le pH est élevé, et diminue avec l'augmentation du taux de ML sur l'échangeur ou la diminution du pH.

L'absorption reste sélective et suit la séquence $Cd < Zn < Cu < Pb$. Ce dernier montre aussi que Zn^{2+} , Cd^{2+} et Cu^{2+} s'échangent avec Ca^{2+} à égalité ou presque, alors que le Pb^{2+} est favorisé par un facteur de 2 à 3 sur Ca^{2+} peut-être à cause de son petit rayon hydraté. Cette relation démontre que les sols calcaires sont très sensibles à cet échange d'ions et peuvent donc être sujets à une rapide contamination par les métaux lourds.

A des taux faibles sur l'échangeur, les quatre éléments ne sont presque pas déplaçables par le calcium.

L'augmentation de la salinisation et l'évolution de la solution du sol où le faciès bicarbonaté- calcique l'emporte sur le faciès chloruré- sodique ; l'utilisation des EUT pendant 2 années consécutives montre que la conductivité électrique (EC) de la solution du sol passe de 0,92ds/m à 1,91 ds/m sur les 40 premiers cm du sol.

Chapitre N 01: La réutilisation des eaux usées en irrigation

Des mesures faites, ont montré un léger accroissement des teneurs du sol en Cu, Pb et Zn. D'après, ces éléments, malgré leurs faibles concentrations, peuvent s'accumuler dans le sol suite à un épandage répété des EUT.

Le phosphore et le potassium sont facilement absorbés sur le complexe absorbant du sol et présentent, par conséquent, un risque minime, au moins à court et à moyen terme.

7.2- Effets sur l'eau :

L'azote et le phosphore sont d'importants polluants des eaux quelle que soit leur origine tandis que le Cr, le Pb, le Hg et le Zn sont d'importants polluants dans les eaux usées domestiques et industrielles.

En matière de pollution des eaux douces, des cas sévères dus au Cu qui tue l'essentiel de la faune et de la flore dans la rivière. Des cas d'empoisonnement humain au Cd ont été observés au Japon, à travers la consommation de riz irrigué à partir d'eau de rivière recevant des rejets minier [02].

6.3-Effets sur les plantes :

Il est souvent difficile d'établir la distinction entre les éléments toxiques, les éléments qui ont des effets bénéfiques et même ceux qui sont essentiels. Tous les éléments traces peuvent avoir des effets néfastes sur la plante si leur disponibilité dans le sol dépasse certains seuils. De tels seuils dépendent de l'espèce végétale, du sol et des conditions climatiques. L'effet de n'importe quel élément sur la plante dépend non seulement de ses propriétés chimiques mais aussi de sa concentration et de la présence d'autres éléments, surtout les métaux lourds (ML), chélates, sites d'adsorption sur le complexe d'échange, quantité disponible dans le sol et enfin conditions édaphiques et climatiques. L'âge physiologique et l'espèce concernée ainsi que les facteurs environnementaux ont aussi leur importance à cet égard. Des éléments tels que Fe, Mn, Cu, B et Zn sont essentiels à des concentrations basses, mais toxiques à des taux plus élevés.

Les éléments les plus toxiques pour les plantes sont entre autres le cuivre (Cu), le zinc (Zn), le plomb (Pb), le cadmium (Cd), le manganèse (Mn), l'arsenic (As) et l'aluminium (Al). Les cas les plus fréquents de pollutions sérieuses, semblent être dus au Cd, Cu, Hg et Zn et Pb.

Les plantes soumises à une exposition chronique sont sensibles à ces éléments qui ne leur sont pas essentiels et qui sont connus pour être dangereux à de faibles concentrations.

Les teneurs en Zn des feuilles et des racines augmentent dans le cas du sorgho irrigué par les E.U.T, sans atteindre des valeurs excessives. Ce même auteur signale que l'irrigation avec les E.U.T n'a pas entraîné de modifications importantes de la composition en micro-éléments de la plante, même après 4 années successives d'épandages.

La concentration des polluants apportée par les EUT est à mettre en équilibre avec celle exportée par les plantes (racines et feuilles) ; cependant, Rejeb(1992) indique que comparées aux quantités de nutriments apportés par les EUT, les quantités exportées sont très faibles.

6.4- Effets liés à la qualité microbiologique :

En ce qui concerne les analyses de la qualité microbiologique des EUT, plusieurs travaux de recherche mentionnent des rendements bactériologiques épuratoires variant de 78,4 à, 88% pour les coliformes fécaux et de 87,7 à 99,4% pour les streptocoques fécaux. Il en reste une certaine quantité qui se retrouve ainsi dans les EUT avec lesquelles est réalisée l'irrigation[03].

Le même auteur [Trad. M. 1988] affirme que d'un point de vue parasitologie, les helminthes présentent le risque le plus élevé de transmission de maladies liées à l'eau usée; ceci est principalement dû à leur longue persistance dans l'environnement et leur faible dose infective. Alouini (1993) mentionne un rendement d'élimination d'œufs d'helminthes de 100% et une présence de 3,9.10² kystes/1 de protozoaires dans les eaux usées, avec un rendement global d'élimination de parasites de 94%.

La présence d'un œuf d'helminthe, humain ou non, viable ou non, témoigne d'un risque de contamination potentiel réel pour la population directement exposée ou par le ténia lorsque des animaux de boucherie pâturent directement après irrigation par les EUT[04].

7-Risques sanitaires de l'utilisation des eaux usées :

Les eaux usées représentent un important véhicule d'agents biologiques (parasites, bactéries et virus) et chimiques (métaux lourds surtout) issus de l'activité humaine et/ou industrielle. Dans les zones d'épandage, le rejet de ces eaux usées est intense. Les agents pathogènes peuvent être transmis à l'Homme lors du contact direct avec les eaux usées, ou indirectement par la consommation de cultures irriguées avec ces eaux usées, ou encore par des produits d'origine animale.

7.1-Notion de risque :

Trop souvent, l'isolement des agents pathogènes à partir des cultures, du sol ou de l'eau d'irrigation est considéré comme indicateur d'un risque potentiel pour la santé de ceux qui entreraient en contact avec l'élément contaminé. Parfois, l'isolement même d'un germe non (ou exceptionnellement) pathogène, mais utilisé comme marqueur usuel de contamination (par exemple : *Escherichia coli*), suffit pour considérer que le risque est réel. On distingue trois niveaux de risque :

✓ Le risque théorique ou potentiel :

Il découle de la présence ou de l'absence d'un microorganisme dans le milieu étudié. Celui-ci peut être un sol, une culture, une eau d'irrigation ou un effluent brut ou épuré. Cette évaluation purement qualitative, de présence ou d'absence de microorganismes pathogènes est une indication microbiologique qui constitue une étape de l'identification du risque, mais qui ne pourrait être assimilée au risque pour l'homme de contracter une infection. En effet, l'homme pourrait être en contact permanent avec une variété de microorganismes pathogènes sans en être nécessairement affecté. Leur présence est une condition nécessaire mais non suffisante pour déclencher l'apparition d'une pathogénie.

✓ Le risque expérimental :

Les agents pathogènes en question doivent survivre en quantité suffisante et être présents dans le milieu à une concentration compatible avec la dose infectante. Celle-ci se définit en tant que quantité de microorganismes nécessaire pour provoquer l'infection d'un individu sensible. Elle est faible pour les parasites (un seul œuf d'*ascaris* est suffisant pour engendrer une infection) mais souvent grande pour certaines bactéries telles que *Salmonella*).

✓ Le risque réel :

C'est le risque de contracter la maladie, observé par l'épidémiologiste dans une population exposée. Il est différent du risque expérimental en ce sens qu'il introduit dans la chaîne épidémiologique les déterminants de l'environnement physique et social susceptibles de modifier l'exposition des individus au risque. Il tient compte aussi de la notion d'immunité individuelle acquise par les membres de la communauté, et de celle du ratio « population réceptive/population immune » dans cette communauté. L'immunité ainsi que d'autres facteurs de susceptibilité ou de résistance appelés « facteur d'hôte », modifient l'expression du risque expérimental dans une communauté. Le risque réel intègre en fait le langage

Chapitre N 01: La réutilisation des eaux usées en irrigation

épidémiologique appelé risque attribuable. Celui-ci est représenté d'infections supplémentaires enregistrées dans une communauté utilisant les eaux usées par rapport à l'époque où elle n'y recourait pas. C'est aussi, le nombre de cas supplémentaires observés dans une communauté utilisant des eaux usées par rapport à une autre qui n'en est différente que par cette seule pratique. Par exemple, si l'agent pathogène dont on veut évaluer le risque est présent dans l'environnement comme polluant habituel, le risque lié aux eaux usées ne sera qu'un facteur secondaire d'exposition. La réutilisation même à l'état brut des eaux usées, jouerait un rôle mineur de contamination de l'environnement.

✓ Danger microbiologique :

Le danger infectieux peut être estimé par la prévalence. Il s'agit du pourcentage des individus infectés dans une population pendant un certain temps donné. Elle donne la fréquence de la maladie au sein de la population. La détermination de la prévalence donne une information importante sur les mesures préventives à entreprendre. Le danger microbiologique est dû aux agents pathogènes véhiculés par les eaux usées (parasites, bactéries et virus).

✓ Parasites dans les eaux usées :

-Protozoaires :

Ce sont des organismes unicellulaires munis d'un noyau, plus complexes et plus gros que les bactéries. Les protozoaires pathogènes sont des organismes parasites, c'est-à-dire qu'ils se développent aux dépens de leur hôte. Certains protozoaires adoptent au cours de leur cycle de vie une forme de résistance, appelée kyste. Cette forme peut résister généralement aux procédés de traitements des eaux usées.

-Les helminthes :

Sont des vers multicellulaires. Tout comme les protozoaires, ce sont majoritairement des organismes parasites. Les œufs d'helminthes sont très résistants et peuvent notamment survivre plusieurs semaines voire plusieurs mois sur les sols ou les plantes cultivées. La concentration en œufs d'helminthes dans les eaux usées est de l'ordre de 10 à 10³ œufs/l

7.2- Bactéries dans les eaux usées :

Les bactéries sont des organismes unicellulaires simples et sans noyau. Leur taille est comprise entre 0,1 et 10 μ m. La quantité moyenne de bactéries dans les fèces est d'environ 10¹² bactéries/g (La majorité de ces bactéries ne sont pas pathogènes. Cependant, chez un

Chapitre N 01: La réutilisation des eaux usées en irrigation

hôte infecté, le nombre de bactéries pathogènes peut être très important. Les bactéries entériques sont adaptées aux conditions de vie dans l'intestin, c'est-à-dire une grande quantité de matière carbonée et de nutriments, et une température relativement élevée (37°C). Leur temps de survie dans le milieu extérieur, où les conditions sont totalement différentes, est donc limité.

Par ailleurs, les bactéries pathogènes vont se trouver en compétition avec les bactéries indigènes, ce qui limitera leur développement.

Les eaux usées contiennent en moyenne 10⁷ bactéries/ml. La concentration en bactéries pathogènes est de l'ordre de 10⁴. Le nombre de germes peut être multiplié par 1 000 dans les eaux de rivières après un rejet urbain.

7.3-Virus dans les eaux usées :

Ce sont des organismes infectieux de très petite taille (10 à 350 nm) qui se reproduisent en infectant un organisme hôte. Les virus ne sont pas naturellement présents dans l'intestin, contrairement aux bactéries. Ils sont présents soit intentionnellement (après une vaccination contre la poliomyélite, par exemple), soit chez un individu infecté accidentellement. L'infection se produit par l'ingestion dans la majorité des cas, sauf pour Coronavirus où elle peut aussi avoir lieu par inhalation.

7.4-Danger chimique :

Les industries rejettent dans l'environnement des polluants chimiques comme les métaux lourds, causant des effets nocifs en pathologie humaine avec dans certains cas des phénomènes toxiques. Entre 1953 et 1960 à MINAMATA au Japon, des personnes sont mortes ou ont été gravement intoxiquées à la suite de l'absorption de poissons, mollusques et crustacés renfermant des taux élevés de mercure organique. La maladie d'ITAI-ITAI ou OUCH-OUCH au Japon, résultant d'une contamination par le cadmium. A Yakima aux USA, 14 familles ont eu une intoxication alimentaire par des œufs contaminés par un fongicide mercuriel. Depuis, l'idée d'une intoxication chronique causée par les métaux lourds a pris naissance chez les écotoxicologues et les toxicologues.

8-Meilleure utilisation et conservation :

La conservation de l'eau est un problème clef dans les zones arides et semi-arides. Les eaux souterraines sont souvent la seule source disponible et, en maints endroits, les réserves sont surexploitées. Lorsque les eaux usées sont évacuées dans les rivières, elles sont

Chapitre N 01: La réutilisation des eaux usées en irrigation

perdues pour le système local, mais leur recyclage en irrigation contribue à la reconstitution de la nappe d'eau souterraine, Ce qui maintient l'eau dans le système et permet de la réutiliser ultérieurement.

Lorsque l'approvisionnement en eau est limité, la tendance est en général d'attribuer l'eau aux utilisations prioritaires, c'est-à-dire l'eau de boisson et les usages domestiques, puis l'agriculture. Il en va de même pour les eaux usées. C'est pourquoi l'agriculture irriguée a beaucoup plus monopolisé l'attention que la sylviculture irriguée. Toutefois, les risques pour la santé et certaines valeurs culturelles et esthétiques limitent le recyclage agricole des eaux usées (en particulier sur les cultures vivrières) dans certains endroits et c'est pourquoi la sylviculture pourrait être une solution plus appropriée. De plus, dans certaines conditions, la sylviculture irriguée est économiquement aussi rentable que l'agriculture irriguée et peut-être même davantage. L'introduction d'arbres dans l'agriculture irriguée, sous forme de brise-vent ou de plantations en bordure de champ, pourrait bien s'avérer la solution la plus intéressante du point de vue économique en de nombreux endroits.

9-Utilisation des éléments fertilisants à des fins productives :

Les eaux usées et même les effluents issus du traitement secondaire sont riches en éléments minéraux nécessaires à la croissance des plantes (azote, phosphore, potassium et oligoéléments). Des expériences ont montré à maintes reprises la productivité accrue des cultures ou des arbres lorsqu'ils sont irrigués avec des eaux usées par comparaison avec de l'eau propre.

Ces éléments fertilisants sont une ressource extrêmement précieuse si on les compare aux coûts correspondants des engrais.

10-Normes D'irrigation :

Les normes ont pour principal objectif la limitation voire l'élimination des risques sanitaires. Ainsi, pour l'irrigation sans restriction, c'est-à-dire toutes cultures autorisées et sans limitation d'irrigation, la pollution microbiologique selon l'OMS doit être de 1000 coliformes fécaux/100ml et de moins de 1 œuf d'helminthe.

Chapitre N 01: La réutilisation des eaux usées en irrigation

Dans certains pays, les normes sont encore plus sévères concernant les eaux usées traitées destinées à l'irrigation des légumes consommés crus une eau de qualité potable est exigée pour une telle application.

❖ Normes de rejet :

Il n'y a pas un règlement commun de réutilisation des eaux usées dans le monde. Ceci est dû :

- > À la diversité du climat, de la géologie et de la géographie,
- > Au type de sols et des cultures,
- > Aux aspects économiques et sociaux,

Néanmoins, quelques pays et organismes ont établi des normes de réutilisation telles la Californie, O.M.S, la F.A.O, France, Italie, le Maroc n'a pas encore un règlement spécifique de réutilisation d'eau usée. La référence est habituellement les recommandations de l'O.M.S

L'Organisation Mondiale de la Santé (O.M.S) a élaboré en 1998 des lignes directrices pour la qualité microbiologique de l'eau : une irrigation illimitée avec une qualité microbiologique de l'œuf nématode/1 et <1 000 bactéries coliformes fécales/100 ml.

Ainsi, les teneurs en métaux lourds ne doivent pas dépasser certaines limites de concentration en eau usée traitée pour l'irrigation continue comme le montre le tableau 1.1 :

Tableau 1.1 : Limites de concentration pour des métaux en eau usées traitée

<i>Métal</i>	<i>Concentration (mg/l)</i>	<i>Métal</i>	<i>Concentration (mg/l)</i>
Aluminium (Al)	5.0	Lead (Pb)	5,0
Arsenic (As)	0.1	Lithium (Li)	2,5
Beryllium (Be)	0.1	Manganese (Mn)	0.2
Boron (B)	0.75	Molybdenum (Mo)	0.01
Cadmium (Cd)	0.01	Nickel (Ni)	0.2
Chromium III (Cr)	0.1	Selenium (Se)	0,02
Cobalt (Co)	0.05	Vanadium (V)	2.0
Copper (Cu)	0.2	Zinc (Zn)	0.005

11-Directives environnementales et sanitaires de la réutilisation des eaux usées et des boues résiduaires :

Les directives environnementales relatives à la réutilisation des eaux épurées dans les communes sont de quatre types:

- > Directives liées aux cultures pratiquées.
- > Directives liées à la pratique de l'irrigation.
- > Directives pour la valorisation des boues résiduaires.

>Directives de contrôle et de surveillance de la qualité des sols et des eaux souterraines.

L'élaboration de ces directives tient compte des aspects spécifiques de chaque commune : niveau de technicité des usagers, nature des sols, et niveau de la nappe.

✓ Les directives Algérienne:

Elle se définit par les articles suivants :

-Article 131 : Les eaux usées ayant fait l'objet d'un traitement d'épuration permettant leur réutilisation.

Chapitre N 01: La réutilisation des eaux usées en irrigation

-Article 137: Les eaux usées épurées peuvent être utilisées soit pour certains du secteur industriel soit pour les besoins de l'irrigation de certaines cultures dans le secteur agricole.

-Article 138: L'irrigation des cultures autres que celles citées à l'alinéa de. L'article 137 ci-dessus, au moyen des eaux usées, même épurées doit faire l'objet d'une autorisation de l'administration concernée.

12-Avantages de l'utilisation des eaux usées:

-La réutilisation des EU, au lieu de l'évacuation de celles-ci, peut contribuer à améliorer l'environnement en :

-Evitant le déversement dans les eaux de surface, ainsi qui permet la conservation des ressources d'eaux qui serviront à des utilisations telles que l'approvisionnement en eau.

-Equilibrant les ressources des eaux souterraines dans des zones ou l'excès d'utilisation causent l'épuisement du niveau de l'eau et l'intrusion de sels.

-Aidant à contrôler la dégradation de l'environnement ainsi que la désertification dans les zones arides par l'irrigation et la fertilisation des ceintures d'arbres.

-Améliorant les conditions urbaines et les activités de récréation par l'irrigation et la fertilisation des espaces verts tels que les jardins, parcs et aires de sports.

-L'utilisation universelle des EU pour les terres cultivées a été appliquée aussi bien comme système de traitement de la terre que comme un plan d'irrigation pour plus de trois siècles. Puisque le traitement de la terre implique l'utilisation de la surface du sol, de la matrice du sol et des plantes pour traiter les EU à un certain niveau, l'irrigation par des EU peut apporter les substances nutritives et la matière organique à la culture.

13-Conclusion :

La réutilisation des eaux usées est une technique en pleine expansion principalement associée à l'agriculture, cette réutilisation a pour objectif principal la production des quantités complémentaires en eau pour différents usages afin de combler des déficits hydriques et de trouver des sources d'eau alternatives pour l'irrigation vu la rareté croissante de l'eau. En revanche l'irrigation continue et incontrôlée par des eaux d'égouts pose de sérieux risques pour la santé, du fait que les eaux d'égouts contiennent une charge polluante chimique toxique, et sont porteuses d'excrétas pathogènes (bactéries, virus, protozoaires, œufs d'helminthe, vers...etc.) responsables des infections gastro-intestinales chez les humains, aussi cette irrigation peut causer des problèmes sur l'environnement

D'autre part, l'impact, surtout sanitaire, de cette réutilisation passe via les mécanismes de formation des eaux usées (domestique, industrielle,...) ce qui nous permet de savoir la composition biologique, chimique et physique de cette eau. L'étude des formes de réutilisation, nous permettent de détecter les différentes formes de danger (microbiologique, chimique,...etc.) menaçant la santé humaine.

Par ailleurs, des problèmes sérieux sont imposés, on doit donc agir et trouver des solutions immédiates et efficaces pour éviter toute menace. Il est donc indispensable de respecter les normes de rejet, et opter pour des procédés de traitement efficaces des eaux usées, avant leur réutilisation.

1- Présentation de la wilaya de mascara :

1.1 Situation géographique :

Mascara est une ville d'Oranie de 828 434 habitants située à l'ouest de l'Algérie à 316 km de la capitale Alger et à 89 km d'Oran. D'une superficie de 5 135 km², Elle est limitée au Nord par les wilayas de Mostaganem et Oran, au sud par la wilaya de Saida, à l'Est par les wilayas de Relizane et Tiaret et à l'Ouest par la wilaya de Sidi Bel Abbas. Elle compte 16 daïras et 47 communes.



Figure 2.1 : situation géographique de ville de Mascara

1.2 RELIEF :

La Wilaya Mascara couvre quatre zones homogènes :

a. Les plaines de Sig et de Habra au Nord : Occupe les communes de ZAHANA, SIG, BOUHENNI, MOHAMADIA, EL GHOMRI, SIDI ABDEL MOUMENE, MOCTAA-DOUZ, R/A/AMIROUCHE, OGGAZ, ALAIMIA, soit 25 % du Territoire de la Wilaya. Elle se caractérise par un climat semi-aride et aride tempéré et une pluviométrie inférieure à 300 mm/an.

b. Les monts des Beni-chougrane, en amont : C'est une chaîne continue de montagnes située entre les plaines de Habra-Sig au Nord et la haute plaine de Ghriss au Sud. Elle couvre 18 communes : MASCARA, CHORFA, EL GUETHENA, AIN FRASS, BOU HANIFIA, HACINE, EL KEURT, EL GAADA, MAMOUNIA, AIN FARES, KHALOUIA, EL BORDJ, SEHAILIA, SIDI ABDEL DJEBBAR, OUED EL ABTAL, EL MENAOUER, FERRAGUIG,

SEDJERARA, soit 32% de la superficie de Wilaya. Les sols sont pauvres et la pluviométrie varie de 350mn à 450mn par an.

c. Les hautes plaines, au Centre : se caractérise par un très grand potentiel Agricole et qui s'étend sur 12 communes : AIN FEKAN, GUERDJOUM, O/TARIA, TIZI, FROHA, GHRIS, MATEMORE, SIDI BOUSSAID, MAOUSSA, TIGHENNIF, HACHEM, SIDI KADA, soit 27% de la superficie de la Wilaya. Elle reçoit 450 mm/an de pluies.

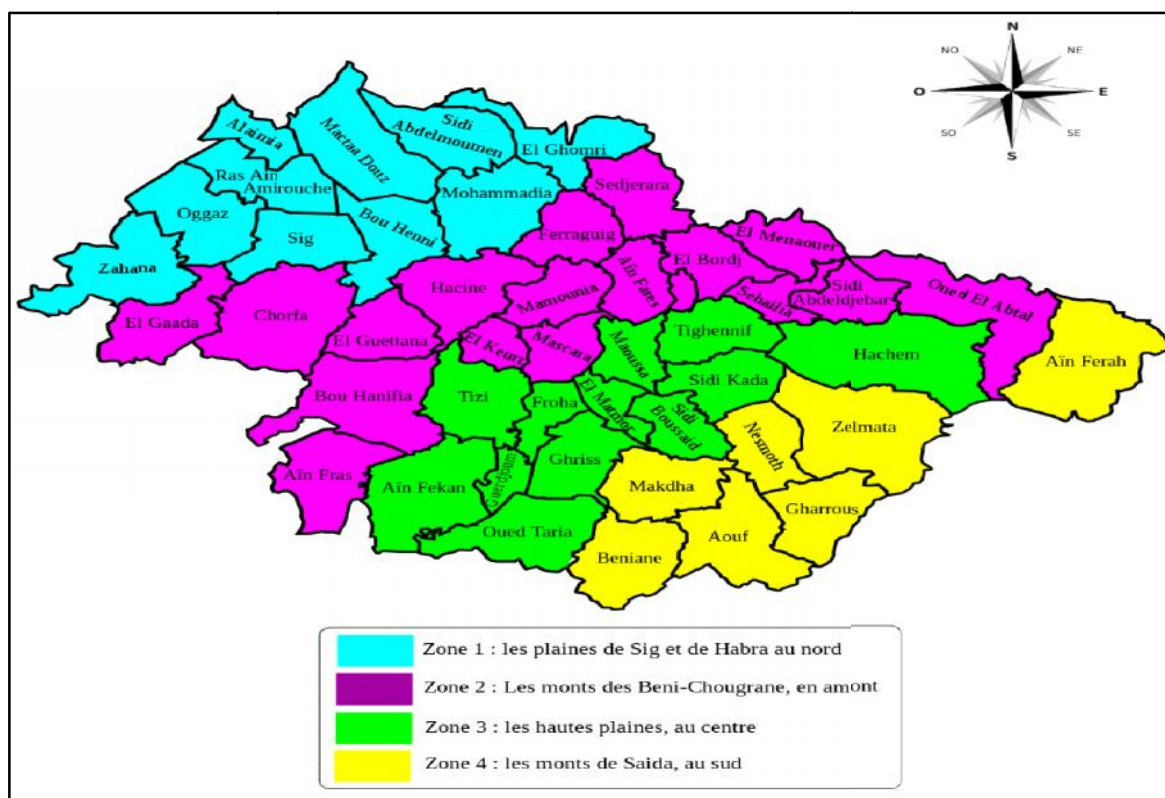


Figure 2.2 : les relief de mascara

d. Les monts de Saida, au Sud : située au Sud de la Wilaya et couvre 7 communes : MAKDHA, NESMOTH, ZELAMTA, AOUF, GHARRROUSS, AIN FERRAH, BENIANE, soit 16 % de la Superficie de la Wilaya avec un climat subhumide frais et un pluviométrie abondantes de 400 mm/an.

