

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'HYDRAULIQUE- ARBAOUI Abdellah-

DEPARTEMENT GENIE DE L'EAU

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

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

Option : Conception Des Systèmes d'Irrigation et de Drainage

THEME :

**DIMENSIONNEMENT D'UN RESEAU
D'IRRIGATION LOCALISE SUR UNE ZONE DE
107 HA (CORSO) ALIMENTEE PAR LA STEP DE
BOUMERDES**

Présenté par :

M^r AMIR MOHAMED EL HANAFI

DEVANT LES MEMBRES DU JURY

Nom et Prénom	Grade	Qualité
M^r M.MESSAHEL	PROF	Président
M^r T.BENKACI	M.A.B	Examineur
M^{me} S.MAZOUZI	M.A.B	Examinatrice
M^{me} H.BOUCHEMA	M.A.A	Examinatrice
M^r M.CHABACA	PROF	Promoteur

Septembre 2015

ملخص

في هذه المذكرة قمنا بدراسة مشروع كيفية تزويد الأراضي الزراعية المكونة لمحيط 107 هكتار، الواقع في بلدية قورصو بولاية بومرداس انطلاقا من محطة تصفية المياه المستعملة الواقعة في مدينة بومرداس. ولهذا الغرض قمنا بدراسة عامة لمختلف خصائص المنطقة من حيث المناخ ومن حيث الخصائص المتعلقة بنوعية التربة وكذلك نوعية المياه. قمنا أيضا بتحديد احتياجات النباتات للماء، كما قمنا أيضا بتحديد مختلف أبعاد شبكة التزويد بمياه السقي من المحطة الى المحيط وقمنا أيضا بدراسة مدى تأثير مياه السقي على التربة والنباتات.

Résumé

L'objectif de ce projet est la conception d'un réseau d'irrigation pour alimenter en eaux épurées un périmètre de 107 ha à CORSO à partir de la station d'épuration de la ville de BOUMERDES située dans la Wilaya de BOUMERDES.

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

Nous avons aussi estimé les besoins en eau des cultures et dimensionner notre réseau d'irrigation, et voir l'impact des eaux de la réutilisation des eaux usées épurées sur le sol et les plantes.

Abstract

The aim of this project is the conception of irrigation network to supply in purified wastewaters the perimeter of 107 ha localized in the town of CORSO in city of BOUMERDES from the station of purification that is situated in BOUMERDES.

Therefore, we have made a general study on the climatic features as well as the characteristics of soil, of the region and the quality of water.

We have also estimated the needs of plants in water, and defined the dimensions of the irrigation network, and see the impact of purified wastewaters on the soil and plants.

SOMMAIRE

Introduction générale :	Erreur ! Signet non défini.
I-1-Présentation géographique :	2
I-1-1 Wilaya de Boumerdes :	2
I-1-2-Commune de corso :	3
I-1-3-présentation du site d'étude :	Erreur ! Signet non défini.
-Localisation :	4
I-2 Géologie et hydrogéologie :	4
I-2-1 Description des sols des parcelles étudiées.....	5
I-3 la climatologie :	Erreur ! Signet non défini.
I-3-1 humidité relative :	5
I-3-2 Pluviométrie :	6
I-3-3 températures :	Erreur ! Signet non défini.
I-3-4 vents :	7
I-3-5 Accidents climatiques :	Erreur ! Signet non défini.
I-3-6 insolation :	8
I-3-7 EVAPORATION :	Erreur ! Signet non défini.
I-4. Données pédologiques (in Hasbaia O ; 2014) :	Erreur ! Signet non défini.
I-5- régime climatique de la région :	Erreur ! Signet non défini.
I-5-1 introductions:	Erreur ! Signet non défini.
1). Méthode de visualisation :	Erreur ! Signet non défini.
I-5-2 Les indices de DE MARTONNE :	Erreur ! Signet non défini.
I-5-3 Classification du climat selon le diagramme d'EMBERGER :	11
I-6 Etude hydrologique de la région :	Erreur ! Signet non défini.
.I-6-1 Homogénéisation de la série pluviométrique :	12
I-6-2 étude de l'échantillon et choix du type de loi (in Akbi Faiza ; 2013)	Erreur ! Signet non défini.
Ajustement de la série pluviométrique (in Akbi Faiza ; 2013).....	Erreur ! Signet non défini.
Ajustement à la loi normale (GAUSS) :	Erreur ! Signet non défini.
Ajustement à la loi log-normal (Galton) :	15
Ajustement à la loi de Gumbel :	16
I-6-3 détermination de l'année de calcul :	Erreur ! Signet non défini.
I-7 la méthode d'arrosage localisée (source : Wikipédia méthode d'arrosage localisé) ...	Erreur ! Signet non défini.
I-7-1 Les conditions d'utilisation :	Erreur ! Signet non défini.
-Cultures recommandées :	Erreur ! Signet non défini.
-Pentes adéquates :	Erreur ! Signet non défini.

-Types de sols appropriés :	Erreur ! Signet non défini.
-Qualité de l'eau :	Erreur ! Signet non défini.
-Avantage et inconvénient du système goutte à goutte	Erreur ! Signet non défini.
Avantage de l'irrigation localisée :	Erreur ! Signet non défini.
Inconvénient de l'irrigation localisée:	19
I-8 La réutilisation des eaux usées et les contraintes ainsi que les avantages espérés en irrigation :	Erreur ! Signet non défini.
Introduction :	Erreur ! Signet non défini.
I-8-1 Les objectifs de la réutilisation des eaux usées épurées :	Erreur ! Signet non défini.
I-8-2 Les avantages et les inconvénients de la réutilisation des eaux usées:	20
Introduction :	22
II-1 Généralité sur la station d'épuration de Boumerdes (STEP):	22
II-1-1 Localisation :	22
II-1-2 Station d'épuration de Boumerdes :	Erreur ! Signet non défini.
II-1-3 STEP de Boumerdes et projet d'irrigation agricole :	Erreur ! Signet non défini.
II-2 Historique de l'exploitation :	25
II-3 infrastructures des bassins de stockage d'eau :	25
II-4 Fonctionnement des infrastructures de stockage des eaux usées épurées destinées à l'irrigation :	27
II-5 Cultures agricoles potentielles pouvant être irriguées à partir des eaux usées épurées de la STEP :	27
II-6. Qualités des eaux épurées par la STEP de Boumerdes pour les mois extrêmes	27
Conclusion :	28
Introduction :	29
III-1 Comment déterminer les besoins en eau des cultures ?	29
III-2 Pourquoi déterminer les besoins en eau des cultures ?	29
III-2-1 Besoin en eau d'irrigation :	29
III-2-2 Besoin en eau de culture (ET_m) :	29
III-2-2-1 Choix du coefficient cultural	30
III-3 L'évapotranspiration :	31
III-3-1 L'évapotranspiration de référence (ET₀) :	31
III-3-2 L'évapotranspiration potentielle :	31
III-3-3 L'évapotranspiration réelle (ET_R) :	31
III-4 Méthodes d'évaluation d'évapotranspiration de référence (ET₀) :	31
a) Formule de Blaney-Criddle :	31
b) Formule de turc (France 1960) :	32
c) Méthode de Penman & Monteith :	33
III-5 Calcul de l'évapotranspiration potentielle :	34
III-6 la pluie efficace :	34

III-7 Calcul des besoins en eau des cultures :	35
III-8 les besoins en eau de chaque culture :	36
IV-1 Introduction :	39
IV-2 la micro irrigation ou l'irrigation localisée :	39
IV-3 caractéristique de la méthode :	40
IV-3 Caractéristique de la méthode :	40
IV-4 Ouvrages et dispositifs de système d'irrigation :	40
IV-4-1 Disposition générale:	40
IV-4-2 Schéma type d'un réseau d'irrigation localisée:.....	41
IV-4-3 Choix du type de matériau des conduites :	41
IV-4-4 Les distributeurs:	42
IV-4-4-1 Différents types de distributeurs :	42
IV-4-4-2 Choix d'un distributeur :	43
IV-5 Entretien et protection du réseau:	45
1-Lutte contre le colmatage organique:	45
2-Lutte contre le colmatage chimique:.....	45
3-Purgedes canalisations:.....	45
1- Contrôle et nettoyage des filtres:.....	46
a-Filtre à gravier :	46
b-Filtre à tamis :	46
c-Filtre à disque:.....	46
- Contrôle et nettoyage des distributeurs :.....	46
Conclusion :	48
Introduction :.....	49
VI-1 Caractéristiques de la situation de l'agriculture irriguée au niveau de la STEP de BOUMERDES :	49
VI-2 Le but du projet :	50
VI-3 Historique sur la zone pilote :	50
VI-4. Culture mise en place :	50
VI-5 problématique :	51
-Introduction :	51
VI-6-1 : ressource conventionnelle en Algérie :.....	52
VI-7 l'eau et l'agriculture en Algérie :	52
VI-8 les ressources non conventionnelles en Algérie :.....	53
VI-9-2 eaux usées épurées :.....	53
VI-9-2-1 superficie irrigable à partir de la STEP de Boumerdes :	53
VI-10 Différentes réglementations de la REUE dans le monde :	54
VI-10-1 critère microbiologique :.....	54