1.3 Découpage de la ville de Mascara :

Il existe dans la ville de Mascara huit grandes catégories de secteurs :

- ❖ Secteur 1 : C'est le noyau formant le centre-ville jusqu'à l'ancien stade municipal
- ❖ Secteur 2 : Formé par le quartier Boulilef, La Gare à partir du CEM Amirouche
- ❖ Secteur 3 : Faubourg Faidherbe et Gendro

- ❖ Secteur 4 : Faubourg Martin, la rue MehorMahieddine en longueur ainsi qu'une partie d'Aine Soltane
- ❖ Secteur 5 : C'est le secteur de Bab-Ali et une partie jouxtant Aine-Soltane
- ❖ Secteur 6 : Formé par la zone 9 avec les 936 logs et 614 logs et la zone 8
- ❖ Secteur 7 : Les nouveau lotissements de Bab-Ali A et B projets C et D
- ❖ Secteur 8 : Constitué par le quartier de Khessibia.

1.5 Situation démographique:

La ville de Mascara englobera donc la population de l'agglomération chef-lieu et de la ZE (zone éparse) celle de la VSA (village socialiste agricole) ainsi que la commune de Mamounia.

Tableau 2.1 : Evolution de la population entre 1966/2035

<i>Horizons</i>	<i>Population</i>	<i>Taux d'accroissement %</i>
1966	38.192	2,87
1977	52.187	3,13
1987	71.019	2,58
1998	93.987	2,28
2005	110.034	1,65
2015	129.599	1,65
2025	152.643	1,65
2035	179.784	1,65

Source : Direction des ressources en eaux Mascara

La croissance de la population de la ville de Mascara a connu une assez forte évolution entre les années 1977 et 1987 avec un taux de 3.13 % dû aux mouvements migratoires qu'à connu la ville traduit par l'exode rurale, la situation sécuritaire ainsi que l'offre d'emploi qu'ont généré les activités liés à l'agriculture.

Cette évolution tend à se stabiliser autour d'un taux variant entre 2 et 2.71 %.

Nous opterons pour un taux d'accroissement de 1.65% pour le moyen terme (2025) et le long terme (2035) et ce selon les recommandations de la Direction de l'hydraulique de la Wilaya de Mascara. Car d'après eux le chef-lieu connaît certes une assez forte croissance mais celui-ci connaîtra une certaine stabilité, en améliorant la

périphérie du chef-lieu (agglomérations secondaires et zone éparses) en urbanisation, en équipements et infrastructures de base, et par conséquent mettre fin à l'exode rural.

Sur la base du taux d'accroissement recommandé ultérieurement, l'évolution de la population se situe de la manière suivante pour la ville de Mascara.

1.6- Caractéristiques économiques :

a)-Agriculture :

La surface agricole utile de la région est de 4.994 ha, elle représente 65% de la surface agricole totale. L'agriculture est conditionnée par le climat semi-aride de la région, il faut noter que la céréaliculture (blé dur, blé tendre, avoine) est la prédominante car elle ne requière pas beaucoup d'eau, occupant une superficie de 1450 ha.

Le vignoble constitue une culture très convoitée dans la région, il occupe une superficie de 443 ha.

L'arboriculture (pommier, olivier, poirier, pêchier) occupe une superficie de 315 ha. Les cultures maraîchères ainsi que les fourrages sont développées aussi dans la région avec les taux suivants 22.5% et 16%.

b)-Industries existantes :

La ville de Mascara compte plusieurs activités industrielles qui sont implantés au sein même de son tissu urbain et d'autre dans sa zone industrielle qui est implantée sur une superficie de 165 ha et située dans la région Sud-ouest de la ville.

Il est à signaler que la ville de mascarane compte pas beaucoup d'unités industrielles vu le triple rang administratif qu'elle occupe en tant que Chef-lieu de la wilaya, de Daïra et de commune. La ville s'est donc tournée vers d'autres secteurs à savoir : Le secteur primaire et tertiaire.[05]

Tableau 2.3 : Activités industrielles existantes dans la ville de mascara

Nom Unité/Etablissement	Statut juridique	Secteur d'activité	Effectifs
EMAC	public	Chaussures	144
ERIAD 139	public	Semoule Farine	145
ASMIDAL 28	public	Insecticide	61
EMB37	public	Bouteille Gaz	179
NAFTAL 17	public	Distribution carburant	-
SONALGAZ 1.5	public	Distribution Electricité Gaz	332
ETEM 1.5	public	Electricité rurale	
EMPREMERIE	privé	Impression	12
EMIR SHOES	privé	Chaussures	136
MASCARA AUTO	privé	Mécanique	20
BOUNAB MED*	privé	Etanchéité	80
MESLEM DJAMEL*	privé	Emballage Plastique	20
BEN SAHI KADA*	privé	Mécanique	10
DJEBBAR HABIB*	privé	Torréfaction Café	15
BOUDERBALA*	privé	Emballage Plastique	16
RACHIDDINE*	privé	Emballage Plastique	10

Source : direction des ressources en eaux, Mascara

2- Présentation du périmètre d'EL KOUAYER:

2.1-Localisation et limites:

Le périmètre en question se situe au nord de la plaine de GHRISS, plus précisément à la plaine dite EL-KOUAYER à proximité du village socialiste.

Traversé par un oued drainant les eaux usées de la ville de MASCARA.

2.1.1- Coordonnés géographiques:

Latitude:35°60'Nord.

Longitude:00°18'Est

Altitude: 474m.

Source: (Carte d'état-major).

2.1.2-Relief:

Le relief est aisément favorable à l'accès des engins agricole.

2.1.3-Topographie:

Le terrain présente une pente très faible presque uniforme d'où la facilité à l'emploi des techniques adéquates.

Le périmètre d'étude avec une superficie d'environ 1000hectares est limité à l'Ouest par la route nationale N°06, au Nord

par les monts des Béni-Chougrane, à l'est le chemin de wilaya N°52 reliant MASCARA à MATMORE au sud par l'oued MAOUSSA en passant par marais de sidi LAHCÉNE jusqu'au chemin de la wilaya N°52 au niveau de Dar HASSEHAH-BEN Salem,

2.2-Le cadre géologique:

Le périmètre d'EL-KOUAYER appartient à la plaine de GHRISS qui constitue un bas-fond s'élevant en pente douce au Sud avec une altitude de 450 à 500 mètres.

Elle est limitée au Nord et à l'Ouest par la zone montagneuse des BENI-CHOUGRANE (fin Tertiaire), au Sud et l'Est par les plateaux d'AOUEF qui constituent les débuts des monts de SAIDA (massif Jurassique) et des ondulations accentuées de son manteau quaternaire.

Cette plaine correspond à un fossé d'effondrement à substratum jurassique et remplissage plio-quaternaire.

2.2.1 lithostratigraphie :**2.2.1.1- le quaternaire :**

Il recouvre la totalité du périmètre d'étude représenté par un aciers continental d'origine alluviale avec des argiles rouges brisques à ocres sableuses et l'éléments grossiers (éléments roulés et débris de calcaire) prenant de l'importance à la base ou le ciment argileux disparaît.

2.2.1.2 le tertiaire :

Il est représenté par le pliocènes argileux et le miocène marneux.

a) les argiles pliocènes :

Argiles rouges à éléments de calcaires crayeux avec des grés marins passant à des sables consolidés au sommet.

b) les marnes miocènes :

Marnes de couleur bleue à gris vert à éléments sableux, avec intercalations de grés grossiers à fins de couleur beige.

2.2.1.3 Le secondaire :

a) Le crétacé :

Il est représenté par des calcaires cristallisés gréseux à passages d'argiles parfois sableuses.

b) Le jurassique :

La série jurassique est représentée par un ensemble du KIMMERIDIEN-PORTLANDIEN sont des calcaires dolomitiques sublithographique, parfois gréseux avec alternance de marnes vertes. La série devient argileuse représentant le Callovo-Oxfordien avec des argiles et marnes grises, jaunes et vertes à intercalations bancs gréseux.

2.2.2 La structure :

Sur le plan structural, la plaine de GHRISS est une cuvette d'effondrement dont la subsistance est marquée par les flexures des couches néogènes en bordure des monts des BENI-CHOUGRANE. La transgression marine du miocène, est la dernière sur la plaine avec des dépôts de marnes grises et vertes, ensuite s'installe une activité érosive intense avec des accumulations de sables, galets, dépôts conglomératiques

argileux à proximité des reliefs, des calcaires blancs crayeux dont le centre est occupé par un grand lac.

Après l'assèchement complet de ce dernier, l'érosion reprend avec des dépôts d'argile brique étrique continentale du quaternaire(MOULOUYEN)qui est bien représenté.

Sur le plan tectonique, dans la plaine de GHRISS, les seuls phénomènes connus sont les failles d'effondrement du substratum jurassique dont le jeu se poursuit de nos jours[06].

2.3 Répartition des superficies :

Sur les 1200 ha seulement 1000 ha sont exploitables irriguée au moyen des eaux usées venant de la ville de MASCARA en majeure partie. Uniquement une faible minorité utilise, les eaux des puits.Il y a lieu de vous signaler le danger que représente ces exploitation par leur utilisation des eaux usées, susceptibles de contaminer et de porter préjudice à la santé du citoyen par la consommation du produit agricole[07].

Tableau N°2.4 : Répartition des surfaces suivant la nature des eaux d'irrigation.

Superficie totale exploitable en ha	S.A.I par eau usée en ha	S.A.I par puits en ha
1000	820	180

Source : DSA de Mascara

S.A.I : Superficie Agricole Irriguée.

2.4-Répartition des cultures :

La répartition des cultures de la campagne est présentée dans le tableau suivant :

Tableau N°2.5 : Répartition des cultures de la campagne

Cultures	Surface en ha
<u>Grandes cultures:</u> Orge Blé tendre Blé dur	156
<u>Cultures maraichères</u> Salade Pomme de terre Oignon	318
<u>Légumes secs:</u> Fève	14
<u>Cultures pérennes:</u> Olivier Arbre fruitier	282
<u>Viticulture:</u> Vigne	135
Jachère	95
Total	1000

Source : DSA de Mascara

D'après les résultats obtenus dans les tableaux (2.4 et 2.5) on remarque que la majorité des terres agricoles sont irriguées par les eaux usées à l'exception d'une petite partie qui est irriguée par les eaux des puits. Ceci implique que les eaux traitées ont un rôle important dans l'agriculture pour cette région.

D'après le tableau N°2.5 on remarque que les cultures maraichères occupent le premier rang dans la production agricole de cette région.

Introduction:

Le climat est l'ensemble des phénomènes qui caractérisent l'atmosphère dont l'action influence les êtres qui y sont soumis.

Les fluctuations du climat d'une année à une autre provoquent une augmentation ou une diminution des rendements des cultures.

1- Les précipitations :

La précipitation moyenne annuelle pour la zone d'étude est estimée sur la base des données des pluies annuelles enregistrées à la station pluviométrique de Matmore qui est une station principale, pouvant représenter la région d'études vu sa situation qui est très proche. De plus, elle compte une série d'observation continue et assez longue, elle représente aussi le seul pluviographe de la région.

La valeur de la pluie moyenne annuelle est estimée à $P = 330,8\text{mm}$ en comparant nos données avec celles du tableau N° 3.1 ci-dessous ;

Tableau N°3.1 : Bioclimat méditerranéen

Bioclimat méditerranéen	pluvio moyen/an en mm
Per-humide	Plus de 1200
Humide	800-1200
Subhumide	600-800
Semi-humide	400-600
Semi-aride supérieur	300-400
Arde Moyen	200-300
Arde inférieur	100-200
Arde supérieur	50-100
Saharien inférieur	20-50
Saharien	Moins de 20

Répartition moyenne mensuelle de la pluie annuelle :

La répartition mensuelle de la pluie annuelle a été déterminée sur la base des données de la station.

Cette répartition est donnée dans le tableau 2.3 suivant :

Tableau 2.3 : Répartition pluviométrique (1996-2010)

MOIS	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	TOTAL
p(mm)	39,92	45,76	48,68	25,95	26,15	5,84	4,33	1,32	15,12	31,26	40,55	45,21	330,8
%	12,07	13,83	14,71	7,84	7,9	1,77	1,3	0,4	4,57	9,45	12,26	13,67	100

Source : Station de mascara (Alt 474m)

Cette répartition(%) sera valable pour représenter la région d'étude

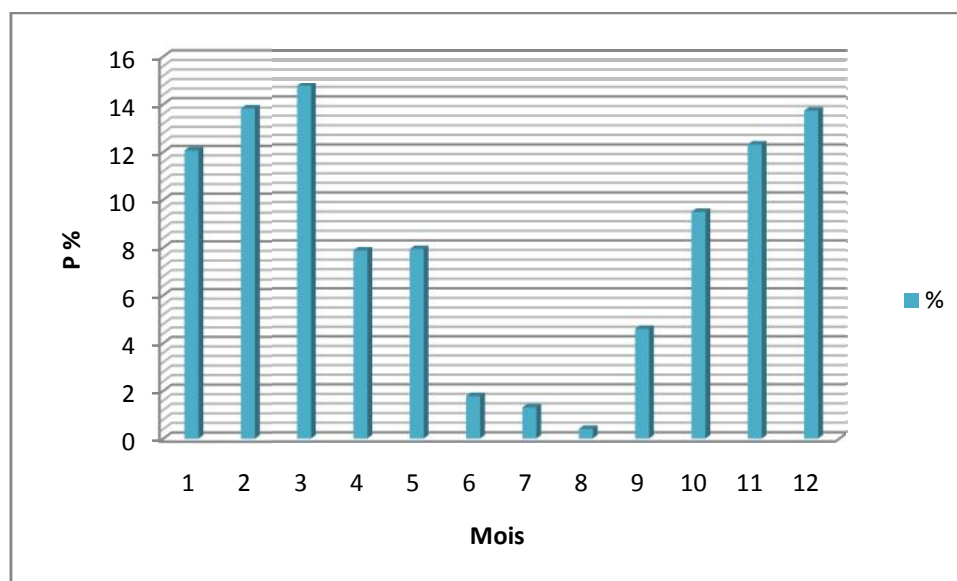


Figure N°3.1 : Histogramme de répartition de la pluviométrie(1996-2010).

2 -La température:

La température est un facteur important pour la mise en place d'une culture donnée dans une région donnée. Elle conditionne les différentes phases du développement et de la croissance de la plante, l'évapotranspiration d'où la consommation hydrique des plantes. La température de la région d'études est représentées dans le tableau suivant :

Tableau N°3.3: Variations moyennes mensuelles et annuelles de la température en °C.

(Période(1996-2010))

Mois	Jan	Fev	Mar	Avri	Mai	Jun	Jui	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec
T(°C)	6,5	9,37	11,61	13,12	17,4	21,32	25,94	26,3	22,57	15,74	13,65	10,57

Source : Station de Matmor Mascara (Alt 474m).

D'après les résultats portés au tableau précédent ;on trouve que :

- La moyenne du mois le plus froid est de 6,5°C correspondant au mois de Janvier.
- La moyenne du mois le plus chaud est de 26,30°C correspondant au mois de d'Aout.
- La température moyenne annuelle est de 16,4°C.

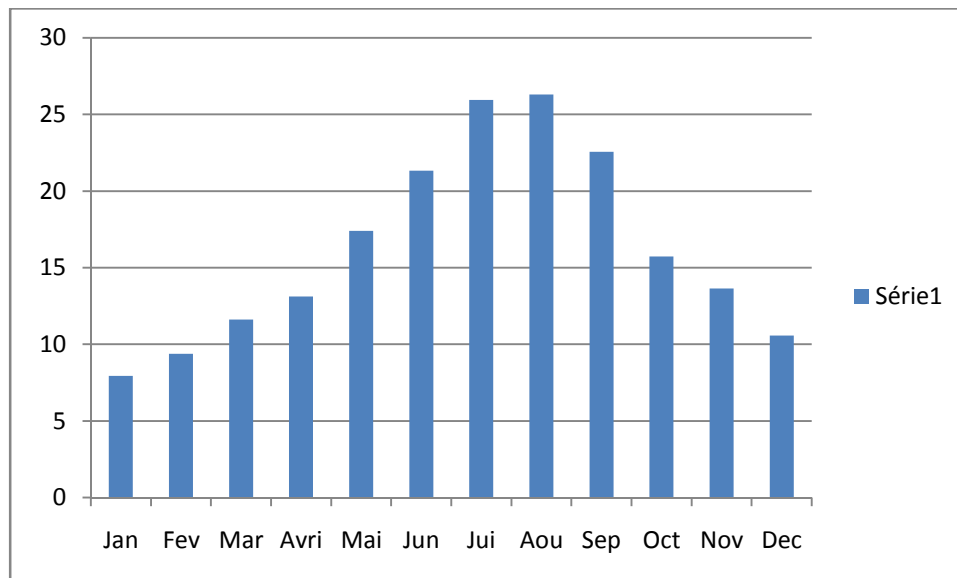


Figure N°3.2 : Histogramme de répartition de la température (1996-2010)

la courbe ombrothermique de « BAGNOULS ET GAUSSEN » :

En appliquant la formule $P = 2T$, le diagramme permet de déterminer la période sèche, ou le mois sec est celui où le total moyen des précipitations est inférieur ou égal au double de la température moyenne mensuelle exprimée en degrés centigrades.

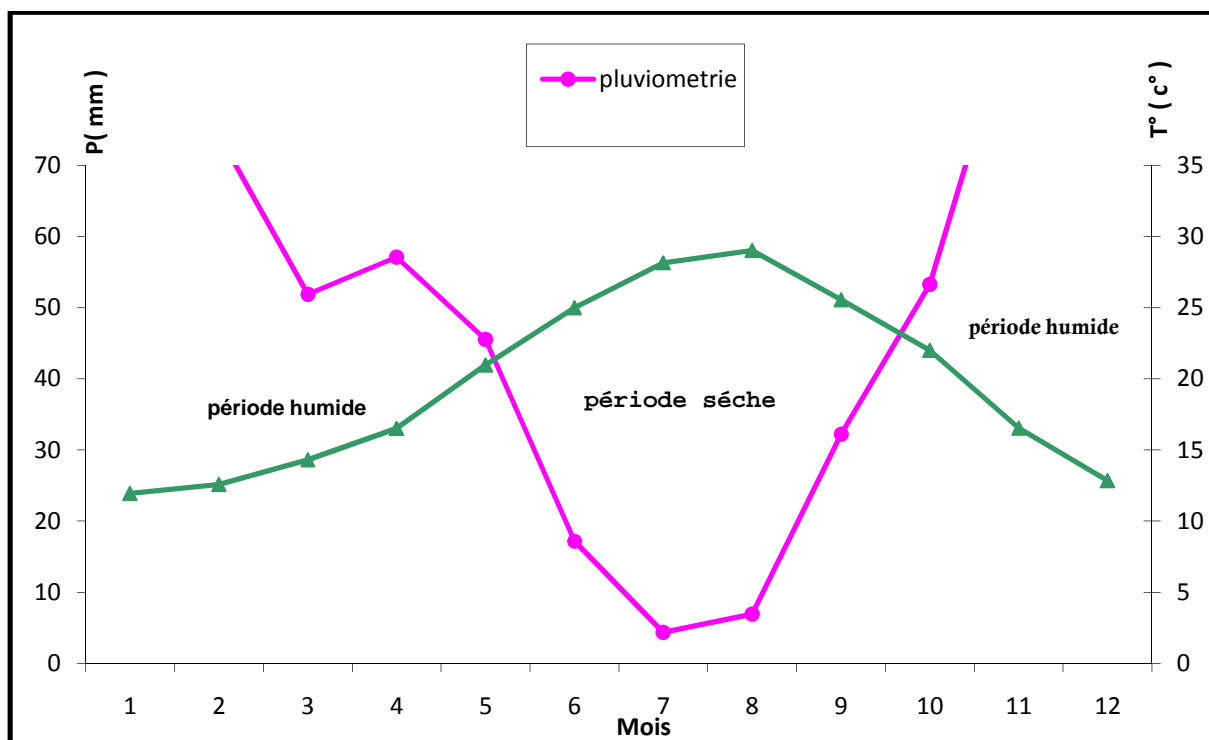


Figure N°3.3 : Coubre ombrothermique (Station de MATMORE 1996-2010).

Interprétation de la courbe ombrothermique:

Il ressort de cette courbe deux périodes distinctes :

- une période sèche allant de mi-Avril à mi-October.
- une période humide allant de mi-octobre à mi-avril.

3- L'humidité :

L'air contient de la vapeur d'eau dont on détermine l'importance à l'aide de l'hygromètre. Sans l'influence du froid cette humidité se condense et produit la pluie les rosées, gelées ou parfois le givre, ce dernier peut par son poids casser les branches des arbres.

L'humidité relative de notre région varie entre 48,69 et de 77,33% , le maximum se situe au mois de décembre et le minimum se situe au mois de juillet (voir le tableau N°3.3).

Tableau N°3.3: variation moyenne mensuelle et annuel de l'humidité en %

Mois	Jan	Fev	Mar	Avri	Mai	Jun	Jui	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec
Hr %	75,89	47,9	72,05	67,12	62,92	56,56	48,69	50,21	59,16	67,33	73,03	77,3

Source : Station de Matmor , Mascara

Hr :Humidité relative mensuelle en pourcentage.

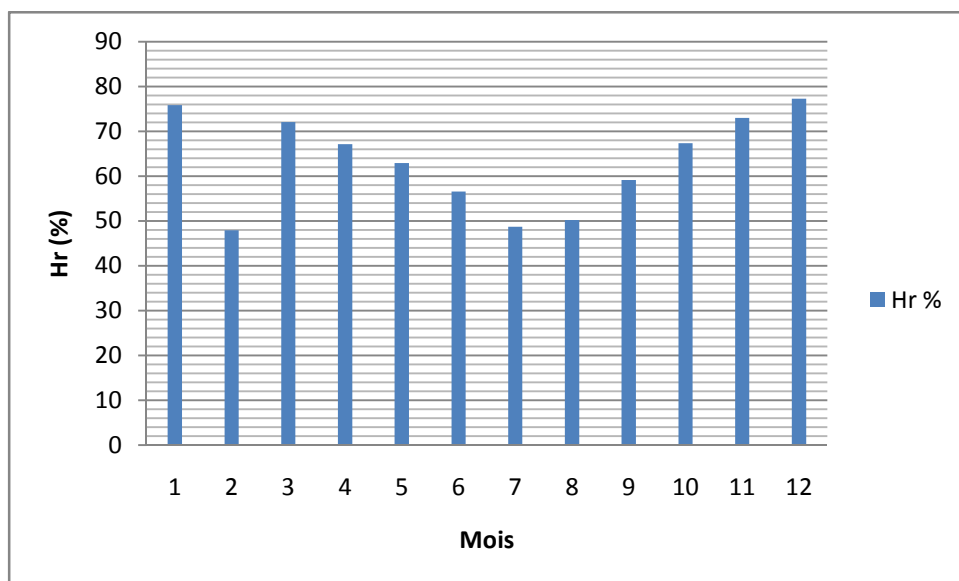


Figure N° 3.4 : Histogramme de répartition de l'humidité relative.

4-Les vents :

C'est l'un des éléments le plus caractéristique du climat local de la région de mascara.

Tableau N°3.4 : moyennes mensuelles et annuelles de la vitesse des vents.

(Période(1996-2010))

Mois	sep	oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mars	Avril	Mai	JN	JT	Aout	Moy
V _(m/s)	2,65	2,25	2,55	2,45	2,4	3,6	2,45	3,25	2,85	2,85	2,5	2,75	2,741

Source : Station de Matmor Mascara

D'après le tableau on remarque que la vitesse la plus forte est marquée au mois de Février, par contre la plus faible est marquée au mois d'octobre.

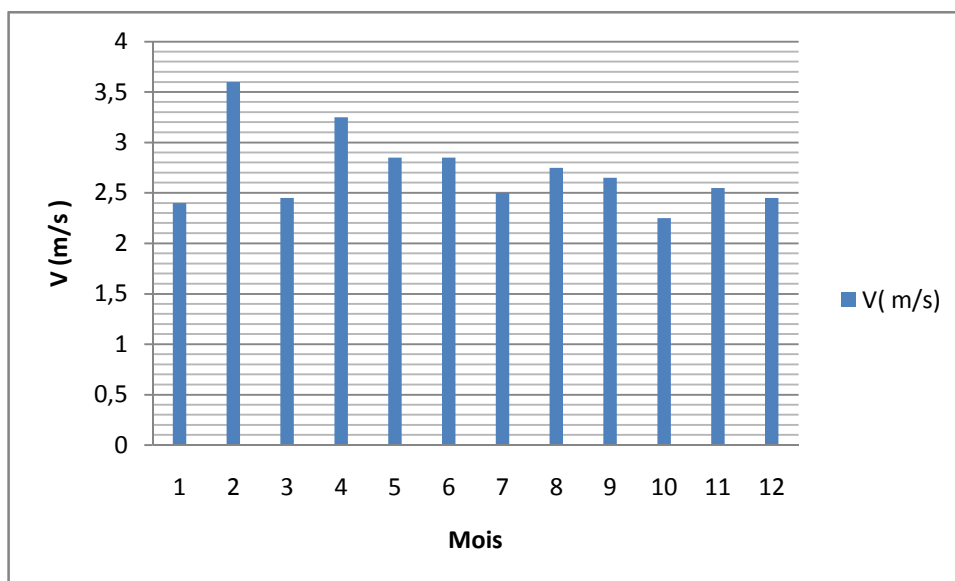


Figure N° 3.5 : Histogramme de répartition des vents (1996-2010)

5- L’insolation :

Le rayonnement solaire représente la source d’énergie primaire associé aux deux facteurs écologiques fondamentaux, la lumière (l’éclairement) et la chaleur (température).

Tableau N°3.6 moyenne mensuelle et annuelle d’insolation (Heure et 1/10)

(Période(1996-2010))

Mois	Jan	Fev	Mars	Avril	Mai	Jn	Jt	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec	moy
I min	134,1	138,5	202,7	220,1	265,7	213,1	310,6	251,9	237,2	192,5	164,4	107,3	203,2
I max	224,8	270	315,9	289,3	289,3	339,7	381,4	333,9	287,8	272,5	226,5	206,5	286,5
I moy	179,5	204,3	259,3	254,7	277,5	276,4	346	292,9	262,5	232,5	195,5	156,9	244,8

Source : station de Mascara (Alt747m)

-Imin : L’insolation moyenne minimale observée pour chaque mois.

-Imax : L’insolation moyenne maximale observée pour chaque mois.

-Imoy : L’insolation moyenne mensuelle.

D’après le tableau ci-dessus on remarque que l’insolation atteint le maximum dans le mois de Janvier avec une valeur de 339,3mm. Le minimum est enregistré au mois de Décembre avec une valeur de 107,3mm, celle la moyenne annuelle est de 244,8mm.

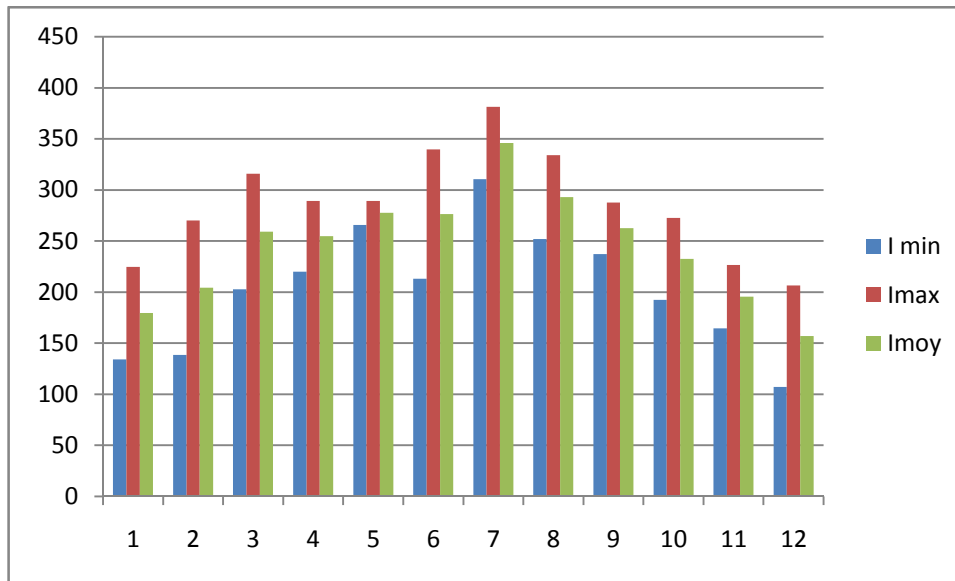


Figure N°3.6 : Histogramme des répartitions d’insolation.

6-LES INDICES CLIMATIQUES:

L’indice est une codification du climat par des formules dans le but de voir l’interférence des différents variables de ce climat et leur action sur les plantes, ces formules se basent principalement sur deux facteurs essentiels :

6.1- L’indice d’aridité de Martonne :

Cet indice permet de préciser le degré de sécheresse de la région et par conséquent de renseigner sur l’indisponibilité de l’irrigation.

$$I_A = \frac{P}{T + 10} \dots\dots\dots (3.1)$$

Avec : **P** : précipitation moyenne annuelles en (mm)

T : température moyenne annuelle en (°C)

I_A : indice d’aridité

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

Tableau II.11 : Limite des climats d'après l'indice climatique de **MARTONNE**

VALEUR D'IA	TYPE DE CLIMAT	IRRIGATION
IA < 5	Désertique	Indispensable
5 < I _A < 10	Très sec	Indispensable
10 < I _A < 20	Sec	Souvent indispensable
20 < I _A < 30	Relativement humide	Parfois utile
I _A > 30	Humide	Inutile

Pour : P = 330,8mm

$$T = 16,3 \text{ } ^\circ\text{C} I_A = \frac{330,8}{16,3 + 10} = 12,58\%$$

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

6.2- Quotient pluviométrique d'EMBERGER :

Il s'agit selon les principes de trace au (1905) d'exprimer la sécheresse globale d'un climat en comparant la dépense en eau (évaporation et transpiration) au gain (précipitation) par le rapport (P / E) dans la quel l'évaporation est exprimée par une fonction de la température.

Expression définitive du quotient Q :

$$Q = \frac{2000P}{(M + m)(M - m)} \dots\dots\dots (3.2)$$

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

P : précipitation moyenne annuelle en (mm)

M : moyenne des maxima du mois le plus chaud (en °K)

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

Pour : $P = 330,8 \text{ mm}$

$M = 26,3 + 273 = 299,3 \text{ K}$

$m = 6,5 + 273 = 279,5 \text{ K}$

Aura :

$$Q = \frac{2000 \times 330,8}{(26,3 + 273)^2 - (6,5 + 273)^2} = 48,33 \text{ mm}$$

D'après le diagramme bioclimatique d'EMBERGER, (3.8), la valeur de

Q = 48,33 mm /K pour une température du mois le plus froid, **T = 6.5 °C**, nous donne un étage bioclimatique «Semi-aride».

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

- L'étage bioclimatique : semi-aride
- Sous étage : Hiver Tempérés.

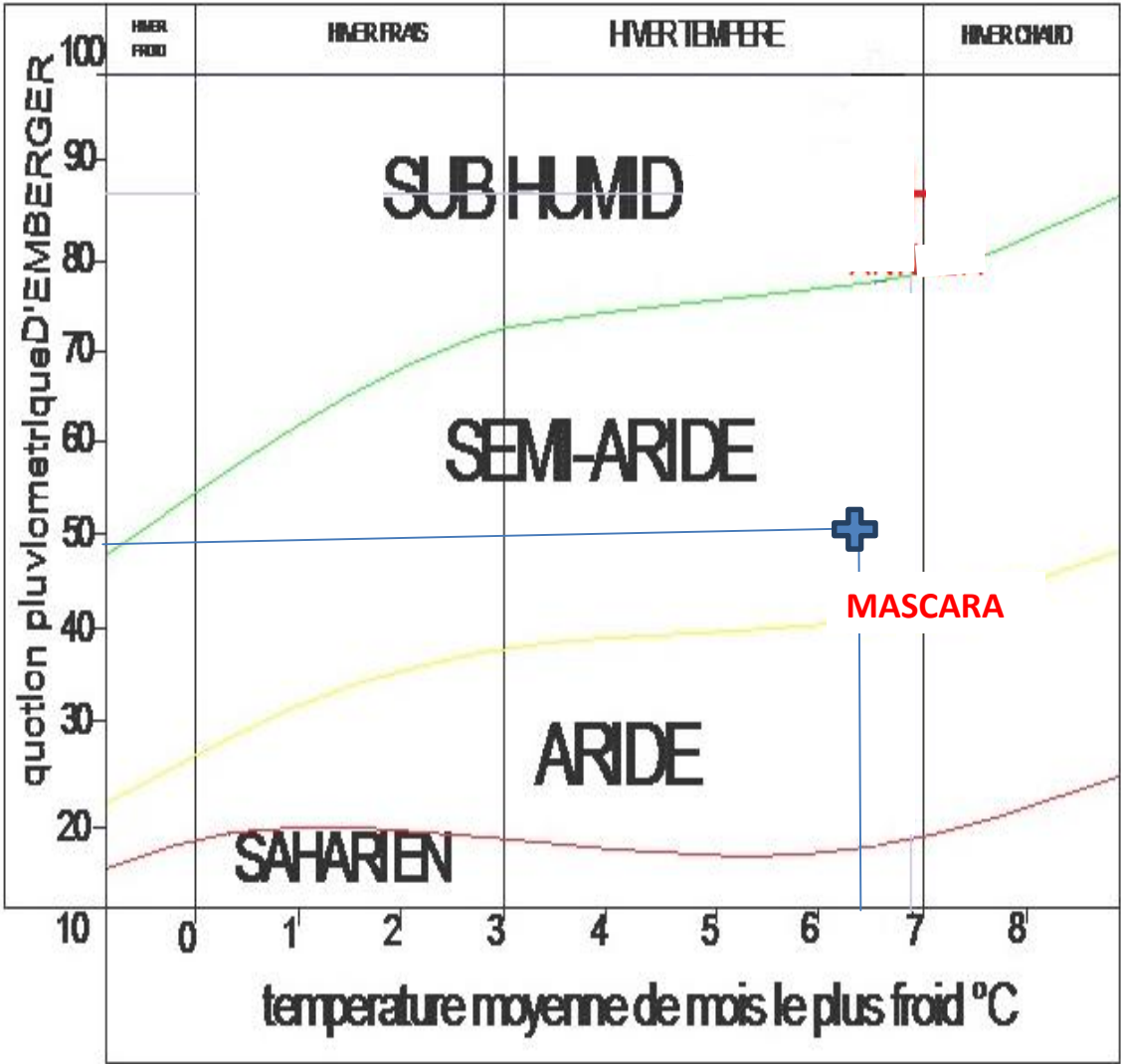


Figure 3.8 : Diagramme bioclimatique d’EMBERGER.

CONCLUSION :

D'après les données climatologiques mesurées à partir de la station de Mascara et le calcul de l'indice d'aridité nous avons constatés que le climat de la zone d'étude est de type semi-aride tempérés dans lequel on distingue deux saisons :

-une saison douce et humide d'octobre à avril avec 83.86% de précipitations et une température moyenne de 10,62°C.

-une saison chaude et sèche de mai à septembre avec 16,14% de précipitations et une température moyenne de 20,91°C

La vitesse du vent dans la région montre une stabilité tout au long de l'année. En effet, le maximum est atteint au mois de février tandis que le minimum est atteint aux mois d'octobre. La moyenne annuelle est de 2,74m/s.

La région reçoit (en moyenne) 330,8mm de pluies.

INTRODUCTION:

Le sol est la partie meuble de la surface de l'écorce terrestre susceptible d'être irriguée et produire des récoltes, l'étude pédologique est d'un intérêt capital pour déterminer le volume d'eau nécessaire à apporter à la plante par l'irrigation.

1- Caractéristique du sol d'EL-KOUAYER :

Pour connaître les caractéristiques et les paramètres pédologiques du sol en question, destiné à être aménagé en un périmètre d'irrigation 10 échantillons (ou carottes) sous une profondeur de 1m du niveau du sol ont été prélevés à travers une superficie d'environ 600 ha au moyen d'une sonde.

1.1-ANALYSE DU SOL:**4.1.1.1 Analyse physique****a- Granulométrie:**

La composition granulométrique d'un sol est le facteur essentiel qui régit ses propriétés physiques, voir tableau N°4.1 indiqué ci- dessous.

Tableau N°4.1 : Résultats granulométrique

Profils	Argile%	Limon %	Sable%	Texture
1	3,6	44,8	51,5	LS
2	3,7	42,9	53,4	S L
3	4,1	38,7	57,1	S L
4	2,6	43	54,4	S L
5	4,5	40,1	55,2	S L
6	5,1	46,6	48,2	LS
7	3,5	39,9	56,5	S L
8	3,1	45,4	51,5	LS
9	2,8	42,5	54,5	S L
10	3,8	45,2	51	LS

Source :DRE de Mascara

✓ L :Limoneux

✓ S :Sableux

D'après les analyses granulométriques, notre sol a une texture qui varie (de sableux limoneux à limoneux sableux)[06].

b-Densité apparente :

La densité apparente est le poids des grains solides par le volume de terre en place elle est nécessaire pour déterminer la réserve facilement utilisable.

$$Da = \frac{\text{poids de terre}}{\text{volume de terre en place}} (\text{g/cm}^3) \dots\dots\dots(4.1)$$

$$Da = \frac{\text{poids de terre}}{\text{volume de grains} + \text{volume de porosité}}$$

Généralement la densité apparente varie entre 1,3 à 1,7 g/cm³.

Pour les sols légers (sables) est de 1,1 à 1,6 g/cm³. Dans notre cas elle varie de 1,2 à 1,3 g/cm³. (voir tableau N°4.3).

c- La vitesse de filtration :

La vitesse de filtration d'un sol, est la vitesse apparente de l'eau s'écoulant à travers un sol saturés sous une pente motrice égale à l'unité, c'est le coefficient (K) de la loi de DARCY qui a donné une colonne de sable.

$$Q = K S \quad H / L \dots\dots\dots(4.2)$$

On désigne souvent l'expression H / L par « I » que l'on appelle pente motrice le débit (Q) est alors donné par l'expression :

$$Q = K S I$$

K : est le coefficient caractéristique du matériaux ou coefficient de perméabilité appelé aussi « vitesse de filtration ». Signalons que les vitesses limites d'infiltration sont de l'ordre de 5 mm/h en sol lourd est de 20 mm/h en sol léger. [08]

Dans notre cas, la vitesse de filtration varie de $(0,2 \text{ à } 21) \times 10^{-5}$ m/s, en comparant nos résultats avec les données du tableau N°4.2 on déduit que notre sol est trop perméable et que l'aspersion est le système d'irrigation qui lui convient.

Tableau N°4.2 : *Classification des sols selon la perméabilité et leur aptitude à l'irrigation.*

Nature du sol	Valeur de K (m/s)	Aptitude des valeurs des sols à l'irrigation (m/s)
Sols imperméables	$K < 10^{-6}$	Ne pas arroser.
Sols assez imperméable	$10^{-6} < K < 5 * 10^{-6}$	A arroser avec précaution
Sols perméable	$5 * 10^{-6} < K < 5 * 10^{-5}$	Aptes à l'arrosage
Terres trop perméable	$K > 5 * 10^{-5}$	Trop perméable utiliser l'aspersion

Résultats de K (voir tableau° 4.3)

d-L'état de l'eau dans le sol :

L'eau dans le sol est soumise à un ensemble complexe de forces variables, d'une part, suivant que la molécule d'eau se trouve au contact d'une particule de sol, dans un petit canal capillaire ou dans un large interstice et d'autre part, suivant le taux d'humidité du sol. [08]

Toutes ces forces conduisent à la définition de trois grandes catégories d'eau (dans le sol).

-L'eau hygroscopique :

C'est la proportion de l'eau retenue par le sol sous forme de fines pellicules disposées autour des particules solides du sol par adsorption. Elle n'est pas facile à extraire donc inséparable des particules solides et non profitable pour les plantes

-L'eau capillaire :

Lorsque le taux d'humidité du sol augmente, les forces d'adsorption reliant l'eau aux particules solides du sol décroissent très rapidement et laissent place aux forces capillaires pour agir sur l'eau du sol, et caractérisent ainsi la catégorie d'eau « capillaire » profitable aux plantes à un certain degré.

-L'eau de gravitation :

Au-delà des deux forces et vers des valeurs plus petites, l'eau du sol se trouve dans un état de liberté et soumise aux forces de gravité (NEWTONIENNES).

e-Valeurs de l'humidité du sol :

Le taux d'humidité, conséquence d'un équilibre entre le sol et l'atmosphère est fonction en grande partie de l'état hygrométrique de l'air et de la nature du sol, c'est ainsi qu'on distingue les principales valeurs remarquables de l'humidité suivantes :

-Humidité maximale :

Elle caractérise un sol gorgé d'eau et ne présente aucun intérêt pratique, car le sol constituera un milieu impropre aux plantes.

-Humidité équivalente :

L'humidité équivalente est la quantité d'eau retenue par la terre avec une force de rétention d'un atmosphère au plus.

$$Heq = \frac{\text{poids de terre sèche}}{\text{poids de terre humide}} \times 100\% \dots\dots (4.3)$$

Dans notre cas elle varie de 21,3 à 23,9%, donc notre sol peut retenir une bonne quantité d'eau voir tableau N°4.4.

-Humidité au point de rétention :

C'est la quantité d'eau retenue par un sol après ressuyage, elle est calculée à partir de l'humidité équivalente.

$$\text{Humidité au point de rétention} = \text{Humidité équivalente} \times \text{densité apparente}$$

Dans notre cas elle varie de 28,7 à 32,7% (voir tableau N°4.4).

-Humidité au point de flétrissement :

C'est la réserve correspondante à l'eau capillaire non absorbable par la plante à ce stade la plante commence à se faner.

L'humidité au point de flétrissement est calculée à partir de l'humidité équivalente.

$$\text{Humidité au point de flétrissement} = \text{Humidité équivalente} / 1,84$$

Dans notre cas elle varie de (11,5 à 12,9%).

Tableau N°4.3 : Résultats des analyses physiques de notre sol.

profils	Densité apparente (g/cm ³)	perméabilité m/s 10 ⁻⁵	Humidité à 105 °C
1	1,37	7	4,1
2	1,32	2	4,1
3	1,29	18	2
4	1,31	13	2
5	1,38	11	2
6	1,43	4	6,3
7	1,35	8	6,3
8	1,48	21	2
9	1,35	9	4,1
10	1,33	2	4,1

Source :DRE de Mascara

Tableau N°4.4 : Valeurs de l'humidité du sol

Profils	Humidité équivalente %	Humidité au point de rétention	Humidité au point de flétrissement
1	23,9	32,7	12,9
2	22,8	30	12,3
3	22,4	28,8	12,1
4	22,9	29,9	12,4
5	23,1	31,8	12,5
6	23,8	34	12,9
7	21,3	28,7	11,5
8	22,5	33,3	12,2
9	21,7	30,1	11,7
10	23,4	29,9	12,7

Pour le calcul de la perméabilité K (m/s) on a :

$$K = \frac{L \times V}{t \times H \times S} = \frac{5 \times V}{t \times 5 \times 7,06} = \frac{V}{t \times 7,06} \times 10^{-2} \dots \dots (4.4)$$

L :Hauteur de la colonne de terre dans le perméamétrie(m) ;

H : Hauteur de la charge d'eau dans le perméamétrie (m) ;

S : Section intérieur du tube de perméamétrie (m²) ;

V : Volume d'eau écouler à un temps t(s), $V(m^3)$;

K : Vitesse de filtration (m/s).

1.1.2- Analyse chimique :

a-La conductivité électrique (salinité) :

La salinité est mesuré à l'aide d'un conductimètre, c'est un appareil qui nous donne la conductivité électrique des solutions.

L'unité est en mmhos/cm à 25°C, notre sol à une conductivité électrique qui varie de 0,31 à 0,49 mmhos/cm à 25 °C.

En comparant nos résultats avec ceux du tableau N°4.5 on constate que notre sol a un bon rendement, sauf les plantes sensibles.

Tableau N°4.5 : Tolérance relative des cultures par rapport aux sels.

CE mmhos/cm à 25	tolérance des plantes
0-2	Presque toutes les plantes donnent un bon rendement,
2-4	Bon rendement sauf les plantes sensibles,
04-8	Bon rendement seulement pour les plantes tolérantes
8-16	Bon rendement seulement pour les plantes très tolérantes
>16	Seulement les plantes très tolérantes peuvent être cultivées pourtant Avec un rendement plus faible

b- Le PH du sol :

Le PH (potentiel en hydrogène) est le logarithme de l'inverse de la concentration des ions $[H^+]$.

$$PH = - \log [H^+] = \log \frac{1}{[H^+]} \dots \dots \dots (4.5)$$

La mesure à l'aide de PH mètre nous a donné des valeurs de notre sol qui varient entre 8,2 et 8,9.

D'après le tableau N°4.5 notre PH caractérise des sols moyennement alcalins à très alcalins aptes à toutes les cultures sauf espèces calcifuges mais dont la croissance est difficile.

Tableau N° 4.6 : Aptitude culturales des sols suivant le PH.

PH du sol	Désignation des sols	Spéculation
3 - 4	Extrêmement acide	Landes ou forêts d'espèce acidophiles
5,5 - 5	Très fortement acide	Prairies
5 - 5,5	Très acide	Prairies espèces acidophiles (seigle)
5,5 - 6	Acide	Prairies et cultures
6 - 6,75	Faiblement acide	Toutes cultures sauf espèces calcicoles
6,75 - 7,5	Neutre	Toutes cultures sauf espèces calcicoles
7,5 - 7,8	Faiblement alcalin	Toutes cultures sauf espèces calcifuges
7,8 - 8,5	Moyennement alcalin	
Plus de 8,5	Très alcalin	Croissance difficiles

c-Le calcaire total :

D'après les résultats obtenus, par la méthode de « Calcimètre de BERNARD » indiqués dans le tableau N°4.6. En les comparant avec ceux du tableau N°4.10, nous avons trouvé que le pourcentage de calcaire total est : $2,1 < \% \text{CaCO}_3 < 14,5$ ce qui implique que le sol est moyennement calcaire.

Tableau N°4.7 : Taux de calcaire total ($\% \text{CaCO}_3$)

$\% \text{CaCO}_3$	Terre
<5	légèrement pourvue en CaCO_3
5 à 10	Peu calcaire
10 à 25	Moyennement calcaire
25 à 50	Hautement calcaire
> 50	Fortement calcaire

d-La teneur en matière organique(MO) :

La matière organique est nécessaire pour le sol car, elle est source des éléments nutritifs pour les plantes, et pour une amélioration de la structure du sol. Dans notre cas la matière organique varie de 0,07 à 8,87% ;(voir tableau N°4.9).

En comparant nos résultats avec ceux du tableau N°4.8 les parcelles ont des caractéristiques variant d'un sol très faiblement humifère intensivement humifère, ceci est dû à l'irrigation des cultures avec de l'eau usée qui est très riche en

matière organique ce qui explique qu'il y a des parcelles où la teneur en matière organique est très élevée.

Tableau N°4.8 : Taux de matière organique (MO).

Taux de matière organique %	Terre
< 1	Très pauvre
1 à 2	Pauvre
2 à 4	Moyenne
> 4	Riche

Tableau N°4.9 : Résultats des analyses physiques de notre sol.

<i>Profils</i>	<i>PH</i>	<i>CE(mmhos/cm)</i>	<i>%CaCO₃ total</i>	<i>MO %</i>
1	8,3	0,33	14,5	4,06
2	8,3	0,39	3,2	1,49
3	8,4	0,31	3,9	8,87
4	8,3	0,49	2,3	5,12
5	8,3	0,39	4,2	7,9
6	8,9	0,35	7,5	0,19
7	8,2	0,33	5,3	1,31
8	8,3	0,34	10,2	3,2
9	8,2	0,37	2,1	6,79
10	8,5	0,26	12,6	0,07

Source :DRE de Mascara

1- Situation géographique de la station d'épuration:

La station d'épuration de MASCARA se situe en aval des émissaires de la ville, plus précisément à proximité de la route RN N°6.