VI-10-2 qualité chimique :	57
VI-10-3 problèmes de colmatage :	59
VI-11 Les spécifications des eaux usées épurées utilisées à des fins d'irrigation :	59
Paramètres microbiologiques :	59
Paramètres physico-chimiques :	60
VI-11-1 Station d'épuration de Boumerdes :	61
VI-12 Résultat et discussion.....	62
VI-12-1 Evaluation de la qualité physico-chimique des EUE de la STEP de Boumerdes.....	62
VI-12-2 Analyse des métaux lourds dans les EUE de la step de Boumerdes et des bassins de stockage des exploitants.....	62
VI-12-3 Caractéristique microbiologique des EUE de la STEP de Boumerdes.....	62
VI-12-4 Impact de l'irrigation par les EUE sur les propriétés granulométriques et physicochimiques des sols.....	62
VI-12-4-1 analyse granulométrique.....	63
VI-12-4-2 Caractérisation physicochimique du sol.....	63
VI-12-4-3 Matières organiques.....	64
VI-13 Impact de l'irrigation par les EUE sur les produits agricoles.....	65
VI-14-1 Solution qu'on peut apporter pour les bassins de stockages.....	65
- Mise en œuvre.....	66
VI-15 aperçu sur le développement de nos ressources en eau dans le futur on ce qui concerne notre zone d'étude.....	67
VI-16 doit-on prendre ce risque comme solution ultime pour protéger notre agriculture ?	67
Conclusion.....	67
Introduction.....	68
VI.1. Données générales.....	68
VI-1-1 les besoins en eau De la culture la plus exigeante.....	68
VI-2 CALCUL du volume d'eau annuel.....	68
VI-3 DIMENSIONNEMENT DU RESEAU DE DISTRIBUTION.....	69
VI-4 DIMENSIONNEMENT DE RESEAU D'IRRIGATION EN GOUTTE A GOUTTE...69	
VI-4-1 Pour la tomate industrielle.....	69
VI-7-1-1 Calcul Hydraulique.....	71
VI-5 CALCUL DE LA CANALISATION PRINCIPALE.....	72
Introduction.....	74
VII-1 Devis de réseau d'irrigation localisée pour la culture la plus exigeante (tomate industrielle d'une superficie de 5 ha).....	74

VII-2-1 Calcul du volume de terrassement.....	74
VII-2-1-a Largeur du fond de la tranchée.....	74
VII-2-1-b Profondeur de la tranchée.....	75
VII-2-2 La conduite principale.....	75
VII-2-2-a Calcul du volume de déblai.....	75
VII-2-2-b Calcul du volume de lit de sable.....	76
VII-2-2-c Calcul du volume de remblai.....	76
VII-2-3 Devis estimatif pour le terrassement.....	76
VII-2-4 Devis estimatif total.....	76
Conclusion.....	77

Liste des figures :

Chapitre I :