1.1-Coordonnées géographiques:

X : 35° 60'Nord (Latitude);

Y : 00° 18' Est (Longitude);

Z : 510 m (Altitude).

(Source :carte d'état-major)

L'actuel site ne répond pas aux exigences de la station, Il y a lieu de vous signaler que le site pris en considération lors de l'étude établie par le bureau d'étude à l'époque se situe plus bas à environ 1.5 Km du site actuel, sa position est stratégique du moment qu'il contribue énormément à réduire les charges d'exploitations en l'occurrence les frais d'énergie, ceci par une descente en gravitaires de tous les émissaires existants convergent vers ce point qui est la station. Malheureusement une décision prise pour le déplacement à ce site expose la station à des contraintes engendrant actuellement son arrêt, par l'emploi d'une station de relevage de l'oued vers la station comme il y'a lieu de prévoir aussi une autre station de relevage pour acheminer les rejets de l'émissaire Ouest y compris KHESSIBIA.

2 Les caractéristiques de la station de traitement des eaux usées:

La station d'épuration de MASCARA est de type boues activées à faible charge (ou aération prolongée).

Le procédé à boues activées consiste en un réacteur biologique aérobic où l'on provoque le développement d'une culture bactérienne dispersée sous forme de flocons. Afin de ne pas perturber le bon fonctionnement de la station d'épuration par des matières lourdes, volumineuses ou difficilement biodégradables, les traitements biologiques sont précédés de prétraitements adéquats qui consistent en un dégrillage et dessablage-déshuilage.

La station fonctionne à une faible charge massique (cm égale à 0.01 Kg DB05/Kg MS/j), donc suivant le processus d'une aération prolongée. Par ce procédé on obtient une très bonne efficacité d'élimination de la DBO et un très bon degré de stabilisation (minéralisation) des boues secondaires en excès.

2.1-Les données de base:

- Type du réseau : unitaire
- Nature des eaux brutes : domestique
- Population : 100.000 équivalent habitant
- Débit moyen journalier : $13.000\text{m}^3/\text{j}$
- Débit par équivalent habitant : $130\text{l}/\text{hab}/\text{j}$
- Débit moyen horaire : $550\text{m}^3/\text{h}$
- Coefficient de pointe : 1,7
- Débit de pointe : $950\text{m}^3/\text{h}$
- Demande biochimique en oxygène(DBO5) :
 - charge journalière : $5,83\text{ kg}/\text{j}$
 - DBO5par équivalent habitant : $58\text{g}/\text{hab}/\text{j}$
- Matière en suspension (MES) :
 - charge journalière : $7.000\text{kg}/\text{j}$
 - MES par équivalent habitant : $70\text{g}/\text{hab}/\text{j}$

2.2Les garanties du traitement:**2.2.1-Réduction de la demande biochimique en oxygène:**

- La demande biochimique en oxygène à l'entrée : $440\text{ mg}/\text{l}$
- La demande biochimique en oxygène à la sortie : $30\text{ mg}/\text{l}$
- Taux de réduction : 93.7 %

2.2.2-Réduction des matières en suspension:

- Les matières en suspension à l'entrée : $540\text{ mg}/\text{l}$
- Les matières en suspension à la sortie : $30\text{ mg}/\text{l}$
- Taux de réduction : 95.6%

2.2.3-Le fonctionnement de la station:

L'eau brute arrive sous pression par une canalisation de 800 mm de diamètre dans un puisard muni d'un by-pass en amiante-ciment de 800 mm de diamètre. La côte d'arrivée est à +3.75 m du sol, celle du radier du puisard à 1.70m de profondeur.

L'eau chargée coule gravitairement dans un canal de 800 mm de diamètre, elle traverse une grille fine à nettoyage automatique dont l'écartement des barreaux est de 20 mm, dès que le niveau de l'eau en amont de la grille atteint +3.82 m (pertes de charge de 7 cm), le râteau mécanique V s'enclenche automatiquement pour débarrasser la grille de ces débris, une horloge permet d'assurer un nettoyage à des intervalles de temps réguliers en fonction de l'importance des quantités des débris (en cas de défaillance, on utilise une grille manuelle).

L'eau dégrillée passe dans le déssableur-déshuileur aéré ou elle sera débarrassée de sables et sables, ensuite elle passe sous un baffle de tranquillisation avant d'être transférée gravitairement dans le bassin d'aération, le niveau du plan d'eau passe de +3.74m à + 2.92m.

L'eau est alors répartie dans deux bassins d'aération rectangulaires (62m x 220m x 4.5m) au bout de 21 heures l'eau subit une stabilisation quasi-complète où la matière organique se trouve presque intégralement dirigée vers deux décanteurs à partir de deux goulettes installées latéralement par des conduites en amiante-ciment de 800 mm de diamètre, le niveau de l'eau passe à la cote +2.36 m, après un séjour de 3.5 à 6 heures, l'eau se trouve presque complètement décantée.

Ensuite, elle se déverse dans une goulette circulaire qui débouche dans un puisard (un pour chaque décanteur), avant d'arriver gravitairement dans le bassin de chloration (28m x 8m x 3.20m) par une conduite en amiante-ciment de 400mm de diamètre, pour subir une désinfection (par l'hypochlorite de sodium NaOCl "eau de javel") pendant 47 minutes.

A la sortie du bassin de chloration l'eau se trouve à +1.86 m du sol, où elle est évacuée à partir d'un puisard par une conduite en amiante-ciment de 500 mm de diamètre, dans un regard avant d'être rejetée dans l'oued à -2.66m.[05]

2.3 Origine et volume des eaux traitées :

La station d'épuration permet de réutiliser l'eau usée et traiter de la ville de Mascara pour les besoins de l'agriculture justifie pleinement du fait des coupures dans la distribution en eau potable.

La station d'épuration prévue pour le traitement de l'équivalent de 100.000 habitants avec une dotation journalière de 130 l/s peut débiter en moyenne 18.000 m³/jour.

Le débit des eaux usées ne sera environ que de 93.000 m³/jour. La quantité pouvant être traitées actuellement ne devrait pas dépasser les 85.000m³/jour.

Le débit des eaux usées arrivant à la station est d'environ $12000\text{m}^3/\text{j}$ avec trois arrivées parmi les quatre prévues normalement ; celle de Debagha et coté la gare (gravitairement) et celle provenant par relevage SR1. Ainsi la charge hydraulique admise atteint sa capacité nominale $13.000\text{m}^3/\text{j}$ en 2020 avec un raccordement à la step de 80% seulement[05].



Figure N° 5.1 : *Station d'épuration des eaux usées de la wilaya de MASCARA.*

3-Caractéristiques des eaux brutes de la ville de Mascara :

Le tableau qui suit récapitule les principales caractéristiques physicochimiques des eaux acheminées vers la STEP.

Tableau 5.1: les principales caractéristiques physicochimiques des eaux acheminées vers la STEP.

Paramètres	Evaluation	Normes
DBO ₅	800 mg/l	30 à 40 mg/l
DCO	1408.89 mg/l	90 mg/l
MES	105 mg/l	60 mg/l
MO	/	/
pH	7.85	Entre 6.5-8.5
Colleur	marron	Non perceptible

Source :DRE de Mascara

3.1- Description des procédés de la station d'épuration des eaux usées de la ville de Mascara :

3.1.1- Les ouvrages de traitements physico-chimiques et biologiques :

L'eau brute arrivée par une conduite 800m à partir de réseau de la ville . La station comprend :

- > Relevage ;
- > Une grille fine ;
- > dessaleurs—déshuileurs ;
- > Deux bassins d'aération ;
- > Deux décanteurs secondaires ;

>Un poste de désinfection.

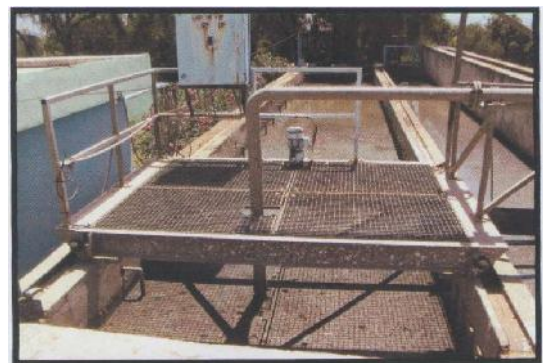


Figure N°5.2: dégrilleur grossier Figure N°5.3 : dessableur, déshuileur



Figure N°5.4: dégrilleur fin

3.1.2-Description des processus de la STEP de Mascara :

Les eaux usées sont collectés par gravité ou par pompage grâce à une station de relevage automatique. Les opérations suivantes sont réalisées :

❖ **Le prétraitement des eaux usées domestiques:**

Avant leur traitement les eaux bruts doivent généralement subir un prétraitement qui a pour objectif d'extraire la plus grande quantité possible des éléments de la nature ou la dimension constituerait un gêne pour les traitements ultérieure. De nature physique le prétraitementcomponne les opérations suivantes : le dégrillage, le dessablage, le déshuilage et le dégraissage.

a)Dégrillage:

Ces, le première procéssus, de traitement pour but de rétention des déchets volumineux, tels que les morceaux de bois, les bouteilles en plastique, les saches e, aussi pour protéger les Ouvrages aval conte l'arrivée de grande grosse objets susceptibles de provoquer des bouchages dans les différents unités de l'installation. Le dégrillage se faire on me, en place un système de grilles droites qui sont placées en position verticale et inclinées un peu horizontalement environ 60°.

L'espace entre les barreaux de dégrillage est environ 20 mm et leur épaisseur est de 40 mm avec une largeur de canal de dégrillage de 1400 mm, la hauteur de l'eau est de 600 mm. Dans cette étape on a une opération de nettoyage qui se fait manuellement pour éviter le colmatage de l'installation. Ces déchets en suite sont évacués dans une benne qui est à la fois pleine, va bien évidemment à la décharge.

b) Le dessablage :

L'eau ayant subi un dégrillage passe par une opération de dessablage. Cette technique consiste à éliminer les graviers, sables et les particules minérales plus au moins fines, de façon à éviter les dépôts dans les canaux et conduits, à protéger les pompes et autre appareils contre l'abrasion et éviter le perturber les stades de traitement en utilisant des couloirs aérés par insufflation d'air. La longueur du dessaleur est de 22 m et sa largeur de 2,40 m. Les sables sont ensuite récupérés par pompage et rejetée dans un bac à sable.

c) Le déshuilage et le dégraissage :

Ce sont des opérations destinées à éliminer les graisses et les huiles présentes dans les eaux résiduaires qui ont une densité l'égerment inférieur à l'eau, par l'effet de flottation à travers une lame déversant d'une hauteur régler. La largeur du déshuileur est de 1,40 m et sa longueur de 22 m. Les graisses flottantes ne sont pas récupérées parce que cette opération n'est pas prise en considération dans cette station.

d) L'aération :

Les eaux prétraité sont écoulées vers les deux bassins d'aérations à travers un collecteur d'un béton, (Chacun contient 3 aérateurs). Ces eaux usées contiennent des bactéries, des protozoaires, des champignons, des vers, des larves d'insectes, des rotifères ...etc. Cette opération se fait dans un bassin de 62 m de longueur et de 20 m de largeur et une profondeur de 4,5 m soit une surface de 2590 m² et un volume de 11 575 m³.

Ce traitement biologique se fait par des boues activées naturellement par les bactéries présentes dans les eaux usées. L'aération se fait en 20 minutes suivie de 40 minutes de repos ou bien 30 minutes fonctionnement et 30 minutes de repos selon le taux d'oxygène présent dans les bassins d'aération.

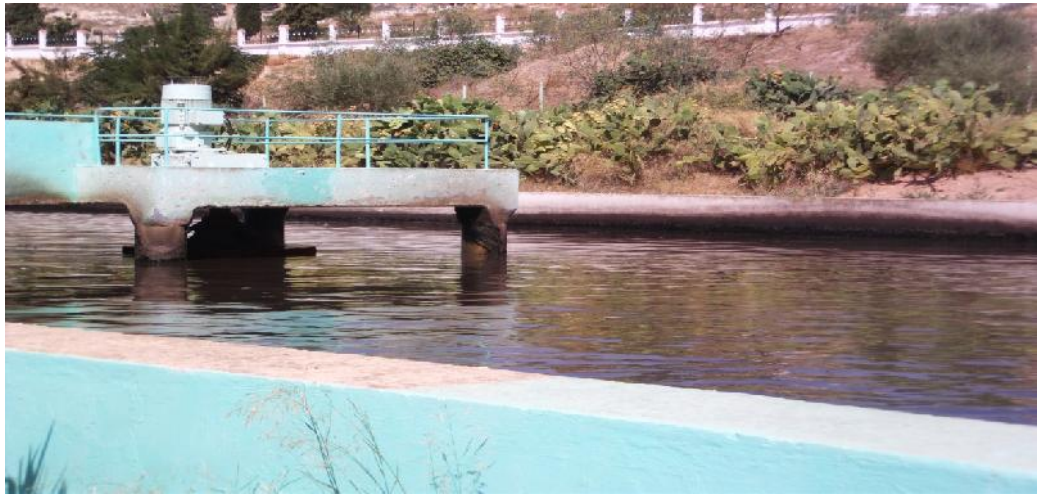


Figure N°5.5 :bassin d'aération

e)La décantation :

Après l'aération l'eau s'écoule vers un canal pour leur distribution dans les bassins de décantation. Il existe de 2 bassins de décantation. Le diamètre du décanteur est de 36 m et sa surface unitaire de 1018m^2 avec une profondeur de 2.60 m. Les eaux usées ou résiduaires prétraitées et subissant un traitement biologique contiennent encore des matières minérales et organique. Cette étape se traduit par une production des boues qui est pompée et refoulée vers un épaisseur. Le décanteur contient des gollotes dans le coté supérieure et il est doté d'un racleur rotatif permettant de réduire les dimensions des boues. Lorsque les bassins de décantation sont saturés d'eau, le surplus flotte et traverse les gollotes du décanteur et s'écoule dans un canal pour passer ensuite dans le bassin de désinfection. Les matières qui sédimentent sont récupérées par un racleur en fer fonctionnant à faible rotation pour ne pas mélanger l'eau épuré et la matière qui se transformé après en boues.

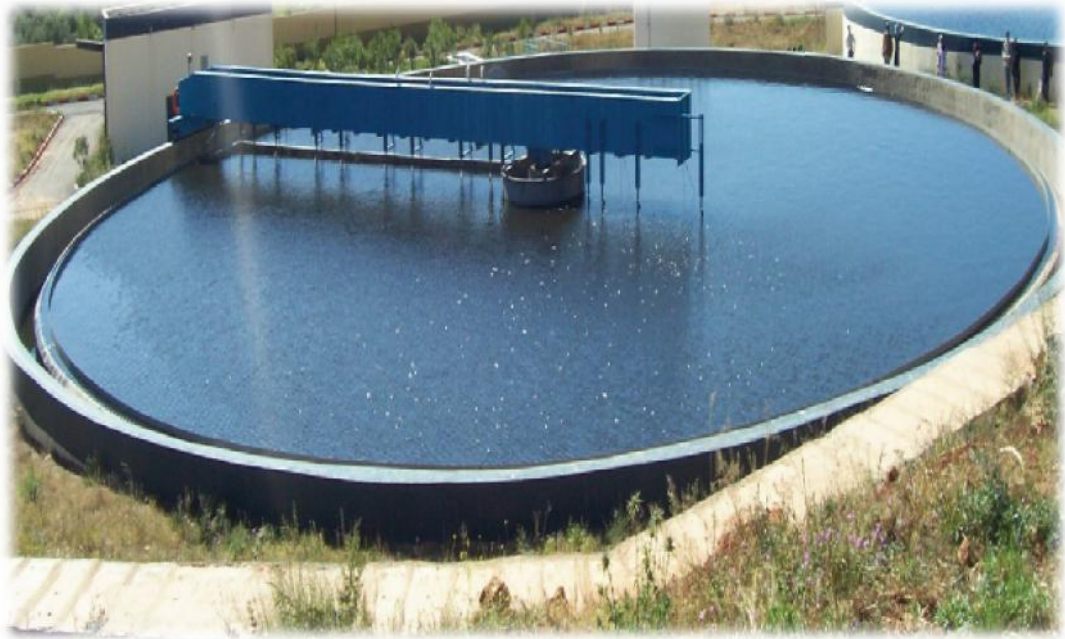


Figure N°5.6 : Le décanteur

f) La désinfection :

c'est la dernière opération de l'épuration des eaux usées se fait dans un grand bassin qui contient des passages. Les dimensions de ce bassin sont de 28 m de longueur et 9 m de largeur et une profondeur de 3,20 m soit une capacité de 806 m³.

Evacuation des eaux épurées : Les eaux épurées sont acheminées vers des conduites alimentant des terrains agricoles pour l'irrigation. Quand les canalisations sont pleines, l'eau est évacuée vers l'oued Ain el Beida.

g)Le traitement des boues:

Cette opération comprend l'épaississement où les boues en phase de décantation sont récupérées par racleur puis pompées vers l'épaississeur pour éliminer l'eau. Cette opération dure 72 heures dans l'unique bassin. Le séchage des boues se fait ensuite dans les lits de séchage au nombre de 20 qui sont alimentés par pompage des boues épaissies. Le séchage se fait naturellement sous l'effet du vent et du soleil pendant des semaines et aux et aux mêmes temps l'eau qui en découle est filtrée est envoyée vers les décanteurs pour une ré-décantation.



Figure N°5.7 : épaisseur de boues

h)Lits de séchage :

Les boues évacuées de l'épaississeur sont introduites dans des lits de séchage par une conduite d'alimentation conduisant à l'entrée de chaque lit. Ces derniers sont conçus avec un radier imperméable en béton recouvert d'une couche de graviers et de sable. L'eau filtrant à travers le sable et le gravier s'écoule sur le radier en béton et est collectée par un réseau de drains.



Figure N°5.8 :Lits de séchage

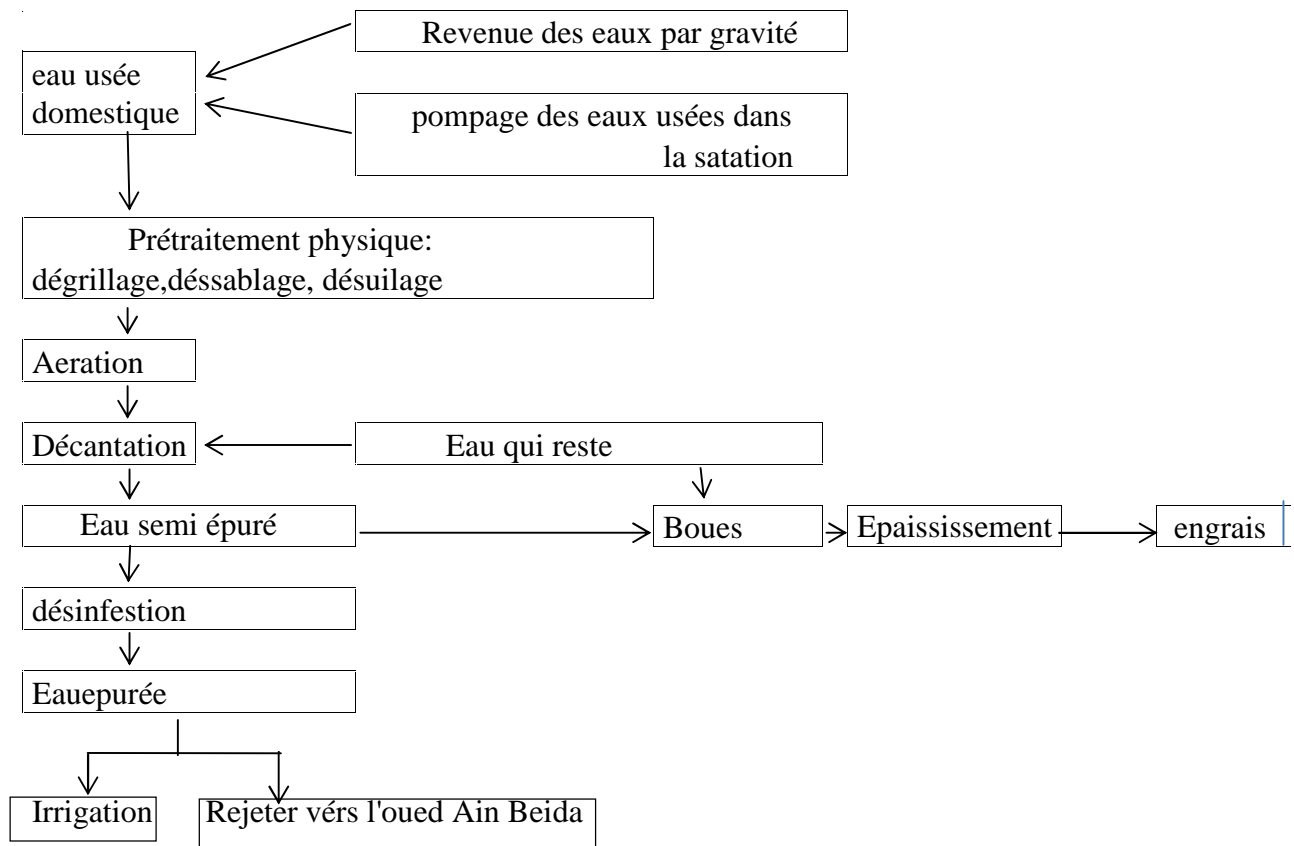


Figure 5.9 : processus de traitement STEP de la ville de Mascara.

4-CONCLUSION :

Ces différents procédés permettent d'obtenir une eau débarrassée d'une grande partie de ces polluants et des boues constituant un sous-produit de l'épuration.

La station d'épuration de la ville de Mascara traite les eaux usées avant de les rejeter dans l'exutoire Final (Oued Ain Beida) et seront utilisées en agriculture.

Introduction

Il a été démontré par de très nombreux travaux, que l'étude des besoins en eau des cultures est très complexe compte tenu de la complexité du milieu(sol-climat) et de la physiologie des plantes.

Le degré des besoins des différentes cultures (plantes) est généralement marqué par une relation assez particulière des plantes.

C'est ainsi que par exemple le phénomène de la régulation stomatique est l'une des réaction essentielle des plantes au manque d'eau (déshydratation).

Mais si cette fermeture des stomates dure longtemps (manque d'eau continu), les possibilités d'accès du gaz carbonique (CO₂) aux tissus chlorophylliens seront diminuées ce qui affecte donc le phénomène de la synthèse chlorophyllienne et par conséquent la production agricole.

La réponse des plantes au phénomène de dérégulation de leur satisfaction en eau, stress hydrique, est perçue différemment selon le type de plante, le climat, le sol etc...

En définitif l'eau est un facteur limitant pour la production agricole en constituant le dénominateur commun aux éléments du système climat-sol-plante et dont la connaissance de son utilisation donc sa gestion est primordiale.

Dans ce contexte et afin de déterminer le rôle de l'eau dans la vie des plantes autant que caractère limitant de la production nous allons essayer de mettre en exergue les différentes méthodes d'évaluation des besoins en eau des cultures la chose qui va se limiter pour notre travail à l'étude des relations plante-climat.

6.1 L'évapotranspiration:

L'évapotranspiration a été introduite en 1948 simultanément par THORNTHWAITE et PENMAN, le premier en étudiant le caractère physique « l'évaporation » par utilisation de la méthode des lysimètres pour quantifier le bilan hydrique, le second par la mise en évidence l'équivalence énergétique de l'évapotranspiration par l'évaluant du volume des échanges entre une surface évaporant et l'atmosphère en utilisant le bilan énergétique.

Il est à signaler aussi que ce concept d'évapotranspiration a connu une pluralité de définitions suivant le but recherché c'est ainsi qu'on considère souvent la notion de :

- ✓ L'évapotranspiration potentielle ETP ;
- ✓ L'évapotranspiration réelle ETR ;
- ✓ L'évapotranspiration maximale ETM.

6.1.1 L'évapotranspiration potentielle(ETP) :

C'est la consommation d'eau sous l'action conjuguée de l'évaporation du sol et de la transpiration des plantes au niveau d'un couvert végétal en plein développement et occupant la totalité du sol sous les conditions optimum d'alimentation en eau et l'abri de toute influence de facteur limitant, le gazon est toujours la culture de référence pour la détermination de l'ETP.

6.1.2 L'évapotranspiration maximale (ETM) :

C'est la demande en eau d'une culture quand l'ETP(gazon)n'est pas atteinte. Elle dépend ,en outre des conditions climatiques, de la culture en question(physiologie, stade de végétation, densité...).ETP l'ETMne seraient égales qu'au bout d'un laps de temps assez court et peuvent être liées par la relation :

$$ETM = Kc \times ETP \dots \dots (6.1)$$

Kc :coefficient cultural caractérisant la culture en place sous les conditions climatiques données.

6.1.3 L'évapotranspiration réelle (ETR) :

Sous l'influence d'un certain nombre de facteurs limitant (Deficithydrigue,condition climatique et écologique contraignantes) une limite dite « ETR » qui en pratique caractérise les pertes en eau d'un couvert végétal conduit avec ou sans irrigation.

6.2 Méthodes d'estimation et d'évaluation de l'évapotranspiration :

Plusieurs méthodes ont été proposées pour l'estimation et l'évaluation de l'évapotranspiration certaines sont dites indirect et d'autres directes se basant sur l'utilisation des formules empiriques ou sur les mesures expérimentales,les plus usuelles sont :

6.2.1 Formules empiriques (Indirectes) :**a- Formule de PENMAN :**

Sur la base de recherche effectuée en grande partie en Angleterre en 1949 PENMAN proposa la relation suivante :

$$ETP = K (ETP_0) \dots \dots (6.2)$$

Dont la résolution nécessite le passage avant tout par les phases suivantes :

1) Calcul de l'évaporation (ETP₀)d'une hypothétique mesurés suivants :

-Radiation globale reçue ;

- A lbedo de la surface ;

-Gradient de la tension moyenne de la vapeur d'eau par rapport à la température moyenne de l'air ;

-L'insolation relative ;

-La vitesse du vent.

2) Conversion de « ETP₀ » ainsi calculé en évapotranspiration réelle « ETR » de la culture, en multipliant « ETP₀ » par le coefficient « K » pouvant être déterminé expérimentation suivant le lieu, le mois et le type de culture en question, ce coefficient est généralement variable entre 0,6 à 0,8.

b- Formule de THORNTHWATE :

Aux USA ;en 1994,THORNTHWAITE mettait au point une formule pouvant être appliquée à la fois en zone semi-aride et semi-pluvieuse. Puis à partir d'une deuxième expérience sur cases lysimétriques,il parvient à établir la relation donnant l'évapotranspiration potentielle mensuelle en fonction de la température moyenne mensuelle :

$$ETP = C t \dots\dots(6.3)$$

Où :

ETP : évapotranspiration potentielle mensuelle en centimètre pour un mois théorique de 30 jours et 12 heures d'insolation ;

t : température moyenne mensuelle en degré Celsius pour le mois considéré.

« C » et « α » constantes fonction de l'indice thermique annuel.

$$\alpha = \frac{1,6}{100} I + 0,5\dots\dots(6.4)$$

Avec :

I :indice thermique annuel, somme des indices mensuels « i ».

$$I = \sum_{i=1}^{12} \left(\frac{t}{5}\right)^{1,514} \dots\dots(6.5)$$

Le terme «C» varie en sens inverse de «I»,enfin, la relation initiale est souvent utilisée sous la forme:

$$ETP = 1,6 [10 \times t / I]$$

c- Formule de BLANNEY et CRIDDLE :(1945 USA)

Deux éminents spécialistes des besoins en eau des cultures irriguées, BLANNEY et CRIDDLE proposèrent en 1945 une relation pour le calcul de l'ETP sur la base des résultats obtenus après de nombreuses expériences effectuées depuis 1931 en zones arides et sub-arides aux USA.

$$ETP = K \times F \dots\dots(6.6)$$

Où :

F :force évaporante fonction de la température et de la durée d'ensoleillement ;

K :coefficient peu variable.

En pratique, un abaque dressé par GUYON.M permet l'utilisation immédiate de cette formule en unités métriques.

d- Formule de TURC : (France.1962)

En France (1962),L.TURC.propose la formule suivante :

$$ETP = 0,4 (I_g + 50) \times \frac{t}{(t+15)} \dots (6.7)$$

Avec :

ETP : évapotranspiration potentielle en (mm/mois) ;

t : température moyenne du mois en (°C) ;

I_g : radiation globale du mois considéré sur une surface horizontale en calories/ cm²/jour).

Le calcul se fait mois par mois en tenant compte de la durée variable des mois, car le coefficient 0,4 appliqué pour les mois de 30 et 31 jours doit être remplacé par 0,37 pour le mois de février et 0,13 pour les périodes décadales.

Si la température est disponible au niveau des services météorologique, la radiation globale I_g à elle peut être calculée par la relation :

$$I_g = I_{g_a} \times [0,18 + 0,62 \times h/H] \dots (6.8)$$

Avec :

I_{g_a} : Radiation maximale extra-terrestre du mois en (calories/cm²/jour) ; donnée par les tables de (ANGOT) avec une transparence de l'atmosphère égale à 1 ;

h :Durée d'insolation effective du mois ;

H : Nombre des jours du mois ;

h/H : Insolation relative ; avec (h ;H) en heure et dixièmes.

Cette formule appliquée lorsque l'humidité relative est supérieure à 50 % (hr > 50%) doit être corrigée quand (hr < 50%) en la multipliant par le terme $I + \frac{50-hr}{70}$.

6.2.2-Les lysimètres (directes) :

Sont en général des bacs de dimensions, standardisées permettant la détermination de la lame d'eau évapotranspirée par les plantes cultivées sur ces dits lysimètres et dont les plus usités sont :

a -Les bacs sur charpente :

Les bacs d'utilisation systématiquement est celui de type « classe A » conçu par l'U S WATHER Bureau en USA et qui est le plus répandu dans le monde.

Sous forme d'un récipient cylindrique en fer galvanisé non peint, de 121,9 cm de diamètre et 25,4cm de profondeur, ce bac est posé sur un caillebotis à 15 cm au-dessus du niveau du sol avec une revanche de 5,1 à 7,6 cm.

b –Bacs enterrés :

le plus répandu est celui de type « Colorado », de forme carrée et dans les dimensions sont :

Cotés = 91,4cm

Profondeur = 45,7cm

Revanche = 10,2cm

c – bacs pesables :

Type (pèse lettre), le bac « WILD » est plus usité surtout dans les serres à cause de la facilité de son déplacement.

d – Détermination de l'ETP :

L'évaluation de l'ETP peut se faire :

Soit en appliquant directement une des relations établies pour le bac telle que celle établie pour le bac « classa A » considéré comme référence et qui se présente comme :

$$ETP = C \times E_{\text{bac}} \quad \text{avec :}$$

C : coefficient expérimental, variable entre 0,4 et 1,2 le plus souvent pris égal à 0,8 ;

E_{bac} : évaporation du bac.

ETP : 0,8 E_{bac} la plus utilisée.

Soit en suivant le profil hydrique en se basant sur la relation fondamentale du bilan hydrique pour une période et un volume de sol donné :

$$S = P + I - ETR - D - R \quad \text{où:}$$

P: précipitations;

I: irrigation;

D: drainage;

R: ruissellement.

Au voisinage de la capacité au champ, c'est à dire aux conditions potentielles S est négligeable car représentant le déficit hydrique il ne l'est plus dans ces conditions, la relation sera donc simplifiée sous forme :

$$P + I - ETM - D - R = 0 \dots \dots (6.9)$$

Si maintenant et c'est le cas de lysimètres, le terme R (ruissellement) est supprimé le terme D (drainage) est quantifié on aura :

$$P + I - ETM - D = 0 \quad \text{d'où :}$$

$$ETM = P + I - D \dots \dots (6.10)$$

6.3- Calcul de l'ETP:

Les principales formules utilisées sont de BLNEY-CRIDELE, et du TURC, sont applicables au climat méditerranéen en particulier dans les conditions climatiques de l'Algérie.

Nous avons choisi la formule de TURC cette formule met en jeu plusieurs facteurs faciles à connaître, elle est très précise et complète.

Tableau N°6.1 : variation de l'ETP₀.

<i>paramètres</i> <i>mois</i>	ETP ₀₁ (mm)	ETP ₀₂ (mm)	ETP ₀₃ (mm)
<i>Jan</i>	38,75	25,78	38,76
<i>Fév</i>	47,5	40	48
<i>Mar</i>	82	77,44	82
<i>Avr</i>	101,62	112,89	101,62
<i>Mai</i>	127,5	156	127,62
<i>Jun</i>	147	187,89	147,05
<i>Jui</i>	173,38	209,22	171,23
<i>Aou</i>	154,25	180	154,29
<i>Sep</i>	124,6	138,44	124,57
<i>Oct</i>	85	85	85,05
<i>Nov</i>	57,75	51,33	57,71
<i>Dec</i>	44,13	31,89	44,19

Source : DSA de Mascara

ETP₀₁ : pour les cultures maraichères.

ETP₀₂ : pour le luzerne.

ETP₀₃ : pour les céréales

6.4. Déficit pluviométrique :

On définit le déficit pluviométrique(DP) d'une période donnée comme étant la différence entre l'évapotranspiration potentielle et le module pluviométrique correspondant :

$$Dp = ETP - P \dots\dots\dots(6.11)$$

Dp : déficit pluviométrique en (mm) ;

ETP : l'évapotranspiration potentielle en (mm) ;

P : précipitation en (mm).

N.B :

Le déficit pluviométrique annuel sera la somme de tous les déficit pluviométriques mensuels.

Pour le calcul de l'ETP et le déficit pluviométrique voir tableau N°6.1.

Tabelau N°6.1 : résultats du calcul de l'ETP par (la méthode du TURC) et du déficit pluviométrique

Mois Paramètres	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Jun	Jui	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc
<i>h(heure)</i>	190	178	255	361	290	300	338	317	275	251	196	191
<i>H(heure)</i>	311	307	371	395	441	443	449	422	373	348	304	297
<i>h/H</i>	0,61	0,57	0,68	0,66	0,65	0,67	0,75	0,75	0,73	0,72	0,64	0,6
<i>Iga(cm²/petite cal/j)</i>	422	547	710	853	947	981	957	872	742	586	446	381
<i>Ig(cm²/petite cal/j)</i>	235,6	291,8	427,1	502,6	552,1	584,1	617,3	562,4	469,4	367,1	257,3	219,8
<i>Hr %</i>	75,89	74,9	72,05	67,12	62,92	56,56	48,69	50,21	59,16	67,33	73,03	77,3
<i>T ° C</i>	7,93	9,37	11,61	13,12	17,4	21,21	25,94	26,3	22,57	15,75	13,65	10,6
<i>(T/T+15) °C</i>	0,34	0,38	0,43	0,46	0,53	0,58	0,63	0,63	0,6	0,51	0,47	0,4
<i>ETP (mm)</i>	38,83	48,04	82,06	101,7	127,6	147,1	171,3	154,3	124,7	85,08	57,76	44,2
<i>P(mm)</i>	39,92	45,75	48,68	25,95	26,15	5,84	4,33	1,32	15,12	31,26	40,55	45,2
<i>DP (mm)</i>	-1,09	2,29	33,38	75,72	101,5	141,3	166,9	153	109,4	53,82	17,21	-1

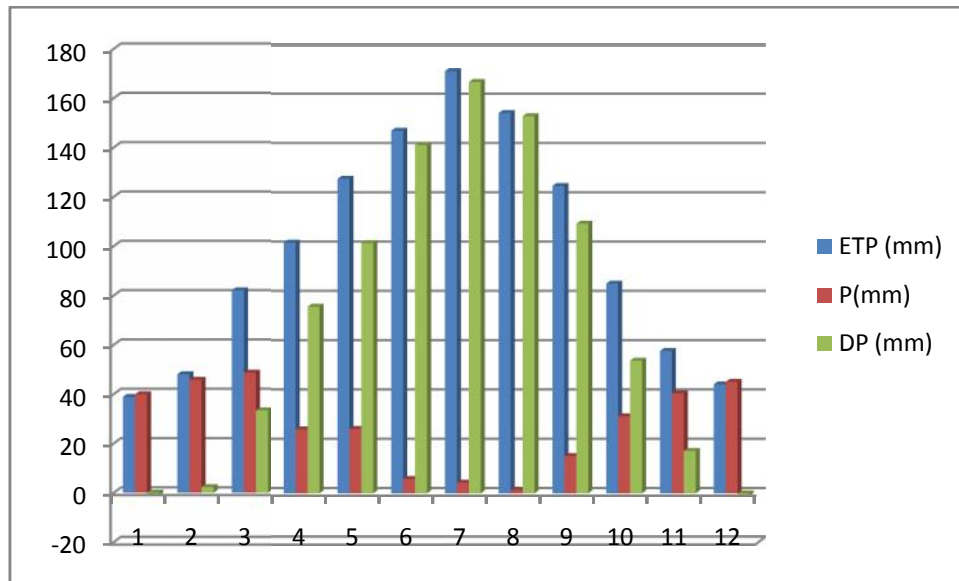


Figure N° 6.1 :Histogramme(des mois-ETP , DP, Pluivimétrie).

Interprétation de tableau N°6.1 et histogramme(ETP –Pluivimétrie) :

D’après le tableau N°6.1 et l’histogramme (ETP- Pluivimétrie) nous pouvons avoir une estimation du déficit pluviométrique qui s’étend entre du mois de février jusqu’au mois de novembre le plus grand deficit est atteint au mois de juillet :166,93mm volume maximum ce qui correspond au mois de pointe :son volume mensuel de pointe (Vmp) nous servira pour dimensionner notre réseau.

Il est important de noter que les excédents de précipitation qui s’étendent entre le mois de novembre et le mois de février sont pour une partie perdue par ruissellemnt,infiltration et ne pouvant compenser les pertes engendrées par l’évapotranspiration en période sèche.

6.5 Pluivimétrie efficace « Pe » :

Les racines des plantes puisent l’eau dans le sol qu’a une profondeur limitée souvent inférieure à 1m,d’autre part l’eau reçue par le sol s’infiltrer,ruisselle,s’évapore,la pluie efficace est celle qui est effectivement utilisée par la plante, on peut l’évaluergrâce à la relation suivante (d’après le centre de recherche d’agronomie d’EL-HARACH-ALGER) :En éliminant les pluies inférieures à 4 mm par mois :

$$Pe = P \times \dots\dots(6.12)$$

Tableau N° 6.2 :Résultats des calculs de la pluivométrie efficace(Pe) :

Mois	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Jun	Jui	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc
P(mm)	39,92	45,75	48,68	25,95	26,15	5,84	4,33	1,32	15,12	31,26	40,55	45,2
Pe	23,9	27,4	29,2	15,57	15,69	3,5	2,5	0,79	9,07	18,7	24,33	27,12

Pe : pluie efficace en (mm) ;

P : précipitation total mensuelle en (mm) ;

: coefficient de réduction, égal à 0,6 en algérie

6.6 Dose maximale ou réserve utilisable :

La dose d'arrosage est la quantité d'eau qu'il est nécessaire d'apporter à chaque tour d'eau pour compenser l'évapotranspiration potentielle. Cette dose est variable et dépend de :

L'importance du reservoir sol, qui est fonction de la capacité de rétention.

L'épaisseur de la tranche de sol explorable par les racines, qu'il est donc nécessaire à humidifier.

$$Dm = RU = (Hvr - Hvf) \times h \dots \dots (6.13)$$

Dm : dose maximale en mm ;

Hvr : humidité au point de rétention ;

h : profondeur d'enracinement en (mm).

On a type de sol sableux limoneux, donc :

$$Dm = RU = 140 \text{ mm d'après l'annexe N 09}$$

6.7 Dose pratique à la réserve facilement utilisable :

La dose pratique c'est la quantité d'eau qu'on doit apporter au sol avant que l'humidité du sol n'atteigne les 2/3 de l'humidité au point de rétention, donc l'humidité du sol ne doit pas tomber au-dessous de 70% de la capacité de rétention.

$$Dp = RFU = Dm \times 2/3 \dots \dots (6.13)$$

Dp : dose pratique en (mm) ;

Dm : dose maximale en (mm) ;

$$Dp = 94 \text{ mm}$$

6.8 Déficit agricole :

On définit le déficit agricole comme les besoins nets mensuels en eau des plantes.

$$Da = ETP - (Pe + RFU)$$

Da : déficit agricole en (mm) ;

ETP : évapotranspiration maximale en (mm) ;

Pe : pluviométrie efficace en (mm) ;

RFU :réserve facilement utilisable en (mm).

Tableau N°6.2 : Résultats des calcul des paramètres Pe,ETP, Da :

<i>paramètres</i> <i>mois</i>	<i>Pe</i> <i>(mm)</i>	<i>ETP₁</i> <i>(mm)</i>	<i>ETP₂</i> <i>(mm)</i>	<i>ETP₃</i> <i>(mm)</i>	<i>Da₁</i> <i>(mm)</i>	<i>Da₂</i> <i>(mm)</i>	<i>Da₃</i> <i>(mm)</i>
Jan	23,9	31	23,2	40,7	-64,9	-96,7	-67,2
Fév	27,4	38,4	36	50,4	-61	-87,4	-61
Mar	29,2	65,6	69,7	86,1	-35,6	-55,5	-27,1
Avr	15,5	81,3	101,6	106,7	-6,2	-9,9	7,2
Mai	15,6	102,1	140,4	134	14,5	28,8	34,4
Jun	3,5	117,6	169,1	154,4	42,1	69,6	66,9
Jui	2,5	138,7	188,3	179,8	62,5	89,8	93,3
Aou	0,7	123,4	162	162	50,7	65,3	77,3
Sep	9	99,7	124,6	130,8	18,7	19,6	37,8
Oct	18,7	68	76,5	89,3	-22,7	-38,2	-13
Nov	24,3	46,2	46,2	60,6	-50,1	-74,1	-47,7
Dec	27,1	35,3	28,7	46,4	-63,8	-94,4	-64,7

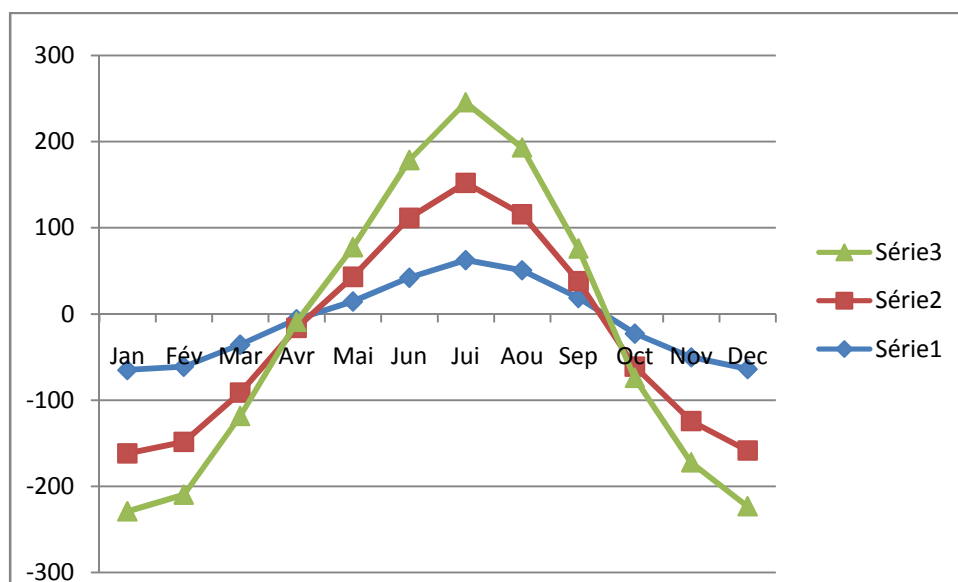


Figure N° 6.2 : Courbe du déficit agricole des trois cultures.

L'indice 01 :représente les cultures maraichères avec $Kc_1=0,8$;

L'indice 02 : représente la luzerne avec $Kc_2 = 0,9$;

L'indice 03 : représente les céréales avec $Kc_3 = 1,05$.

Kc :coefficient cultural dépend de la nature des cultures.

Interprétation du tableau N°6.2 et de l'histogramme des mois déficitaires agricoles :

On remarque que le déficit agricole le plus élevé est au mois de Juillet, donc il correspond au mois de pointe avec un volume mensuel V_{mp} ($V_{mp_1} = 625m^3/ha$, $V_{mp_2}= 898m^3/ha$, $V_{mp_2}= 933m^3/ha$).

Les indices 1,2 et 3 désignent les cultures maraichères,la luzerne et les céréales.

6.9 Débit fictif continu ou débit caractéristique :

C'est le débit à fournir par hectar,il doit être calculé de façon qu'il permette d'irriguer une ou plusieurs parcelles, dans un temps suffisant pour couvrir les besoins de pointe de la culture envisagée.

$$q_c = \frac{V_{mp} \times 10^3}{N_h \times N_j \times 3600}$$

q_c : Débitcaractéristique en (l/s/ha) ;

V_{mp} : Volume mensuel de pointe en (m^3/ha) ;

N_h : Nombre d'heures d'irrigation par jour ;

N_j : Nombre de jours d'irrigation par mois.

Le débit fictif nous permet de dimensionner notre réseau d'irrigation.

6.10 Fréquence des arrosages (rotation) :

Elle représente la cadence suivante, laquelle doit répéter l'arrosage sur mêmeemplacement, cette fréquence dépend :

Du volume mensuel à apporter ;

De la dose d'arrosage.

$$R = 30 \times RFU / V_{mp}$$

R : fréquence des arrosages en (jours) ;

RFU : Dose d'arrosage en (m^3/ha) ;

Vmp : Volume mensuel de pointe en (m³/ha).

$$Dp \text{ corrigé} = \frac{Vmp \times R}{30}$$

6.11 Nombre d'arrosage :

C'est le nombre d'arrosage pendant le mois de pointe considéré.

$$Na = \frac{Vmp}{RFU}$$

Na : nombre d'arrosage ;

Vmp : volume mensuelle de pointe en (m³/ha) ;

RFU : Dose d'arrosage en (m³/ha).

Tableau N° 6.3 : Calcul des paramètres Dm, Dp , Dp corrigé :

<i>cultures paramètres</i>	<i>maraichères</i>	<i>Luzerne</i>	<i>Céréale</i>
h(m)	0,6	0,8	0,7
Dm(m ³ /ha)	1400	1400	1400
Dp(m ³ /ha)	940	940	940
Vmp(m ³ /ha)	625	898	933
Nh(heures)	20	20	20
Nj(jours)	30	30	30
qc (l/s/ha)	0,28	0,41	0,43
R(jours)	34	32	27
Na	1	1	1
Dpcorrigé(m ³ /ha)	708,3	957,8	839,7

1-Calcul de la surface irrigable :

En se basant sur le débit fourni par la station d'épuration (180l/s) et sur les débits fictifs calculés précédemment pour les différentes cultures, on peut calculer la surface irrigable « S » en majorant le débit fictif.

Le débit fictif majoré sera donc de 2,3l/s/ha.

$$S = \frac{\text{Débit fourni par la station}}{\text{débit fictif continu}} \dots\dots\dots (7.1)$$

A.N :

$$S = \frac{180\text{l/s}}{0,43\frac{\text{l}}{\text{s/ha}}} = 418,6 \text{ ha}$$

Après avoir déterminé, la superficie qui peut être irriguée, on peut établir notre plan d'assolement en faisant une répartition de la surface irrigable.

2- répartition de la surface irrigable :

La surface irrigable calculée est divisée en trois parcelles :

Parcelle N°01 : destinée aux cultures maraîchères avec une superficie de 160 ha.

Parcelle N°02 : destinée à la luzerne avec une superficie de 120ha.

Parcelle N°03 : destinée aux cultures céréalières avec une superficie de 137,4ha.

Il reste 1,2 ha destiné aux pistes pour faciliter le déplacement du matériel agricole et du personnel.

Tableau N°7.1 : répartition des cultures suivant les surfaces irrigables :

CULTURES	Superficie en (ha)
<u>Cultures maraichères:</u>	
pommes de terre	35
oignons	34
courgettes	31
aubergines	33
haricot	27
<u>Cultures fourragères:</u>	
Luzerne	120
<u>Cultures céréalières:</u>	
orge	45
blé tendre	46
blé dur	46

3-choix du périmètre :

Nous avons choisi les parcelles appartenant à des privés qui sont situées à l'aval de la station d'épuration. La route N°14 sépare la station d'épuration et ces parcelles.

Notre choix est justifié par le fait que ces parcelles soient caractérisées par :

- ✓ une nature du terrain bonne par rapport aux autres parcelles (texture, structure, MO...).
- ✓ une topographie de terrain peu accidenté.
- ✓ elles sont proches de la station d'épuration.

4-Levé topographique :

L'étude topographique est nécessaire pour établir un projet d'irrigation car elle nous permet d'examiner la pente qui est un facteur important pour :

Le choix du système d'irrigation.

Le choix du passage de la conduite.

D'après la carte topographique de la région, les pentes pour l'ensemble du périmètre sont très faibles, on les considère comme nulles car notre terrain est plat.

5-Choix du système d'irrigation :

5.1-Généralités sur l'irrigation:

On définit généralement l'irrigation comme étant l'apport d'eau sur le sol dans le but d'assurer l'humidité nécessaire à la croissance des plantes.