Figure 1 : représentation géographique de la zone de Boumerdes.....	2
Figure 2 : Communes limitrophes de Corso.....	3
Figure 3 : commune de corso vue à partir d'un satellite (Google Earth).....	3
Figure 4 : limitation de la zone d'étude (Source : Google Earth).....	4
Figure 5 : répartition mensuelle de l'humidité relative de l'air en (%)......	6
Figure 6 : Pluviométrie mensuelle et annuelle de la station de Boumerdes.....	6
Figure 7 : Températures moyennes de l'air en °C.....	7
Figure 8 : répartition de la moyenne mensuelle de la vitesse de vent.....	8
Figure 9 : représentation de l'insolation mensuelle moyenne en heures/ jours.....	9
Figure 10 : répartition mensuelle de l'évaporation Moyenne (mm).....	9
Figure 11 : diagramme ombrothermique de Gaussen.....	10
Figure 12 : graphique de la loi log-normal (loi de Galton).....	15
Figure 13 : Graphique de la loi de Gumbel	17
Figure 14 : Schéma type d'une installation d'irrigation goutte à goutte.....	19

Chapitre II :

Figure 1 : image satellite de la station d'épuration de Boumerdes.....	22
Figure 2 : représentation schématique de la station d'épuration Boumerdes.....	23
Figure 3 : image vue par satellite représentant la STEP et la zone d'étude	25
Figure 4 : image de bassin de stockage existant (volume 8000 m3).....	26
Figure 5 : image de bassin de stockage de volume 3000 m3.....	26

Chapitre III :

Figure 1 : Courbe de coefficients culturaux et définition des phases (Doorenbos et Pruitt, 1975).....	30
---	----

Chapitre IV :

Figure 1 : Système d'irrigation goutte à goutte.....	39
Figure 2 : Schéma type d'un réseau d'irrigation localisée.....	41
Figure 3 : Di lueur d'engrais.....	42
Figure 4 : Filtre à tamis.....	42
Figure 5 : Filtre hydro-cyclone.....	42
Figure 6 : Goutteur.....	42
Figure 7: Goutteur turbulent.....	43
Figure 8: Goutteur en ligne.....	43
Figure 9: Goutteur réglable.....	43
Figure 10 : Gaines.....	43
Figure 11 : Tubes poreux.....	43
Figure 12 : Mini diffuseurs.....	43
Figure13 : Purge du réseau.....	45
Figure 14 : Filtre à gravier.....	46
Figure 15 : Nettoyage filtre à tamis.....	46
Figure 16 : Contrôle et nettoyage des distributeurs.....	47

Chapitre V :

Figure 1 : image montrant la zone d'étude et la station d'épuration.....	50
Figure 2 : images prise sur le terrain spécifiant la nature des cultures existantes.....	51
Figure 3 : images d'un bassin en géomembrane.....	66

Chapitre VII :

Figure 1 : schéma d'une tranchée.....	75
---------------------------------------	----

Liste des tableaux :

Chapitre I :

Tableau 1 : caractéristiques géographiques des stations.....	5
Tableau 2 : répartition mensuelle de l'humidité relative de l'air en (%).....	5
Tableau 3 : Pluviométrie mensuelle et annuelle de la station de Boumerdes.....	6
Tableau 4 : Températures moyennes de l'air en °C.....	7
Tableau 5 : répartition de la moyenne mensuelle de la vitesse de vent.....	8
Tableau 6 : représentation de l'insolation mensuelle moyenne en heures.....	8
Tableau 7: répartition mensuelle de l'évaporation Moyenne (mm).....	9
Tableau 8 : température et précipitation moyenne mensuelle.....	10
Tableau 9 : limite des climats d'après l'indice climatique DE MARTONNE.....	11
Tableau 10 : Indice de STEWART.....	12
Tableau 11 : représentant le test de wilcoxon.....	13
Tableau 12 : ajustement à une loi log-normal.....	15
Tableau 13 : Ajustement à la loi de Gumbel.....	16
Tableau 14 : représentation de l'année de calcul P80% et Peff.....	17

Chapitre II :

Tableau 1 : bilan de l'auto-surveillance pour le mois le plus pluvieux et le mois le plus sec.....	27
TABLEAU 2 : les volumes d'eaux fournis par la STEP de Boumerdes à des fins agricoles.....	27

Chapitre III :

Tableau 1 : Évapotranspiration potentielle ou de référence en mm/jours.....	34
---	----

Tableau 2 : La pluie efficace en mm.....	35
Tableau 3 récapitulant les paramètres dont dépend le calcul des besoins en eau des cultures.....	36
Tableau 4 : besoins en eau des oliviers pépinières.....	36
Tableau 5 : besoins en eau des agrumes.....	37
Tableau 6 : besoins en eau de la vigne.....	37
Tableau 7 : besoins en eau des tomates industrielles.....	38