Cependant, selon une définition plus large et plus détaillée "l'irrigation est l'application d'eau au sol dans l'un des buts suivants :

- fournir l'humidité nécessaire à la croissance de la plante.
- garantir la récolte contre une courte période de sécheresse.
- rafraîchir le sol et l'atmosphère et par ce moyen.
- réaliser les conditions favorables pour la croissance des plantes.
- supprimer ou diluer des sels dans le sol.
- réduire le risque d'affaiblissement du sol .
- ameublir les sols aux labours.

L'eau d'irrigation vient compléter l'eau disponible parvenant des quatre sources suivantes (aucune ne doit être négligée):

- la pluie.
- les précipitations autres que les pluies.
- l'eau de ruissellement.
- l'eau souterraine.

5.2-Les différents systèmes d'irrigations

Nous allons faire une présentation générale sur les différents systèmes d'irrigation.

5.2.1-Irrigation par ruissellement

Le ruissellement, défini d'une façon générale, consiste à faire couler sur le sol en pente une couche d'eau tout le temps nécessaire pour que le sol s'humecte jusqu'à la profondeur voulue.

5.2.2-L'irrigation par infiltration

L'irrigation par infiltration diffère des autres méthodes parce que l'eau n'est pas déversée sur le terrain et n'en recouvre pas la surface. L'eau est répartie dans un ensemble dense de rigoles. Elle y reste sans jamais déborder, s'infiltrer dans le sol latéralement ou de haut en bas et humidifie ainsi toute la masse de terre comprise entre les rigoles.

5.2.3-Irrigation par submersion

L'irrigation par submersion ou inondation, consiste à recouvrir le sol d'une couche d'eau plus ou moins épaisse. On la laisse séjourner 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 qui y seront ensuite pratiquées.

5.2.4-Irrigation par aspersion

L'irrigation par aspersion est un système d'arrosage qui consiste à distribuer l'eau sous forme de pluie sur le sol.

5.2.5-Irrigation par goutte à goutte

C'est une technique d'apport d'eau directement à la disposition des plantes au niveau de la zone racinaire grâce à un système conçu pour distribuer de faibles quantités d'eau devant être diffusées dans les trois directions.

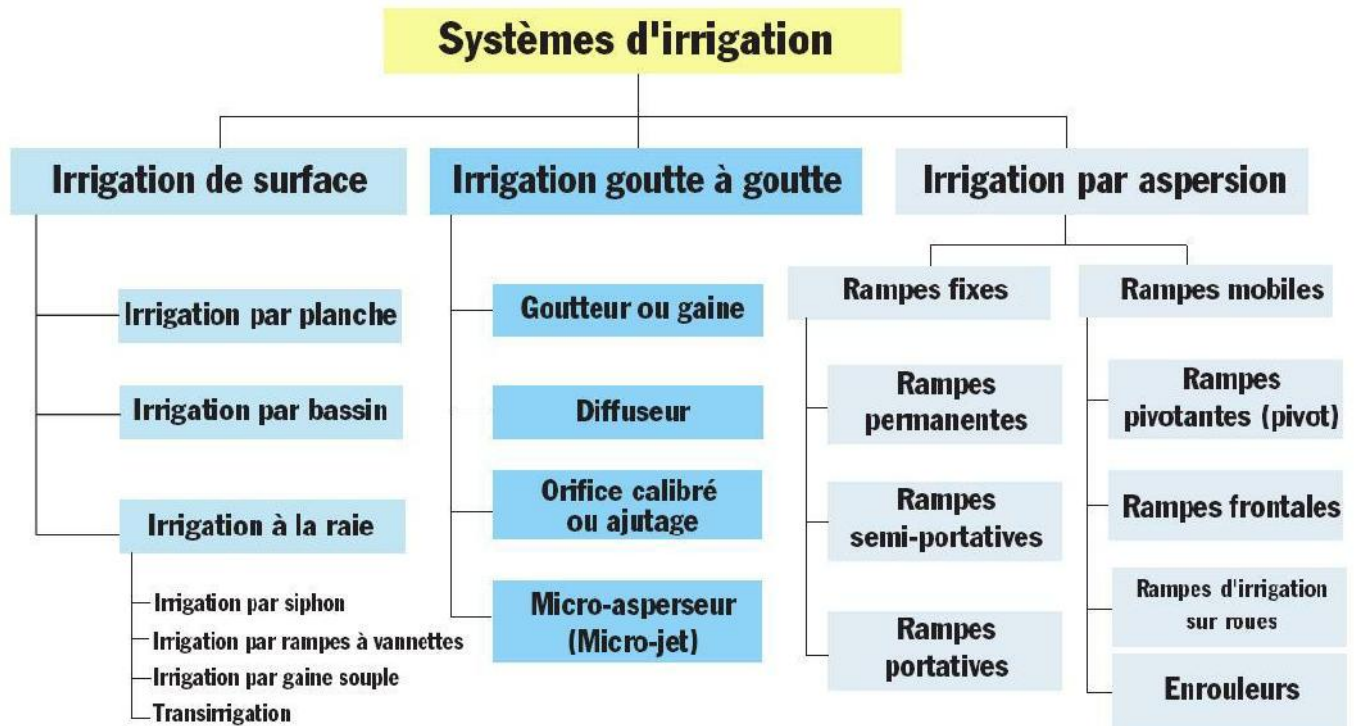


Figure N° 7.1 :Les différents systèmes d'irrigation.

6-Systèmes d'irrigation retenue

Le périmètre d'EL Kouayer sera irrigué à partir de la station d'épuration des eaux usées de la ville de Mascara située à l'amont.

Le problème consiste à faire le choix d'un tracé des schémas hydrauliques possibles en fonction de la technique d'irrigation.

On propose donc d'utiliser l'aspersion, dont l'écoulement se fait sous pression par l'utilisation de conduites afin d'assurer les pressions nominales en tête d'ilots.



Figure N°7.2 :L'asperseur

a)Avantage :[21]

-l'irrigation par aspersion ne nécessite aucun aménagement préalable du terrain à irriguer.Le relief n'est pas une contrainte majeure de l'aspersion. De plus il n'ya ni canaux ni rigoles si bien que toute la surface est libérée pour la culture. Il n'ya pas de gêne pour la mécanisation.

-la perméabilité du sol n'est pas un facteur limitant.

-l'eau, étant finement divisée, est fortement oxygénée. On peut donc employer des eaux de moindre qualité.

-l'économie d'eau importante (jusqu'à 50% par rapport au ruissellement).Cette économie provient de l'absence des pertes lors de l'amenée, de la répartition régulière ainsi que de la précision du dosage.

b) Inconvénients :

Il existe peu d'inconvénients. Cependant, l'irrigation par aspersion :

-favorise l'évapotranspiration ainsi que le développement des mauvaises herbes.

-nécessite,par son action mécanique, un choix plus judicieux des périodes d'irrigation.

-provoque un tassement du sol.

-exige un investissement de départ élevé.

Les inconvénients sont, sans doute moins importants. En effet, les investissements nécessaires pour une telle installation ne sont pas plus coûteux que l'aménagement de tout autre irrigation. Quant au tassement du sol, on peut utiliser de faibles pluviométries qui ne dépassent pas la capacité d'infiltration.

c) Conditions pratiques de l'aspersion

L'aspersion ne dépend pas en grande partie du sol et du relief. Elle permet d'arroser les terrains les plus difficiles en évitant toutes les dégradations dues au ruissellement. Il faut tenir compte uniquement des phénomènes naturels suivants :

- 1- la vitesse du vent inférieure à 4m/s durant la période d'irrigation
- 2- l'humidité de l'air
- 3- la qualité de l'eau qui ne doit pas être trop sale, ni trop chargée
- 4- la perméabilité du sol.

Dans notre cas :

-la vitesse du vent ne dépasse pas les 4 m/s au cours du mois de d'irrigation.

-l'humidité de l'air se situe entre 48-77 %

-l'eau épurée et de moyenne qualité.

-le sol est très perméable avec une faible capacité de rétention.

On peut affirmer que l'aspersion est le système d'irrigation qui peut être le plus rapidement étudié, programmé et installé. Son rendement est parmi les meilleurs.

7-Calcul de l'équipement**7.1-Parcelle N° 01**

Donnée de base :

Longueur 1600 m

Largeur 1000m

Surface 160 ha = 1.600.000 m²

Culture envisagée : maraichères.

Système classique mobile.

Dispositif 12× 18

Mois de pointe : juillet.

Nombre de jours : 31

Volume mensuel de pointe 62,5mm = 625 m³/ha

RFU = 94mm = 940 m³/ha.

Nombre d'arrosages : 1

Dose pratique corrigée : 70,8 mm = 708 m³/ha

Fréquence des arrosages 34 jours 1 mois + 4j

7.1.1- choix et caractéristiques de l'asperseur :

La pluviométrie de l'asperseur doit être inférieure au gradient de la perméabilité(K) afin d'éviter le ruissellement et la stagnation de l'eau en surface du sol.

Plus (mm/h) $a_0 K$ mm/h

a_0 : le coefficient de réduction dépend de la nature du sol et de la topographie du sol, égale 0,9.

K : perméabilité du sol en (mm/h).

Plu : pluviométrie de l'asperseur égale à (Dp corrigé/ durée) d'un poste.

On choisit la durée d'un poste arbitrairement tout en tenant compte du nombre de positions par rampe, par jour et de la dose pratique corrigée appelée dose réelle. On peut calculer la pluviométrie ainsi :

$$\text{Plu} = \frac{\text{volume mensuel de pointe(mm)}}{\text{la durée d'un poste arbitrairement choisi(h)}} \dots \dots \dots (7.2)$$

$$\text{Plu} = 62,5/8 = 7,81 \text{ mm/h}$$

Pour une durée de poste de 8h, avec $a_0 K = 64,8 \text{ mm/h}$, on a : $\text{Plu} < a_0 K$.

Notre asperseur est de caractéristiques suivantes :

Tableau N°7.2 : caractéristique de l'asperseur

Asperseur	30TNT.
Filetage	20/27.
poids	0,539Kg
pluviométrie	8,3 mm/h
Diamètre de la base	11/64 *3/32;
pression	3,5 bars, soit 35m

Source : DSA de Mascara

7.1.2- Caractéristique de la parcelle N°01 :

7.1.2.1- Nombre des vannes « NV » :

$$\text{Nombre des vannes} = \frac{\text{longueur de la parcelle}}{\text{Ecartement}} \dots \dots \dots (7.3)$$

$$\text{NV} = 1600/18 = 89 \text{ vannes.}$$

Les 89 vannes sont disposées sur la conduite principale avec un écartement de 18 m entre les positions de la rampe.

7.1.2.2- longueur de la conduite principale « Lcp » :

$$L_{cp} = (89 \times 18) - 9 = 1593 \text{ m}$$

La conduite principale est parallèle à la longueur de la parcelle et ne forme pas d'angle à l'intérieur. La première vanne est placée à 9 m de la bordure de la parcelle.

7.1.2.3- Nombre total de positions :

$$\text{Nombre total de positions} = \text{Nombre des vannes} \times 2$$

$$\text{Nombre total de positions} = 89 \times 2 = 178 \text{ positions.}$$

7.1.2.4- Nombre de rampes à installer :

$$\text{nombre de rampes à installer} = \frac{\text{Nombre total de positions}}{R \times \frac{P}{r/j}} \dots\dots(7.4)$$

R : Fréquence des arrosages ;

P/r/j : position de chaque rampe par jour.

$$\text{Nombre de rampe à installer} = \frac{178}{34 \times 2} = 2,61 \quad 2 \text{ (soit 2 rampes)}$$

Nous prenons deux positions par jour, la rampe est parallèle au sens du semis.

7.1.2.5- Nombre d'asperseur par rampe :

$$\text{nombre d'asperseurs par rampe} = \frac{\text{largeur de la parcelle} / 2}{\text{Ecartement}} \dots\dots(7.5)$$

$$\text{nombre d'asperseurs par rampe} = \frac{1000/2}{12} \approx 42 \text{ asperseur.}$$

nombre total des asperseurs dans la parcelle égale $42 \times 2 = 84$ asperseurs.

7.1.2.6- Longueur de la rampe :

$$\text{Longueur de la rampe} = (42 \times 12) - 6 = 498 \text{ m.}$$

Le premier asperseur est situé à 6m de la première vanne. Chaque rampe fait 2 positions par jour. Les deux rampes font quatre positions par jour. Pour 178 positions ,

Il faut $178/4 = 44,5 \approx 45$ jours.

7.1.2.7- Calcul du débit de l'asperseur « Qa » :

$$Q_a = \frac{\text{pluviométrie de l'asperseur} \times \text{surface couverte} (12 \times 18)}{\text{largeur de la parcelle}} \dots\dots(7.7)$$

$$Q_a = \frac{8,3 \times 12 \times 18}{1000} = 1,79 \text{ m}^3/\text{h}$$

7.1.2.8- Débit en tête de parcelle :

Débit en tête de parcelle = Nombre d'asperseurs \times débit d'un asperseur

$$\text{Débit en tête de parcelle} = 84 \times 1,79 = 150,36 \text{ m}^3/\text{heure.}$$

Tableau N°7.3 : Caractéristiques de la parcelle N° 01 :

<i>Caractéristique</i>	<i>Dispositif 12*18</i>
Pluviométrie de l'asperseur	8,3 mm/h
Nombre de rampes	2 rampes
Durée d'un poste	8 heures
Nombre total de positions (poste)	178 positions
Nombre des vannes	89 vannes
Nombre d'asperseurs / rampe	42 asperseurs
Nombre d'asperseur dans la parcelle	84 asperseur
Débit d'un asperseur	1,79 m ³ /heure
Débit en tête de la parcelle	75,1 m ³ /heure
Longueur de larampe	498 m
Longueur de la conduite principale	1593 m
Durée d'une irrigation	45 jours soit un mois et 15 jours

7.1.3- Calcul et choix des diamètres de canalisations

Le choix des diamètres de canalisations est en fonction de :

- la perte de charge admissible
- la longueur de la conduite principale et des rampes
- les débits à transiter
- la pression retenue de l'asperseur (3,5 bars pression nominale, soit 35m de colonne d'eau).

D'après la loi de « CHRISTIANSEN » le fonctionnement des asperseurs reste acceptable si la pression de cet asperseur est :

Inférieure de moins de 5% de la pression nominale soit :

$$3,5 \times 5/100 = 0,17 \text{ bars.}$$

Supérieure de moins de 15% de la pression nominale soit :

$$3,5 \times 15/100 = 0,52 \text{ bars.}$$

La pression de l'asperseur la plus favorisée devra être égale ou inférieure à :

$$3,5 + 0,52 = 4,02 \text{ bars.}$$

La pression de l'asperseur la plus défavorisée devra être égale ou supérieure à :

$$3,5 - 0,17 = 3,33 \text{ bars}$$

Les pertes de charges admissibles entre l'asperseur le plus favorisé et le plus défavorisé est :

$$J_a = 4,02 - 3,33 = 0,69 \text{ bars.}$$

Soit 20% de la pression nominale (3,5bars).

On considère que le dénivelé est nul.

7.1.3.1- Pertes de charges proprement dites :

Elles sont égales aux pertes de charges admissibles (J_a) auxquelles on retranche le dénivelé (d), on a considéré que ($d = 0$) donc les pertes de charges proprement dites égales à :

$$0,6 - 0 = 0,6 \text{ bars.}$$

7.1.3.2- Pertes de charges singulières « J_s » :

Elles sont égales à 10% des pertes de charges proprement dites :

$$J_s = 0,6 \times 0,1 = 0,06 \text{ bars.}$$

7.1.3.3- Pertes de charges dans la rampe d'aspersion « J_r » :

Pour le calcul de perte de charges entre les asperseurs d'une rampe de diamètre uniforme, on utilise une méthode de calcul rapide, la perte de charge est la même que celle provoquée par une canalisation de même nature, diamètre et longueur fictifs (L_s) et pour débit (Q_r) :

$L_s = b_s \times e$ (formule de SCOBY).

$$Q_r = (N - 1) q \dots \dots (7.8)$$

b_s : coefficient dépendant du nombre d'asperseur pour $N = 84$ on a $b_s = 14,4$.

e : écartement des asperseurs sur la rampe, d'où : $L_s = 14,4 \times 12 = 172,8 \text{ m}$.

N : nombre d'asperseurs sur la rampe ;

q : débit d'un asperseur en m^3/h , d'où :

$$Q_r = (84 - 1) \times 1,79 = 148,5 \text{ m}^3/\text{h}.$$

7.1.3.4- Pertes de charges unitaires « i » :

L'abaque de SCOBY des tuyaux en alliage léger donne directement les pertes de charges le long d'une rampe. Les diamètres des rampes sont pratiquement égale à 75mm pour des questions standardisations et résistances.

Diamètre 75mm

$$Q_r = 148,5 \text{ m}^3/\text{h}$$

On déduit que $i = 2 \times 10^{-2}$

La perte de charge le long de la rampe est de :

$$J_r = L_s \times i \rightarrow J_r = 172,8 \times 2 \times 10^{-2} \rightarrow J_r = 3,456 \text{ m}$$

7.1.3.5- Pertes de charges dans la conduite principale :

Pour une utilisation souple des rampes et pour simplifier les calculs on procédera comme indiqué dans le tableau ci –dessous :

TableauN°7.4 :caractéristiques des tronçons parcelle 1

Nombre de rampes	2
Nombre de tronçons	2
Longueur du tronçon	$L_{cp}/2 \rightarrow 1593/2 = 796,5 \text{ m}$
Débit tronçon	$Q_r \times 2 = 297 \text{ m}^3/\text{h}$

L_{cp} : Longueur de la conduite principale ;

Q_r : débit d'une rampe d'aspersion.

a – Calcul du tronçon

-Longueur :

$$L_{t1} = (N_t \times e) + 9 \dots \dots (7.9)$$

N_t : Nombre d'asperseurs sur le tronçon 1 ;

e : Ecartement en (m) ;

9 : la distance entre la bordure de la parcelle et la première vanne.

$$L_{t2} = N_{t2} \times e$$

N_{t2} : Nombre des vannes sur le deuxième tronçon.

-Débit :

$$Q_{t1} = N \times q \dots \dots (7.10)$$

Q_{t1} : débit du tronçon 1 ;

N : Nombre total d'asperseur ;

q : Débit d'un asperseur.

$$Qt_2 = N_1 \times q$$

N₁ : Nombre d'asperseurs sur le deuxième tronçon.

b – Calcul des pertes de charges dans la conduite principale « Jcp » :

Pour ce qui est du choix des diamètres des canalisations, nous calculons les pertes de charges des tronçons pour différents diamètres le choix définitif sera retenu une fois qu'on a vérifié que la somme des pertes des charges ainsi calculée dans les différents tronçons sera inférieure ou égale aux pertes de charges admissible au niveau de la conduite principale. Nous commençons par le calcul des pertes de charges au niveau du tronçon N°02 car il présente le cas le plus défavorable, car en véhiculant un seul débit, il aura le diamètre le plus réduit, ensuite on fait le choix du premier diamètre du premier tronçon qui est supérieur à celui du deuxième tronçon, il faut que les pertes de charges des deux tronçon soit inférieures aux pertes de charges admissibles

Ø : le diamètre du tuyau en (mm) ;

i : pertes de charge unitaire.

$$Jt_1 = Lt_1 \times i \qquad Jt_2 = Lt_2 \times i$$

Tableau N° 7.5: Calcul des pertes de charges des tronçons.

Premier tronçon	Deuxième tronçon
De la 1 ^{ère} à la 45 ^{ème} vannes	De la 45 à la 89 ^{ème} vannes
Lt1 = 44 × 18 + 9 = 801m	Lt2 = 44 × 18 = 792 m
Q = 84 * 1,79 = 150,3 m3/h	Q = 42 × 1,72 = 75,1 m3/h
Ø = 200mm	Ø = 180 mm
i = 2 × 10 ⁻³	i = 10 ⁻³
Jt ₁ = 801 × 2 × 10 ⁻³ = 1,602m	Jt ₂ = 792 × 10 ⁻³ = 0,792m

Les diamètres choisis sont : -pour le premier tronçon 200mm.

-pour le deuxième tronçon 180mm.

Les pertes de charges dans la conduite principale seront égales :

$$Jcp = Jt_1 + Jt_2 = 1,602 + 0,792$$

$$Jcp = 2,394 \text{ m}$$

7.1.3.6- Les pertes de charges totales « Jt » :

$$Jt = Jcp + Jr + Js \dots \dots \dots (7.11)$$

$$J_{cp} = 2,394 \text{ m}$$

$$J_r = 3,456 \text{ m}$$

$$J_s(10\%) = 0,06 \text{ m}$$

$$J_t = 5,91 \text{ m soit } 0,591 \text{ bars.}$$

7.1.3.7-Calcul des pressions :

La différence de pression entre l'asperseur le plus favorisé et l'asperseur le moins favorisé est de 0,695 bars soit 19,6 % de la pression nominale de fonctionnement.

a – Pression de l'asperseur le plus favorisé :

$$\text{Pression de l'asperseur le plus favorisé} = 3,5 + (3/4) \times 0,695 = 4,02 \text{ bars.}$$

b – Pression de l'asperseur le moins favorisé :

$$\text{Pression de l'asperseur le moins favorisé} = 3,5 - (3/4) \times 0,695 = 3,32 \text{ bars}$$

c – Pression à la borne « J_B » :

$$J_B = J_a + J_{ta} + J_{(b-t)} + J_{asp}$$

J_B : Pression à la borne ;

J_a : Perte de charges dans l'allonge, (hauteur 0,5 m $\Rightarrow J_a = 0,03$ bars ;

$J_{(b-t)}$: Pertes de charges entre la première vanne et le premier asperseur ; $J_{(b-t)} = 6 \times 2 \times 10^{-2}$

$$J_{(b-t)} = 0,12 \text{ m} = 0,012 \text{ bars ;}$$

J_{asp} : Pression de l'asperseur le plus favorisé, $J_{asp} = 4,02$ bars ;

Alors :

$$J_B = 0,03 + 0,012 + 0,0018 + 4,02 = 4,0638 \text{ bars} \approx 4 \text{ bars.}$$

Tableau N°7.6 : Inventaire du matériel nécessaire :

<i>Designation</i>	<i>Nombre</i>
<u>1-Borne</u>	
Branchement de borne 200mm	1
<u>2-conduite principale:</u>	
tuyau en PEHD PN06de : \varnothing =200mm	
tuyau en PEHD PN06 de : \varnothing =180mm	
Les vannes (200×75)mm	45
les vannes (168×75)mm	44
Réduction (200 ×168) mm	1
Bouchons 168 mm	1
<u>3- Rampes d'aspersion:</u>	
tuyau en aluminium de 9m avec prise	56
tuyau en aluminium de 9m sans prise	54
Branchement de vannes \varnothing :75mm	2
Bouchons \varnothing : 75mm	2
Semelle stabilisatrices \varnothing :75mm	84
Raccord à soupape	84
Branchement raccord à soupape	84
Manchons double femelle	84
Asperseurs 30 TNT	84
Allonge 50cm	84

7.2-Parcelle N°02Donnée de base :

Longueur 1200 m

Largeur 1000m

Surface 120 ha = 1.200.000 m²

Culture envisagée : luzerne.

Système classique mobile.

Dispositif 12× 18

Mois de pointe : juillet.

Nombre de jours :31

Volume mensuel de pointe 89,8mm =898 m³/ha

RFU 94mm = 940 m³/ha.

Nombre d'arrosages:1

Dose pratique corrigée : 957,8 m³/ha

Fréquence des arrosages 34 jours 1 mois + 3j

7.2.1- Choix et caractéristiques de l'aspersion:

$$\text{Plu} = \frac{\text{volume mensuel de pointe}}{\text{durée d'un poste}}$$

$$\text{Plu} = \frac{89,1}{11} = 8,16\text{mm/h}$$

$$a_0K = 64,8\text{mm/h} \rightarrow \text{Plu} < a_0 K .$$

a_0 : Le coefficient de réduction dépend de la nature du sol et de sa topographie, égale 0,9.

K : perméabilité du sol en (mm/h).

Plu : pluviométrie de l'asperseur.

Les caractéristiques de l'asperseur sont les mêmes que celles choisies pour la parcelle N°01.

Tableau N°7.7 : Caractéristiques de l'asperseur de la parcelle N°02 :

Asperseur	30TNT
Filetage	20/27
Poids	0,539 kg;
Pluviométrie	8,3mm/h;
Diamètre de la base	11/64 × 3/32
Pression	3,5 bars, soit 35m.

Source : DSA de Mascara

7.2.2 Caractéristiques de la parcelle N° 02 :

7.2.2.1 Nombre de vannes :

$$\text{Nombre de vannes} = \frac{\text{longueur de la parcelle}}{\text{Ecartement}}$$

$$NV = 1200/18 = 66,6 \quad 67 \text{ vannes.}$$

Les 67 vannes sont disposées sur la conduite principale avec un écartement de 18 m entre les positions de la rampe.

7.2.2.2- Longueur de la conduite principale Lcp :

$$Lcp = (NV \times E) - 9$$

Lcp : Longueur de la conduite principale en (m) ;

NV : Nombre de vannes ;

E : écartement entre les vannes.

A.N :

$$Lcp = (67 \times 18) - 9 = 1197 \text{ m}$$

La conduite principale est placée parallèlement à la longueur de la parcelle et ne forme pas d'angle à l'intérieur. La première vanne est placée à 9m de la bordure de la parcelle.

7.2.2.3- Nombre total de position :

$$\text{Nombre total de positions} = \text{Nombre de vannes} \times 2$$

$$\text{Nombre total de positions} = 67 \times 2 = 134 \text{ positions.}$$

7.2.2.4- Nombre de rampes à installer :

$$\text{Nombre de rampes à installer} = \frac{\text{Nombre total de positions}}{R \times \frac{P}{r/j}}$$

R : Fréquence des arrosages ;

P/r/j : position de chaque rampe par jour.

Nombre de rampes à installer = $\frac{134}{34 \times 2} = 1,97 \approx 2$ (soit 2 rampes)

Nous prenons deux positions par jour, la rampe est parallèle au sens du semis.

7.2.2.5- Nombre d'asperseurs par rampe :

Nombre d'asperseurs par rampe = $\frac{\text{largeur de la parcelle} / 2}{\text{Ecartement}}$

Nombre d'asperseurs par rampe = $\frac{1000/2}{12} \approx 42$ asperseurs.

Le nombre total des asperseurs dans la parcelle est égale à $42 \times 2 = 84$.

7.2.2.6- Longueur de la rampe

Longueur de la rampe = (nombre d'asperseurs par rampe \times l'écartement entre les asperseurs) - 6

6 correspond à la distance qui sépare la bordure de la rampe au premier asperseur en(m).

Longueur de la rampe = $(42 \times 12) - 6 = 498\text{m}$

Chaque rampe fait deux positions par jour, les deux rampes font quatre(04) positions par jour, pour 134 positions, il faut $134/4 = 33,5 \approx 34$ jours.

7.2.2.7- Calcul du débit de l'asperseur « Qa » :

$Qa = \frac{\text{pluviométrie de l'asperseur} \times \text{surface couverte} (12 \times 18)}{\text{largeur de la parcelle}}$

$Qa = \frac{8,3 \times 12 \times 18}{1000} = 1,79 \text{ m}^3/\text{h}$

7.2.2.8- Débit en tête de la parcelle

Débit en tête de la parcelle = Nombre d'asperseurs \times débit d'un asperseur

= $84 \times 1,79 = 150,36 \text{ m}^3/\text{heure}$.

Tableau N° 7.8 : Caractéristiques de la parcelle N° 02

<i>Caractéristique</i>	<i>Dispositif 12*18</i>
Pluviométrie de l'asperseur	8,3 mm/h
Nombre de rampes	2 rampes
Durée d'un poste	11 heures
Nombre total de positions (poste)	134 positions
Nombre des vannes	67 vannes
Nombre d'asperseurs / rampe	42 asperseurs
Nombre d'asperseurs dans la parcelle	84 asperseur
Débit d'un asperseur	1,79 m ³ /heure
Débit en tête de la parcelle	150,36 m ³ /heure
Longueur de larampe	498 m
Longueur de la conduite principale	1197 m
Durée d'une irrigation	34 jours soit un mois et 4 jours

7.2.3- Calcul et choix des diamètres de canalisations :

D'après la loi de « CHRISTIANSEN », nous avons :

La pression de l'asperseur la plus favorisée devra être égale ou inférieure à :

$$3,5 + 0,52 = 4,02 \text{ bars.}$$

La pression de l'asperseur la plus défavorisée devra être égale ou supérieure à :

$$3,5 - 0,17 = 3,33 \text{ bars}$$

Les pertes de charges admissibles entre l'asperseur le plus favorisé et le plus défavorisé est :

$$J_a = 4,02 - 3,33 = 0,69 \text{ bars.}$$

7.2.3.1 Pertes de charges proprement dites :

Sont égales aux pertes de charges admissibles (J_a) aux quelles on retranche la dénivelé (d), on a considéré que ($d=0$) donc la perte de charge proprement dite est égale à : $0,69 - 0 = 0,69$ bars

7.2.3.2 Pertes de charges singulières « Js » :

Elles sont égales à 10% des pertes de charges proprement dites soit:

$J_s = 0,6 \times 0,1 = 0,06$ bar. Elles constituent les pertes de charges singulières admissibles.

7.2.3.3 Pertes de charges dans la rampe d'aspersion « Jr » :

a – longueur équivalente :

$L_s = b_s \times e$ (Formule de SCOBY)

e : écartement entre les asperseurs sur la rampe soit égale à 12m

b_s : coefficient dépendant du nombre d'asperseurs pour $N = 84$ on a $b_s = 14,4$.

$L_s = 14,4 \times 12 = 172,8$ m

b : Débit de la rampe :

$Q_r = (N-1) q$

b_s : coefficient dépendant du nombre d'asperseur pour $N = 84$ on à $b_s = 14,4$.

e : écartement des asperseurs sur la rampe ,d'où : $L_s = 14,4 \times 12 = 172,8$ m.

N : nombre d'asperseur sur la rampe ;

q : débit d'un asperseur en m^3/h , d'où :

$Q_r = (84 - 1) \times 1,79 = 148,5 m^3/h$.

b_s : coefficient dépendant du nombre d'asperseur pour $N = 84$ on à $b_s = 14,4$.

e : écartement des asperseurs sur la rampe ,d'où : $L_s = 14,4 \times 12 = 172,8$ m.

N : nombre d'asperseur sur la rampe ;

q : débit d'un asperseur en m^3/h , d'où :

$Q_r = (84 - 1) \times 1,79 = 148,5 m^3/h$.

b_s : coefficient dépendant du nombre d'asperseur pour $N = 84$ on à $b_s = 14,4$.

e : écartement des asperseurs sur la rampe ,d'où : $L_s = 14,4 \times 12 = 172,8$ m.

N :nombre d'asperseur sur la rampe ;

q : débit d'un asperseur en m^3/h , d'où :

$Q_r = (84 - 1) \times 1,79 = 148,5 m^3/h$.

b_s : coefficient dépendant du nombre d'asperseur pour $N = 84$ on à $b_s = 14,4$.

e : écartement des asperseurs sur la rampe ,d'où : $L_s = 14,4 \times 12 = 172,8$ m.

N : nombre d'asperseur sur la rampe ;

q : débit d'un asperseur en m³/h , d'où :

$$Q_r = (84 - 1) \times 1,79 = 148,5 \text{ m}^3/\text{h} .$$

7.2.3.4 Calcul du tronçon :

Tableau N° 7.9: Calcul des pertes de charges des tronçons.

Premier tronçon	Deuxième tronçon
De la 1 ^{ère} à la 34 ^{ème} vannes	De la 34 à la 69 ^{ème} vannes
Lt ₁ = 33 × 18 + 9 = 603m	Lt ₂ = 44 × 18 = 792 m
Q = 84 * 1,79 = 150,3 m ³ /h	Q = 42 × 1,72 = 75,1 m ³ /h
Ø = 200mm	Ø = 180 mm
i = 2 × 10 ⁻³	i = 10 ⁻³
Jt ₁ = 603 × 2 × 10 ⁻³ = 1,206m	Jt ₂ = 792 × 10 ⁻³ = 0,792m

Nt₁ : Nombre d'asperseur sur le tronçon 1 ;

e : écartement en (m) ;

9 : Distance entre la bordure de la parcelle et la première vanne en (m) ;

Nt₂ : Nombre des vannes sur le deuxième tronçon ;

Qt₁ : Débit dans le premier tronçon

N : Nombre total d'asperseur ;

N₁ : Nombre d'asperseur sur le deuxième tronçon.

Nous retiendrons respectivement les diamètres de 200mm et de 168mm pour le premier et le deuxième tronçon pour être économique et respecter les limites de fonctionnement des asperseurs.

7.2.3.5 Pertes de charges dans la conduite principale « Jcp » :

Les pertes de charges dans la conduite principale seront égales :

$$J_{cp} = J_{t1} + J_{t2} = 1,206 + 0,594 \quad \longrightarrow \quad J_{cp} = 1,802\text{m}$$

7.2.3.6 Les pertes de charges totales « Jt » :

$$J_t = J_{cp} + J_r + J_s$$

$$J_{cp} = 1,802 \text{ m}$$

$$J_r = 3,456\text{m}$$

$$J_s(10\%) = 0,06 \text{ m}$$

$J_t = 5,318 \text{ m}$ soit $0,532 \text{ bars}$.

7.2.3.7 Calcul des pressions :

La différence de pression entre l'asperseur le plus favorisé et l'asperseur le moins favorisé est de $0,604 \text{ bars}$ soit $17,25 \%$ de la pression nominale de fonctionnement ($3,5 \text{ bars}$).

a – Pression de l'asperseur le plus favorisé :

Pression de l'asperseur le plus favorisé $= 3,5 + (3/4) \times 0,604 = 3,95 \text{ bars}$.

b – Pression de l'asperseur le moins favorisé :

Pression de l'asperseur le moins favorisé $= 3,5 - (3/4) \times 0,604 = 3,04 \text{ bars}$

c – Pression à la borne « J_B » :

$$J_B = J_a + J_{ta} + J_{(b-t)} + J_{asp}$$

J_B : Pression à la borne ;

J_a : Perte de charges dans l'allonge, (hauteur 1 m $\Rightarrow J_a = 0,06 \text{ bars}$;

$J_{(b-t)}$: Pertes de charges entre la première vanne et le premier asperseur ; $J_{(b-t)} = 6 \times 2 \times 10^{-2}$

$J_{(b-t)} = 0,12 \text{ m} = 0,012 \text{ bars}$;

J_{asp} : Pression de l'asperseur le plus favorisé, $J_{asp} = 3,95 \text{ bars}$;

Alors :

$$J_B = 0,06 + 0,012 + 0,018 + 3,95 = 4,04 \text{ bars} \quad 4 \text{ bars.}$$

Tableau N°7.10 :Inventaire du matériel nécessaire :

<i>Designation</i>	<i>Nombre</i>
<u>1-Borne</u>	
Branchement de borne 200mm	1
<u>2-conduite principale:</u>	
tuyau en PEHD PN06Ø=200mm	
tuyau en PEHD PN06: Ø =180mm	
Les vannes (200×75)mm	34
les vannes (168×75)mm	33
Réduction (200 ×168) mm	1
Bouchons 168 mm	1
<u>3- Rampes d'aspersion:</u>	
tuyau en aluminium de 9m avec prise	56
tuyau en aluminium de 9m sans prise	54
Branchement de vannes Ø:75mm	2
Bouchons Ø: 75mm	2
Semelle stabilisatrices Ø:75mm	84
Raccord à soupape	84
Branchement raccord à soupape	84
Manchons double femelle	84
Asperseurs 30 TNT	84
Allonge 1	84

Parcelle N° 03Donnée de base :

Longueur 1374 m.

Largeur 1000m.

Surface 137 74 ha = 1.374.000 m².

Culture envisagée : céréales.

Système classique mobile.

Dispositif 12× 18.

Mois de pointe : juillet.

Nombre de jours :31.

Volume mensuel de pointe 93,3mm = 933 m³/ha.

RFU 84mm = 840 m³/ha.

Nombre d'arrosage :1.

Dose pratique corrigée : 83,97mm = 839,7 m³/ha.

Fréquence des arrosages 27 jours .

7.3.1 Choix et caractéristiques de l'asperseur :

La pluviométrie de l'asperseur doit être inférieure au gradient de la perméabilité(K) afin d'éviter le ruissellement et la stagnation de l'eau en surface du sol.

Plu (mm/h) $a_0 K$ mm/h

a_0 : coefficient de réduction dépend de la nature du sol et de la topographie du sol, égale 0,9.

K : perméabilité du sol en (mm/h).

Plu : pluviométrie de l'asperseur égale à (Dpcorrigé/ durée) d'un poste.

On choisit la durée d'un poste arbitrairement tout en tenant compte du nombre de positions par rampe, par jour et de la dose pratique corrigée appelée dose réelle on peut calculer la pluviométrie :

$$\text{Plu} = \frac{\text{volume mensuel de pointe(mm)}}{\text{la durée d'un poste arbitrairement choisi(h)}}$$

$$\text{Plu} = 93,3/11 = 8,48 \text{ mm/h}$$

Pour une durée de poste de 8h, avec $a_0 K = 64,8 \text{ mm/h}$, on a : $\text{Plu} < a_0 K$.

Notre asperseur est de caractéristique suivante :

Tableau N°7.11 : Caractéristiques de l'asperseur de la parcelle N°03

Asperseur	30TNT.
Filetage	20/27.
poids	0,539Kg
pluviométrie	8,3 mm/h
Diamètre de la base	11/64 *3/32;
pression	3,5 bars, soit 35m

Source : DSA de Mascara

7.3.2 caractéristiques de la parcelle N°03 :

les caractéristiques sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau N° 7.12 : Caractéristique de la parcelle N° 03

<i>Caractéristique</i>	<i>Dispositif 12*18</i>
Pluviométrie de l'asperseur	8,3 mm/h
Nombre de rampes	2 rampes
Durée d'un poste	11 heures
Nombre total de positions(poste)	152positions
Nombre des vannes	76 vannes
Nombre d'asperseurs / rampe	84asperseurs
Débit d'un asperseur	1,79 m ³ /heure
Débit en tête de la parcelle	150,36 m ³ /heure
Longueur de larampe	498 m
Longueur de la conduite principale	1359 m
Durée d'une irrigation	27 jours soit un mois et 4 jours

7.3.3 Calcul et choix de diamètres des canalisations :

Les mémés calculs et résultats que la parcelle N°01 et N°02.

La pression de l'asperseur la plus favorisée devra égale ou inférieur à :

$$3,5 + 0,52 = 4,02 \text{ bars.}$$

La pression de l'asperseur la plus défavorisée devra être égale ou supérieure à :

$$3,5 - 0,17 = 3,33 \text{ bars}$$

Les pertes de charges admissibles entre l'asperseur le plus favorisé et le plus défavorisé est :

$$J_a = 4,02 - 3,33 = 0,69 \text{ bars.}$$

Soit 20% de la pression nominale (3,5bars).

On considère que la dénivelé est nulle.

7.3.3.1 Pertes de charges proprement dites :

Les pertes de charges proprement dites égale à $0,6 - 0 = 0,6$ bars.

7.3.3.2 Pertes de charges singulières « Js » :

Elles sont égales à 10% des pertes de charges proprement dites égale à :

$$J_s = 0,6 \times 0,1 = 0,06 \text{ bars constituent les pertes de charges singulières admissibles.}$$

7.3.3.3 Pertes de charges dans la rampe d'aspersion « Jr » :

Pour le calcul de perte de charges entre les asperseurs d'une rampe de diamètre uniforme, on utilise une méthode de calcul rapide, la perte de charge est la même que celle provoquée par une canalisation de même nature, diamètre et longueur fictifs (L_s) et pour débit (Q_r) :

a – Longueur équivalente « L_s » :

$$L_s = b_s \times e \text{ (formule de SCOBY).}$$

b_s : coefficient dépendant du nombre d'asperseur pour $N = 84$ on a $b_s = 14,4$.

e : écartement des asperseurs sur la rampe égale à 12m, d'où : $L_s = 14,4 \times 12 = 172,8\text{m}$.

b – Débit de la rampe « Q_r » :

$$Q_r = (N - 1) q$$

N : nombre d'asperseur sur la rampe ;

q : débit d'un asperseur en m^3/h , d'où :

$$Q_r = (84 - 1) \times 1,79 = 148,5 \text{ m}^3/\text{h}.$$

7.3.3.4 Pertes de charges unitaires « i » :

L'abaque de SCOBY des tuyaux en alliage léger donne directement les pertes de charges le long d'une rampe. Les diamètres des rampes sont pratiquement égale à 75mm pour des questions standardisations et résistances.

Diamètre 75mm

$$Q_r = 148,5 \text{ m}^3/\text{h}$$

On déduit que $i = 2 \times 10^{-2}$

Les pertes de charge le long de la rampe est de :

$$J_r = L_s \times i \rightarrow J_r = 172,8 \times 2 \times 10^{-2} \rightarrow J_r = 3,456 \text{ m}$$

7.3.3.5 Pertes de charges dans les conduites principales :

Nous procédons comme les parcelles N°01 et 02. Comme l'indique le tableau N°7.12

Tableau N°7.13 : caractéristiques du tronçon parcelle 03

Nombre de rampes	2
Nombre de tronçons	2
Longueur du tronçon	$L_{cp}/2 \rightarrow 1197/2 = 598,5 \text{ m}$
Débit tronçon	$Q_r \times 2 = 297,14 \text{ m}^3/\text{h}$

L_{cp} : longueur de la conduite principale ;

Q_r : débit d'une rampe d'aspersion.

a – Calcul du tronçon :

Tableau N° 7.14: Calcul des pertes de charges des tronçons.

Premier tronçon	Deuxième tronçon
De la 1 ^{ère} à la 39 ^{ème} vannes	De la 39 à la 76 ^{ème} vannes
$L_{t1} = 38 \times 18 + 9 = 693 \text{ m}$	$L_{t2} = 37 \times 18 = 666 \text{ m}$
$Q = 84 * 1,79 = 150,3 \text{ m}^3/\text{h}$	$Q = 42 \times 1,79 = 75,1 \text{ m}^3/\text{h}$
$\varnothing = 200 \text{ mm}$	$\varnothing = 180 \text{ mm}$
$i = 2 \times 10^{-3}$	$i = 10^{-3}$
$J_{t1} = 693 \times 2 \times 10^{-3} = 1,386 \text{ m}$	$J_{t2} = 666 \times 10^{-3} = 0,666 \text{ m}$

$$L_{t1} = (N_{t1} \times e) + 9$$

N_{t1} : Nombre d'asperseur sur le tronçon 1 ;

e : Ecartement en (m) ;

9 : la distance entre la bordure de la parcelle et la première vanne.

$$L_{t2} = N_{t2} \times e$$

N_{t2} : Nombre des vannes sur le deuxième tronçon.

-Débit :

$$Qt_1 = N \times q$$

Qt_1 : débit du tronçon 1 ;

N : Nombre total d'asperseurs ;

q : Débit d'un asperseur.

$$Qt_2 = N_1 \times q$$

N_1 : Nombre d'asperseur sur le deuxième tronçon.

b – Calcul des pertes de charges dans la conduite principale « Jcp » :

Les pertes de charges dans la conduite principale seront égales :

$$J_{cp} = J_{t1} + J_{t2} = 1,386 + 0,666$$

$$J_{cp} = 2,052 \text{ m}$$

7.3.3.6 Les pertes de charges totales « Jt » :

$$J_t = J_{cp} + J_r + J_s$$

$$J_{cp} = 2,052 \text{ m}$$

$$J_r = 3,456 \text{ m}$$

$$J_s(10\%) = 0,06 \text{ m}$$

$$J_t = 5,57 \text{ m soit } 0,557 \text{ bars.}$$

7.7.3.7 Calcul des pressions :

La différence de pression entre l'asperseur le plus favorisé et l'asperseur le moins favorisé est de 0,84bars soit 18 % de la pression nominale de fonctionnement(3,5bars).

a – Pression de l'asperseur le plus favorisé :

$$\text{Pression de l'asperseur le plus favorisé} = 3,5 + (3/4) \times 0,638 = 3,97 \text{ bars.}$$

b – Pression de l'asperseur le moins favorisé :

$$\text{Pression de l'asperseur le moins favorisé} = 3,5 - (3/4) \times 0,638 = 3,34 \text{ bars}$$

c – Pression à la borne « J_B » :

$$J_B = J_a + J_{(t-a)} + J_{(b-t)} + J_{asp}$$

J_B : Pression à la borne ;

J_a : Perte de charges dans l'allonge,(hauteur 1,5m) $\Rightarrow J_a = 0,09 \text{ bars ;}$

$J_{(b-t)}$: Pertes de charges entre la première vanne et le premier asperseur ; $J_{(b-t)} = 6 \times 2 \times 10^{-2}$

$J_{(b-t)} = 0,12\text{m} = 0,012\text{bars}$;

Jasp : Pression de l'asperseur le plus favorisé, $J_{asp} = 4,02\text{bars}$;

Alors :

$J_B = 0,09 + 0,012 + 0,018 + 3,94 = 4,06 \text{ bars} \quad 4 \text{ bars.}$

Tableau N°7.15 : Inventaire du matériel nécessaire parcelle 3 :

<i>Designation</i>	<i>Nombre</i>
<u>1-Borne</u>	
Branchement de borne 200mm	1
<u>2-conduite principale:</u>	
tuyau en PEHD PN06:Ø=200mm	
tuyau en PEHD PN06: Ø =168mm	
Les vannes (200×75)mm	39
les vannes (168×75)mm	37
Réduction (200 ×168) mm	1
Bouchons 168 mm	1
<u>3- Rampes d'aspersion:</u>	
tuyau en aluminium de 9m avec prise	56
tuyau en aluminium de 9m sans prise	54
Branchement de vannes Ø:75mm	2
Bouchons Ø: 75mm	2
Semelle stabilisatrices Ø:75mm	84
Raccord à soupape	84
Branchement raccord à soupape	84
Manchons double femelle	84
Asperseurs 30 TNT	84
Allonge 1 ,5m.	84

8-Pression en tête du réseau

D'après notre étude, les pressions en tête du réseau sont égales à 4 bars pour les trois parcelles. Pour assurer la pression nécessaire à chaque parcelle, il suffit d'installer une vanne de commande (robinet vanne) permettant de régler la pression et le débit. On doit munir les rampes d'asperseurs de manomètres pour le contrôle de la pression au niveau de celle-ci.

9- Organisation du travail

L'équipement assurant la tâche est composé de sept ouvriers qualifiés : un qui s'occupe de l'entretien et le contrôle des groupes motopompes (les pleins de gasoil, les vidanges, nettoyage et réglage etc...) Le temps nécessaire est de deux heures pour réaliser ce travail, les autres ouvriers s'occupent du déplacement et fixation des rampes, leur transport et leur contrôle (pression, débit).

9.1 Horaire de travail sur les parcelles

a) Parcelle N° 01 :

Première position de 04 à 12 heures.

Déplacement des rampes de 12 à 16 heures.

Deuxième position de 16 à 00 heures.

Déplacement des rampes de 00 à 04 heures.

b) Parcelle N°02 et 03 :

Première position de 04 à 15 heures.

Déplacement des rampes de 15 à 16 heures

Deuxième position de 16 à 03 heures.

Déplacement des rampes de 03 et 04 heures.

10- Dimension du bassin d'accumulation

L'installation du bassin d'accumulation a pour but de :

- ✓ Stocker les eaux d'irrigation pendant un temps voulu.
- ✓ Régulariser le fonctionnement de la station de pompage et d'économiser l'énergie électrique (pompage).

10.1 Contenance du bassin

La contenance du bassin dépend:

-du débit de la station d'épuration.

-de l'intervalle de temps qui s'écoule entre le démarrage et l'arrêt de la pompe.

Suite à la détermination des débits nécessaires à nos trois cultures envisagées, on a pu calculer le débit global à pomper qui est égal à $451\text{m}^3/\text{h}$.

Pour les cultures maraichères, le débit à pomper est égale à $150\text{m}^3/\text{h}$, la luzerne $150,3\text{m}^3/\text{h}$ et les céréales $150,3\text{m}^3/\text{h}$.

Le total du débit à pomper est égal à $450,9$ soit $451\text{ m}^3/\text{h}$.

Le temps de vidange du réservoir est de 06 heures pour permettre au moteur de se refroidir.

Débit entrant $648\text{ m}^3/\text{h}$ 180 l/s .

Débit sortant $451\text{ m}^3/\text{h}$ $125,2\text{ l/s}$.

Volume du réservoir « V » :

$V = \text{débit sortant} \times \text{temps de vidange}$

$$V = 125,2 \times 21600 = 2.706.000\text{ l} = 130 \times 21.600 = 2.808.000\text{ l}$$

Soit $V = 3000\text{ m}^3$.

Le volume du réservoir est calculé de façon que le démarrage et l'arrêt de la pompe ne dépasse pas 06 heures. La hauteur fixée est de 05 m. Ce volume est réparti entre deux réservoirs d'égale contenance.

Les dimensions du réservoir sont :

Surface : $1500/5 = 500\text{ m}^2$; Largeur : 20 m ;

Longueur : 25 m ; Revanche : 0,25 m.