Chapitre V :

Tableau 1 La disponibilité en eau potable (Kettab, 2001).....	52
Tableau 2 Superficie irriguée (PMH + GPI) (MADR, 2012).....	52
Tableau 3 : Analyse ad-hoc des potentialités théoriques de superficies irrigables.....	54
Tableau 4 : Recommandations microbiologiques révisées de l'OMS pour le traitement des eaux usées avant utilisation en agriculture (Blumentahl et coll., 2000).....	56
Tableau 5 : Limites recommandées en éléments traces (mg.L-1) dans les eaux usées épurées destinées à l'irrigation (FAO, 2003).....	57
Tableau 6 : Directives pour l'interprétation de la qualité de l'eau pour l'irrigation (FAO, 2003).....	58
Tableau 7 : Qualité de l'eau et potentiel de colmatage dans des systèmes d'irrigation par goutte source (FAO, 2003).....	59
Tableau 8 : paramètres microbiologiques.....	59
Tableau 9 : les paramètres physico-chimiques.....	60
Tableau 10 : Evaluation du canevas d'exploitation de la STEP Boumerdes.....	61

Chapitre VI :

Tableau 1 : Calcul du diamètre de la rampe pour la tomate industrielle.....	72
---	----

Tableau 2 : Calcul du diamètre de la porte rampe pour la tomate industrielle.....	72
---	----

Chapitre VII :

Tableau 1 : facture pro-forma des pièces d'irrigation.....	74
Tableau 2 : calcul du volume de déblai.....	75
Tableau 3 : calcul du volume de sable.....	76
Tableau 4 : calcul du volume de remblai.....	76
Tableau 5 : facture pro-forma terrassement.....	76

Liste des planches :

Planche 1 : plan de situation de la zone d'étude (Corso) wilaya de Boumerdes

Planche 2 : plan d'occupation du sol (Corso) wilaya de Boumerdes

Planche 3 : projection du réseau de distribution

Planche 4 : plan de réseau des goutteurs du périmètre de Corso (wilaya de Boumerdes)

Planche 5 : profil en long de la conduite d'amenée

INTRODUCTION GENERALE

Les ressources en eaux sont devenues un sujet très important surtout en Algérie, car elles connaissent une régression dans leur potentiel face à une demande qui ne cesse de croître avec l'augmentation du nombre d'habitants et aussi une agriculture en pleine croissance.

L'accroissement rapide de la demande en eau dans le secteur de l'irrigation, l'industrie ainsi que le besoin incompressible de la population ont amené les pouvoirs publics à recourir au dessalement et la réutilisation des eaux usées épurées.

Cette dernière décennie les ouvrages comme les barrages et les retenues collinaires, qui étaient destinés à l'irrigation, sont réorientés vers l'eau potable pour satisfaire la demande de la population.

Ainsi une problématique se pose ? Comment satisfaire les besoins en eau de la population sans porter préjudice à l'irrigation qui est un facteur de développement de premier ordre ?

Ce déficit est à la fois un témoin de la gravité de la situation confirmé par les Nations Unies en mettant l'Algérie dans la zone rouge.

A présent l'Algérie opte pour une approche plus rationnelle à travers la réutilisation des eaux usées épurées, le dessalement d'eau de mer, l'exploitation des eaux saumâtres. La réutilisation des eaux usées épurées et un bon fonctionnement des STEP (station de traitement et d'épuration) des eaux usées, peuvent alléger la contrainte qui pèse sur l'utilisation des eaux conventionnelles pour garantir la suffisance en irrigation ainsi que le rechargement des nappes souterraines en eau. Pour garantir un avenir prospère à l'irrigation des terres agricoles qui se trouvent comme client essentiel et prioritaire dans notre pays, vu la demande qui devra être satisfaisante au vu du nombre d'habitants qui ne cesse d'augmenter, des méthodes comme l'installation de stations d'épuration et des ouvrages à titre de retenues ou de bassins de stockages devront être mises en place pour recueillir ce potentiel d'eau qui nous échappe.

En citant comme exemple, la Tunisie qui emploie en ce moment cette méthode et son efficacité dans ce domaine atteint une irrigation des terres agricoles d'une superficie de plus de 250000 hectares.

Cette solution évidemment coûte beaucoup d'argent mais pourra être amortie avec le temps vu l'intérêt qu'elle procurera.

Ce nouveau potentiel en eau qui est de ce fait garanti par l'augmentation du nombre d'habitants peut satisfaire largement les besoins en eaux des cultures ainsi que la qualité de notre produit avec un risque négligeable.

Néanmoins cette nouvelle source oblige une micro irrigation (le goutte à goutte) comme méthode pour son utilisation afin d'éviter des risques sanitaires, et pour cela toute une étude est consacrée afin d'arriver à son dimensionnement.

CHAPITRE I : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

I-1-Présentation géographique :

I-1-1 Wilaya de Boumerdes :

Géographie

La wilaya se situe au nord du pays sur 100 km du littoral à 45 km d'[Alger](#). Elle est délimitée (figure 1) :

- au nord, par la [Méditerranée](#) ;
- à l'ouest, par les wilayas d' [Alger](#) et [Blida](#) ;
- à l'est, par la [wilaya de Tizi Ouzou](#) ;
- au sud, par la [wilaya de Bouira](#);



Figure1 : représentation géographique de la zone de Boumerdes

Le relief de la wilaya de Boumerdes se divise en plusieurs unités physiques : les plaines et les vallées au nord, les collines et plateaux dans la partie intermédiaire et les montagnes au Sud.

La wilaya est parmi les régions les plus arrosées au pays. La pluviométrie annuelle varie entre 500 mm et 1 300 mm par an.

Boumerdes est une wilaya côtière du centre du pays ([Alger](#)) qui s'étend sur une superficie de 1 456,16 km² avec 100 km de profil littoral allant du cap de « BOUDOUAWOU EL BAHRI » à l'Ouest, à la limite Est de la commune de «AFIR».

Boumerdes est située à 45 km à l'est de la capitale « ALGER » à 52 km à l'ouest de « TIZI OUZOU » à 25 km au nord de [Bouira](#).

Boumerdes est une wilaya à vocation agricole. Elle constitue un carrefour de passage de la capitale vers l'Est du Pays et de [Tizi Ouzou](#) par des voies de communication diverses (chemins de fer et autoroute). Son chef-lieu est distant de 35 km de l'aéroport international d'Alger ([Aéroport d'Alger - Houari Boumediene](#)).

I-1-2-Commune de corso :

Géographie :

Corso est une commune qui possède une façade sur la [mer Méditerranée](#), elle s'étend sur une plaine entre l'*oued Corso* à l'est et l'*oued Boudouaou* à l'ouest. Au sud descend un versant du *djebel Nador*.

Situation

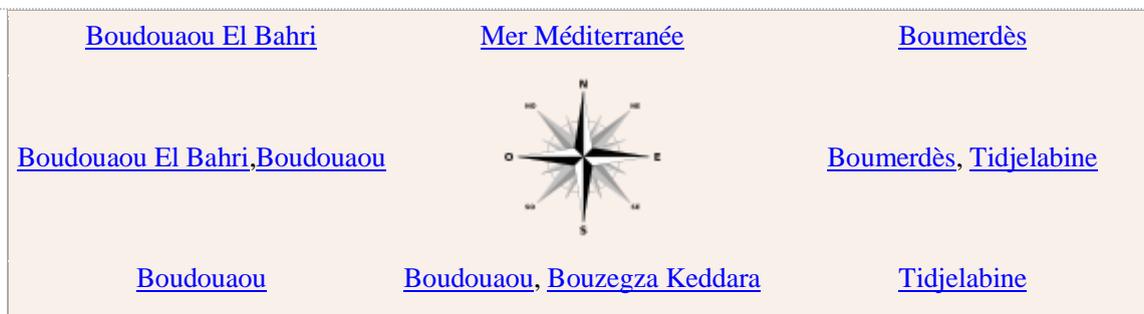


Figure 2 : Communes limitrophes de Corso



Figure 3 : commune de corso vue à partir d'un satellite (Google Earth)

I-1-3-présentation du site d'étude :

-Localisation :