11- Temps du débit fourni par la station « T »

$$T = \frac{\text{volume des deux réservoirs}}{\text{Débit entrant}} \dots\dots\dots(7.12)$$

$$T = \frac{3000}{0,18} = 4\text{ heures et }20\text{ min.}$$

Tableau N° 7.16 :Caractéristiques du réservoir :

Débit entrant	180 l/s
Débit sortant	130 l/s
Durée de vidange	6 h
Temps du débit fourni par la station	4h 20min
Volume du réservoir	3000 m ³
Hauteur	5 m
Surface d'un réservoir	500 m ²
Longueur d'un réservoir	25 m
Largeur d'un réservoir	20 m
Revanche d'un réservoir	0,25m

12- Etude du réseau et détermination des groupes motopompe

12.1 Etude du réseau :

Le réseau est un assemblage de tuyaux dont le rôle est d'amener le débit nécessaire fourni par des groupes motopompes du lieu de pompage jusqu'en tête de parcelle. En surface, il suit la pente du terrain. Il est maintenu au-dessus du sol par un système d'ancrage en socle à béton et des barreaux de fer résistant, permettant de limiter tout glissement dû à la pression et au poids des tuyaux.

a) Disposition de la conduite d'amenée des deux réservoirs vers le périmètre :

On optera pour les tuyaux présentant les caractéristiques suivantes :

- matériau le plus utilisé pour le refoulement
- diamètre intérieur nominal de 60 à 400 mm, en longueur 6 m (12 sur commande)
- pression de service jusqu'à 16 bars
- résistant à la corrosion.
- faible poids.
- facile à mettre en œuvre.

-longue durée de vie.

b) Pour leur assemblage, les tuyaux portent à chaque extrémité un bout lisse. L'emboîture se fera :

-Soit par collage à froid.

- Soit par une bague en élastomère (assemblage par bague de joint d'étanchéité).

Nous avons choisi l'assemblage à bout lisse (assemblage par manchon à bague de joint d'étanchéité).

c) Calcul des diamètres :

La vitesse de l'eau dans les conduites ne varie que de 0,3 à 3 m/s, ce qui permet un grand choix pour le diamètre des conduites. Cependant, nous éviterons de choisir un diamètre trop petit qui coûte peu cher mais entraîne un gaspillage d'énergie (pertes de charge élevées). Par contre, un grand diamètre coûte cher mais nécessite moins d'énergie.

Pour un choix judicieux du diamètre, il faut que la vitesse soit uniforme dans toute la conduite. Ensuite, on fera des estimations de dépenses d'implantation et de fonctionnement de la conduite d'amenée pour différentes vitesses comprises entre 0,3 et 3 m/s. Puis, on déduit les pertes de charges totales $J_t = J_i$, nous permettant d'obtenir la hauteur manométrique de refoulement en tête de notre périmètre.

Formule $J = 0,00054 V^{1,75} \times D^{-1,25}$

-Débit 130 l/s ;

-Diamètre 255 mm ;

- Vitesse 2,8 m/s ;

-Pertes de charge 0,0019 m. (ANNEXE N° 04)

13- Détermination des groupes motopompe

13.1- Choix de la pompe

Le type de pompe à adopter dépendra du débit à assurer et de la hauteur manométrique de fonctionnement. Celle-ci est la somme de trois éléments :

-perte de charge dans la canalisation et les accessoires.

- pression requise en tête de notre périmètre.

- différence de niveau entre la crépine et le point d'utilisation de l'eau.

13.1.1. Calcul de la hauteur manométrique total « HMT » :

$$HMT = H_g + H_p + H_{pr} + 10\% \times H_p$$

Hp : pertes de charges totales au niveau de la parcelle, Hp majorée = 40m ;

Hpr : pertes de charges au niveau de la conduite de refoulement.

Longueur 2730m (voir plan d'aménagement des parcelles) ;

Diamètre 255 mm ;

Débit 451 m³/h ;

Donc i = 0,0019 ;

Hpr = 1550 × 0,0019 = 5,58 m.

Hg : Hauteur géométrique atteinte par l'eau dans le réservoir en m soit égal à 20.

HMT = 20 + 40 + 5,58 + 4 = 69,58 ~ 70m.

13.1.2 Puissance des pompages :

$$\text{Puissance absorbée} = Pa = \frac{\text{puissance utile (Pu)}}{\text{Rendement (r)}} \dots\dots(7.13)$$

$Pu = \rho QH$ Avec :

ρ : Masse volumique de l'eau 1000 kg/m³.

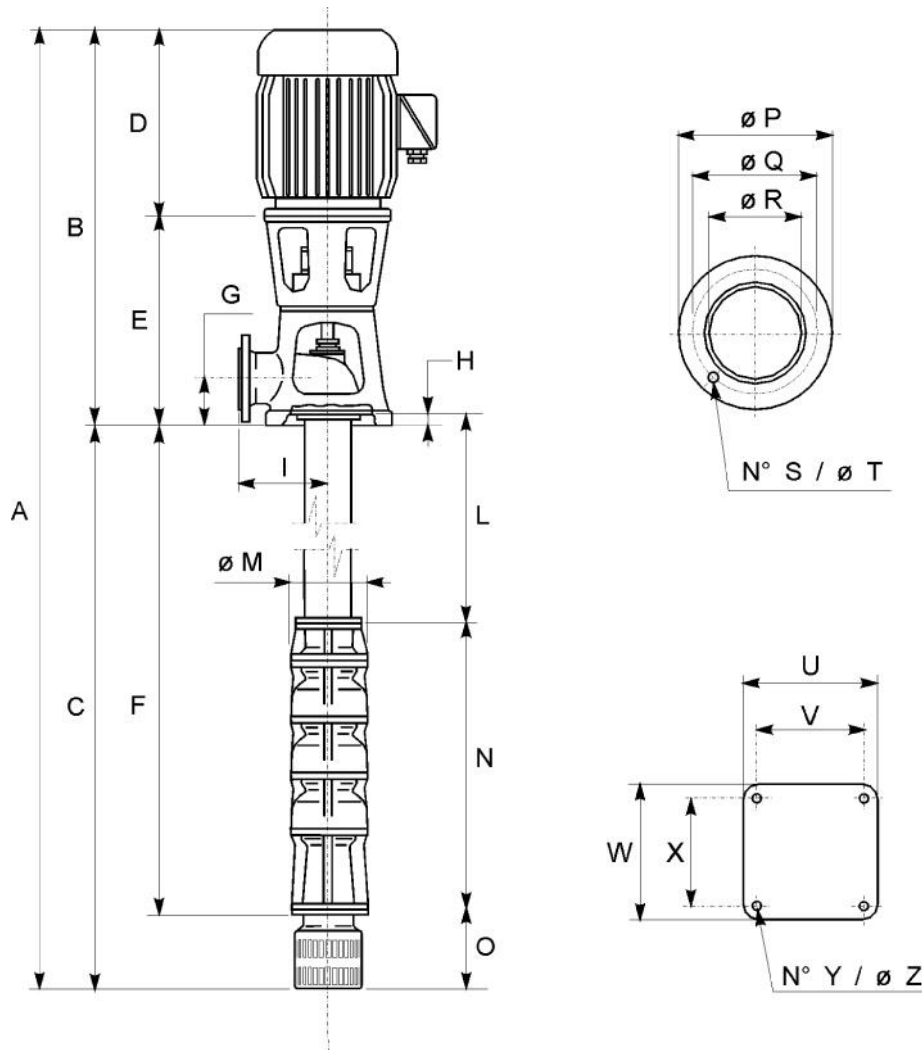
g : 9,81 m³/s.

H : Hauteur manométrique totale égale à 70 m;

Tableau V.3: Dimensionnement de la pompe

Caractéristique	Pompe
Débit de la pompe (l/s)	180 l/s
Rendement	0,86
HMT (m.c.e)	74.5
Puissance de la pompe (kW)	118
Durée totale d'irrigation (h)	24
Durée de fonctionnement annuel (h)	8760
Energie annuelle de consommation (kJ)	61320

- D'après le logiciel CAPRARI on a opté pour la pompe : P16C



- **Figure.7.2** : Schéma de la pompe

13.4 Sécurité au niveau de la pompe

a) Protection contre le désamorçage :

Il ne faut pas qu'une pompe tourne à vide, sans eau. On doit prévoir un dispositif d'amorçage de la pompe. C'est à dire remplissage du corps de la pompe.

En cours de fonctionnement, il faut éviter toute possibilité de désamorçage dans la pompe. Il peut se produire une fuite sur la conduite d'aspiration. On utilise alors un dispositif qui mesure la baisse de puissance absorbée par le moteur.

b) Protection contre le barbotage :

Lorsqu'une pompe tourne à vanne fermée on dit qu'elle est en barbotage. Il ne faut pas que ce phénomène se prolonge longtemps à cause des risques de détérioration de la pompe.

- c) Sécurité au refoulement : On place à l'avant des retenues qui évitent la vidange de toute conduite lors de l'arrêt de la pompe. La vanne permet d'isoler la pompe en cas de démontage.

Introduction

Afin d'assurer à notre aménagement hydraulique par aspersion une certaine efficacité dans sa réalisation. L'introduction de quelque accessoire s'avère indispensable tels que :

- Le réseau de la piste.
- Les brise-vents.

1-Le réseau de pistes :

Le réseau de circulation permet ::

- L'accès aux parcelles pour leur culture.
- La surveillance et l'entretien du réseau d'irrigation.
- Passage du matériel agricole.

2-Les brise-vents :

L'installation de ces brise-vents a plusieurs avantages :

- Réduction des effets mécaniques du vent.
- Amélioration des rendements par abaissements de l'évapotranspiration (l'ETP).
L'évaporation ainsi réduite conduit à une augmentation photosynthétique des végétaux.
- Abaissement des températures moyenne en climat sec.
- Augmentation de la température du sol.
- Diminution du risque de l'érosion éolienne du sol.

Le brise-vent est disposé perpendiculairement à la direction des vents dominants. Le rideau boisé doit être semi-perméable, afin de freiner efficacement le vent et d'éviter la formation des tourbillons au-dessus du brise-vent dans le cas où aucun filet d'air ne traverse le rideau.



Figure N°8.1 :les brises vents

2.1 Choix de l'espèce :

Il s'agit d'obstacle vivant constitué par le cyprès disposés en ligne. Nous avons choisi le cyprès comme brise-vent car il s'adapte mieux au climat de la région.

2.1.1 Caractéristiques du cyprès :

Le cyprès est une espèce qui se familiarise bien dans les sols légers et profonds, à croissance rapide, feuilles persistantes garantissant ainsi une protection annuelle.

- La croissance végétative est accélérée dès son jeune âge et peut atteindre 13 mètres de hauteur. Cette croissance verticale, évitant ainsi les étouffements.

- L'enracinement pivotant sans crainte de concurrence racinaire avec les cultures protégées.

- Résineux, bien adaptés aux conditions climatiques.

- Disponibles dans les pépinières.

a) Variété utilisable :

- Sous embranchement : Gymnospermes.

- Ordre : confirmables.

- Famille : Cupressacées.

- Espèce : Cupressus- sempervirents.

- Variété : Horizontale.

2.2 Mise en place du brise-vent :

L'espacement recommandé pendant l'installation de ces brise-vents est de 50cm, après 3 à 4 ans, on commence l'élimination de certains sujets qui se comportent mal. Le nombre de plants autour de notre périmètre est de 3000.

Introduction

Aménagement hydraulique de nos trois parcelles doit faire l'objet d'une étude économique détaillé en fonction de l'étude technique.

9.1 Devis de la station de pompage

Compte tenu de la disponibilité des prix des groupes motopompes de type FB 14 PØ 237 code ONANA on les utilise pour notre approche économique. D'autre part nous prévoyons uncinquième moto pompe de sécurité en cas de panne.

Prix actuel :

Prix des 5 pompes = $600000 \times 5 = 3.000.000$ DA.

Abris + génie civile + accessoires = 1.200.000 DA.

9.2 Devis des travaux plus les pièces spéciales :

Tels que :

- Ancrage ;
- Construction ;
- Pièces spéciales pour la protection des conduites et la pompe ;
- Entretien des pompes.

$C_2 = 1.600.000$ DA

Source (entreprise des travaux d'hydraulique de la wilaya de mascara).

9.3 Devis de l'installation des brises vents

Nombre d'arbres : 3 000

Prix unitaire : 25 DA

Total C_3 : 75.000 DA

9.4 charges salariales annuelles

Sept ouvriers qualifiés vont assurer l'irrigation des trois parcelles au mois de pointe ils bénéficient d'un salaire de $23000 \times 12 \times 7 \longrightarrow C_4 = 1.932.000$ DA.

9.1 devis de la conduite gravitaire :

Désignation des travaux et ouvrage hydraulique	Unité de mesure	Diamètre mm	Quantité	Prix unitaire (DA)	Totale(DA)
CONDUITE REFOULEMENT PEHD PN06	ML	Ø400	175	2360	413 000
CONDUITE GRAVITAIRE PEHD PN06	ML	Ø300	600	1650	990 000

Tableau N° 9.2 :Devis de la parcelle N°01

<i>Designation</i>	<i>Nombre</i>	<i>prix unitaire DA</i>	<i>prix total DA</i>
<u>1-Borne</u>			
Branchement de borne 200mm	1	7000	7.000
<u>2-conduite principale:</u>			
tuyau en PEHD PN06de :Ø=200mm		2360	1.890.360
tuyau en PEHD PN06 de :Ø =180mm		1650	1.306.800
Les vannes (200×75)mm	45	9.500	427.500
les vannes (180×75)mm	44	8.900	391.600
Réduction (200 ×180) mm	1	1.900	1.900
Bouchons 168 mm	1	1.500	1.500
<u>3- Rampes d'aspersion:</u>			
tuyau en aluminium de 9m avec prise	56	5.200	291.200
tuyau en aluminium de 9m sans prise	54	4.200	226.800
Branchement de vannes Ø:75mm	2	5.500	11.000
Bouchons Ø: 75mm	2	1.200	2.400
Semelle stabilisatrices Ø:75mm	84	3.200	268.800
Raccord à soupape	84	3.100	260.400
Branchement raccord à soupape	84	2.900	243.600
Manchons double femelle	84	1.500	126.000
Asperseurs 30 TNT	84	1.300	109.200
Allonge 50cm	84	1.700	142.800
		TOTAL	5.708.860

Tableau N°9.3 :Devis de la parcelle N°02

Designation	Nombre	prix unitaire DA	prix total DA
<u>1-Borne</u>			
Branchement de borne 200mm	1	7.000	7.000
<u>2-conduite principale:</u>			
tuyau en PEHD PN06de :Ø=200mm		2360	1.423.080
tuyau en PEHD PN06 de :Ø =180mm		1650	1.330.560
Les vannes (200×75)mm	34	9.500	323.000
les vannes (180×75)mm	33	8.900	293.700
Réduction (200 ×180) mm	1	1.900	1.900
Bouchons 168 mm	1	1.500	1.500
<u>3- Rampes d'aspersion:</u>			
tuyau en aluminium de 9m avec prise	56	5.200	291.200
tuyau en aluminium de 9m sans prise	54	4.200	226.800
Branchement de vannes Ø:75mm	2	5.500	11.000
Bouchons Ø: 75mm	2	1.200	2.400
Semelle stabilisatrices Ø:75mm	84	3.200	268.800
Raccord à soupape	84	3.100	260.400
Branchement raccord à soupape	84	2.900	243.600
Manchons double femelle	84	1.500	126.000
Asperseurs 30 TNT	84	1.300	109.200
Allonge 1m	84	1.700	142.800
		TOTAL	4.971.940

Tableau N°9.4 :Devis de la parcelle N°03

<i>Designation</i>	<i>Nombre</i>	<i>prix unitaire DA</i>	<i>prix total DA</i>
<u>1-Borne</u>			
Branchement de borne 200mm	1	7.000	7.000
<u>2-conduite principale:</u>			
tuyau en PEHD PN06de :Ø=200mm		2360	1.635.480
tuyau en PEHD PN06 de :Ø =180mm		1650	1.098.900
Les vannes (200×75)mm	39	9.500	370.500
les vannes (180×75)mm	37	8.900	329.300
Réduction (200 ×168) mm	1	1.900	1.900
Bouchons 168 mm	1	1.500	1.500
<u>3- Rampes d'aspersion:</u>			
tuyau en aluminium de 9m avec prise	56	5.200	291.200
tuyau en aluminium de 9m sans prise	54	4.200	226.800
Branchement de vannes Ø:75mm	2	5.500	11.000
Bouchons Ø: 75mm	2	1.200	2.400
Semelle stabilisatrices Ø:75mm	84	3.200	268.800
Raccord à soupape	84	3.100	260.400
Branchement raccord à soupape	84	2.900	243.600
Manchons double femelle	84	1.500	126.000
Asperseurs 30 TNT	84	1.300	109.200
Allonge 1,5m	84	1.700	142800
		TOTAL	5.120.480

Tableau N°9.5 :Devis du projet

Devis de la conduite de refoulement PEHD PN06	413.000 DA
Devis de la conduite gravitaire PEHD PN06	990.000 DA
Devis des équipements des parcelles	15.801.280DA
Devis des groupes moto pomes +Abris +génie civil + accessoires	4.200.000 DA
Travaux et pièces spéciales	1.600.000 DA
Charges salariales annuelles,	75.000 DA
Devis de l'installation des brises vent	1.932.000 DA
HT	25.011.280DA
TVA =(HT*0,17)	4.251.917,6DA
TTC= HT + TVA	29.263.197,6DA

- Le cout global de notre projet est de 29.263.197,6DA

Conclusion générale

L'irrigation à partir des eaux usées après leur épuration, à des fins agricoles, est devenue l'une des solutions pouvant répondre aux problèmes de l'eau dans le monde et de ses besoins croissants.

Dans ce contexte, cette étude a pour objectif principal l'irrigation du périmètre d'EL KOUAYER à partir des eaux épurées de la station d'épuration de la ville de MASCARA.

Un réseau d'irrigation a été conçu avec un dimensionnement adapté au type de sol et de débit disponible.

Lors du suivi, nous avons conclu que :

✓ Le climat de la zone d'étude est de type semi-aride tempéré avec des précipitations moyennes annuelles de 330,8mm, de température moyenne 10,26°C et la vitesse du vent de 2,74m/s

✓ La STEP de la ville de MASCARA est en service et elle fournit 180 l/s.

✓ La superficie irriguée actuellement est de 1000 ha, mais à partir du débit sortant de la station on ne peut irriguer que 418,6ha. Le déficit agricole est plus élevé au mois de juillet. L'alimentation du périmètre se fera par une conduite gravitaire qui va acheminer les eaux usées traitées issues de la STEP. La technique d'irrigation retenue est l'asperseur.

✓ Le devis de notre projet est de 29.263.197,6DA .

Références bibliographique

Bibliographie

[01] :Mémoire de magistère de SARA ATAB 28/11/2011(la réutilisation des eaux usées)

[02] :Baumot et al,2005 Réutilisation des eaux usées et les risques sanitaires institut d'aménagement et urbanisme de la région Ile de France.

[03]:Trad,M 1988

[04]: Allouini 1993

[05]: DRE(Direction des Ressources en Eau W.Mascara)

[06] : MFE (OUALSADAK.K,BOUAIBA.A.2013)

[07] : DSA(Direction des Services Agricoles De Mascara)

[08] : Irrigation par CH.OLLIER et M.POIREE 1983

[09] : cours de M^e S. EULMI 5^{ème} année irrigation et drainage

[10] : cours de M^f KOLIALD 5^{ème} année la réutilisation des eaux usées.

Sitographie

❖ [www.monorphologier](http://www.monorphologier.de) de la wilaya de Mascara.com

ANNEXES

Liste des annexes

ANNEXE 1 :Limites de concentration pour des métaux en eau usées traitée

ANNEXE 2 :Bioclimat méditerranéen

ANNEXE 3 : Limite des climats d'après l'indice climatique de **MARTONNE**

ANNEXE 4 : Classification des sols selon la perméabilité et leur aptitude à l'irrigation.

ANNEXE 5 : Tolérance relative des cultures par rapport aux sels.

ANNEXE 6 :Aptitude culturales des sols suivant le PH.

ANNEXE 7 :Taux de calcaire total (%CaCO₃)

ANNEXE 8 :Taux de matière organique (MO).

ANNEXE 9 :Caractéristiques hydriques de quelques sols

ANNEXE 10 :Abaque (Débit,vitesse,diamètre et pertes de charge)

ANNEXE1

Limites de concentration pour des métaux en eau usées traitée

<i>Métal</i>	<i>Concentration (mg/l)</i>	<i>Métal</i>	<i>Concentration (mg/l)</i>
Aluminium (Al)	5.0	Lead (Pb)	5,0
Arsenic (As)	0.1	Lithium (Li)	2,5
Beryllium (Be)	0.1	Manganese (Mn)	0.2
Boron (B)	0.75	Molybdenum (Mo)	0.01
Cadmium (Cd)	0.01	Nickel (Ni)	0.2
Chromium III (Cr)	0.1	Selenium (Se)	0,02
Cobalt (Co)	0.05	Vanadium (V)	2.0
Copper (Cu)	0.2	Zinc (Zn)	0.005

ANNEXE 2

Bioclimat méditerranéen

Bioclimat méditerranéen	pluvio moyen/an en mm
Per-humide	Plus de 1200
Humide	800-1200
Subhumide	600-800
Semi-humide	400-600
Semi-aride supérieur	300-400
Aride Moyen	200-300
Aride inférieur	100-200
Aride supérieur	50-100
Saharien inférieur	20-50
Saharien	Moins de 20

ANNEXE 3

Limite des climats d'après l'indice climatique de MARTONNE

VALEUR D'IA	TYPE DE CLIMAT	IRRIGATION
IA ≤ 5	Désertique	Indispensable
5 < I _A ≤ 10	Très sec	Indispensable
10 < I _A ≤ 20	Sec	Souvent indispensable
20 < I _A ≤ 30	Relativement humide	Parfois utile
IA > 30	Humide	Inutile

ANNEXE 4

Classification des sols selon la perméabilité et leur aptitude à l'irrigation.

Nature du sol	Valeur de K (m/s)	Aptitude des valeurs des sols à l'irrigation (m/s)
Sols imperméables	$K < 10^{-6}$	Ne pas arroser.
Sols assez imperméable	$10^{-6} < K < 5 * 10^{-6}$	A arroser avec précaution
Sols perméable	$5 * 10^{-6} < K < 5 * 10^{-5}$	Aptes à l'arrosage
Terres trop perméable	$K > 5 * 10^{-5}$	Trop perméable utiliser l'aspersion

ANNEXE 5

Tolérance relative des cultures par rapport aux sels.

CE mmhos/cm à25	tolérance des plantes
0-2	Presque toutes les plantes donnent un bon rendement,
2-4	Bon rendement sauf les plantes sensibles,
04-8	Bon rendement seulement pour les plantes tolérantes
8-16	Bon rendement seulement pour les plantes très tolérantes
>16	Seulement les plantes très tolérantes peuvent être cultivées pourtant Avec un rendement plus faible

ANNEXE 6

Aptitude culturales des sols suivant le PH.

PH du sol	Désignation des sols	Spéculation
3 - 4	Extrêmement acide	Landes ou forêts d'espèce acidophiles
5,5 - 5	Très fortement acide	Prairies
5 - 5,5	Très acide	Prairies espèces acidophiles (seigle)
5,5 - 6	Acide	Prairies et cultures
6 - 6,75	Faiblement acide	Toutes cultures sauf espèces calcicoles
6,75 – 7,5	Neutre	Toutes cultures sauf espèces calcicoles
7,5 -7,8	Faiblement alcalin	Toutes cultures sauf espèces calcifuges
7,8 – 8,5	Moyennement alcalin	
Plus de 8,5	Très alcalin	Croissance difficiles

ANNEXE 7

Taux de calcaire total (%CaCO₃)

% CaCO₃	Terre
<5	légèrement pourvue en CaCO ₃
5 à 10	Peu calcaire
10 à 25	Moyennement calcaire
25 à 50	Hautement calcaire
> 50	Fortement calcaire

ANNEXE 8

Taux de matière organique (MO).

Taux de matière organique %	Terre
< 1	Très pauvre
1 à 2	Pauvre
2 à 4	Moyenne
> 4	Riche

ANNEXE 9

Caractéristiques hydriques de quelques sols

Texture	Humidités pondérales en-% du poids sec			Réserve utile volumétrique en mm/m
	à la rétention HCC	du flétrissement HPF	disponible HCC-HPF	
Sableuse	9 (6 à 12)*	4 (2 à 6)*	5 (4 à 6)*	85 (70 à 100)*
Sablo-limoneuse	14 (10 à 18)	6 (4 à 8)	8 (6 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)