La zone d'étude couvre une superficie de 107 hectares. Elle est située sur le littoral EST de l'Algérois au nord de la localité de Corso. L'accès à ces parcelles se fait à travers une route secondaire goudronnée (route corso- corso marine)



Figure 4 : limitation de la zone d'étude (Source : Google Earth)

I-2 Géologie et hydrogéologie :

C'est un vaste plateau surélevé constituant au nord une falaise le long du littoral. Ce plateau présente une formation litho-stratigraphique homogène constituée par un dépôt d'âge pliocène d'épaisseur de 30 à 35 mètres sur toute l'étendue par un mélange de sable jaunâtre et de petits galets arrondis, polis blanchâtres siliceux.

Le tout dans une matrice argilo-limoneuse rougeâtre dont le nom donné à cette terre est : *tra rosa* présentant une perméabilité assez élevée de l'ordre de 10^{-3} à 10^{-5} m/s, et une bonne fertilisation.

Cette formation repose sur un substratum imperméable formé de marnes grisâtres d'âge plus ancien. Au point de vue hydrogéologique ce dépôt est constitué d'une nappe d'eau souterraine dont les potentialités en eau sont appréciables, ou des forages réalisés ont donné des débits qui varient de 3 à 6 l/s destinés pour l'industrie et l'irrigation. Les eaux de cette nappe connaissent une décharge sous forme de source le long de cette falaise suscitée (Hasbaia ; 2014)

I-2-1 Description des sols des parcelles étudiées :

L'esquisse pédologique de la zone d'étude a confirmée l'existence d'une seule classe de sols, à savoir la classe de sol peu évolué non climatique d'apport alluvial, avec deux sous- groupe modaux et sur encroutement.

- sol est peu évolué d'apport alluvial.
- Morphologie : plaine labourée à faible pente.
- occupation du sol : vignoble irrigué en majorité.

I-3 la climatologie :

Le climat influence la vie sur terre, celle de la faune et de la flore, et par définition consiste en une combinaison des états de l'atmosphère (température, humidité, mais corrélés entre eux pour donner ce qu'on appelle les caractéristiques climatiques pour chaque lieu donné.

Pour déterminer les caractéristiques de climat de la zone d'étude. On exploite les données fournies par l'agence nationale des ressources hydraulique (ANRH ALGER) et de l'office national de la météorologie (ONM dar el Beida, Alger) ; les données (tableau 1) sont prises à partir de la station de Boumerdes pour la pluviométrie et de la station de Thenia pour le reste (température, insolation, humidité, vent).

Tableau 1 : caractéristiques géographiques des stations.

station	latitude(x)	longitude(y)	cote(z) (m)
Boumerdes	36°45'36,64"N	3°28'22,07"E	40
Corso	36°45'26,33"N	3°25'44,71"E	27
Thenia	36°43'40,31"N	3°33'14,10"E	154

I-3-1 humidité relative :

L'humidité relative est la grandeur la plus utilisée pour décrire l'état d'hygrométrie de l'air :

La masse d'eau contenue dans un volume d'air est rapportée à la masse maximale que ce volume d'air peut contenir, à température et à pression donnée. C'est la valeur qui renseigne le mieux sur le rapprochement de l'air de son point de saturation en eau, stade à partir duquel peuvent se déclencher les précipitations.

Les données d'humidité relative mensuelle moyenne (de l'année 1996 jusqu'à 2005) de la région mesurée au psychomètre, sont représentées dans le tableau 2 et la figure 5-:

Tableau 2 : répartition mensuelle de l'humidité relative de l'air en (%)

mois	jan	fev	mar	avr	mai	juin	juil	aout	sept	octo	nov	dec	annuel
Hr _{mo} y	67	68	62	60	65	64	56	61	69	67	67	66	64

Source : ONM

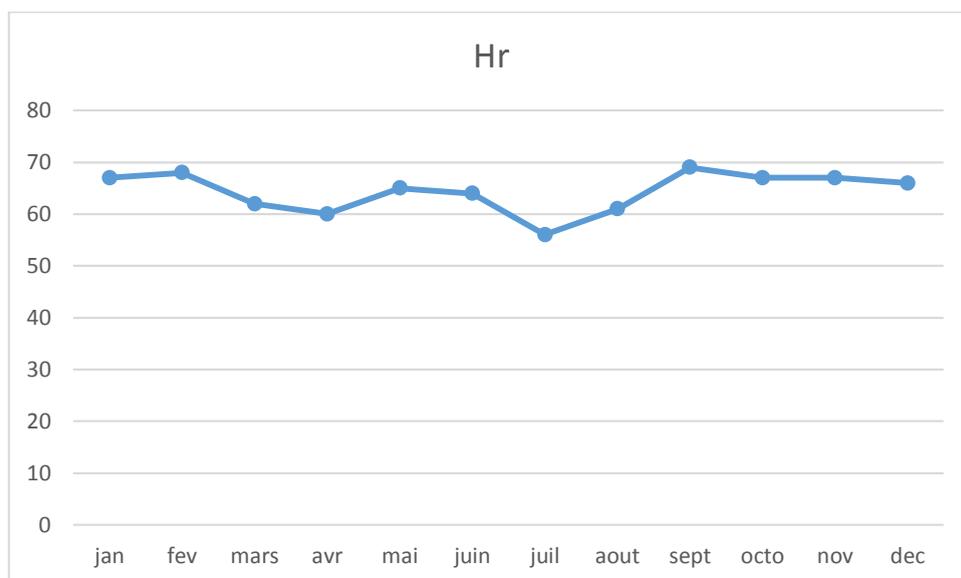


Figure 5 : répartition mensuelle de l'humidité relative de l'air en (%)

A partir de ce tableau on remarque que les mois de janvier et février et de septembre jusqu'à décembre sont les plus humide pour cette région tel que l'humidité relative varie de 66% jusqu'à sa valeur maximale, pour le mois de septembre, 69% et aussi le mois humide est celle de juillet avec une humidité relative de 56%

I-3-2 Pluviométrie :

Sont dénommées précipitations, toutes les eaux météoriques qui tombent sur la surface de la terre, tant sous forme liquide (bruine, pluie, averse) que sous forme solide (neige, grésil, grêle) et les précipitations déposées ou occultes (rosée, gelée blanche, givre,...). Elles sont provoquées par **la condensation de la vapeur d'eau**, Constituent l'unique « entrée » des principaux systèmes hydrologiques continentaux que sont les bassins versants. Changement de température ou de pression. Les précipitations (tableau 3 et figure 6).

Tableau 3 : Pluviométrie mensuelle et annuelle de la station de Boumerdes

mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	An
mm	31,5	56,3	118,7	130,5	97,7	94,8	61,4	65,7	53,9	10,6	2,7	4,0	727,9

Source : ANRH

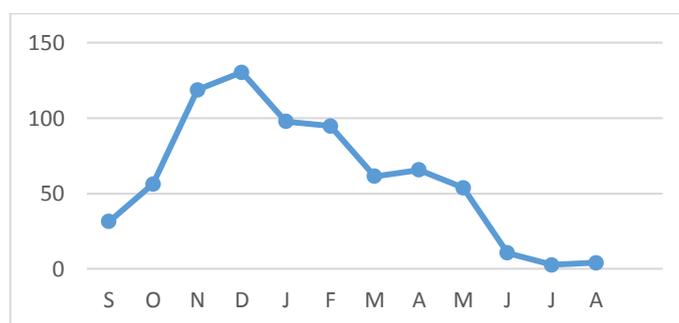


Figure 6 : Pluviométrie mensuelle et annuelle de la station de Boumerdes

I- 3-3 températures :

La température moyenne annuelle à Boumerdes est d'environ 17°C avec des températures estivales moyennes d'environ 23°C et des températures hivernales moyennes aux alentours de 12°C, les moyennes annuelles des températures mensuelles maximales et minimales étant respectivement 26.6°C et 10.5°C (tableau 4).

Tableau 4 : Températures moyennes de l'air en °C

Température	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	An
M	14.7	14.9	18	20.8	24.4	28.5	32.7	33.8	30.2	24.7	19.1	15.4	23.1
m	6.3	6.9	8	9.6	12.4	16.0	18.9	19.3	17.2	14.1	10.5	7.6	12.2
Moyenne	10.5	10.9	13	15.2	18.4	22.2	25.8	26.6	23.7	19.4	14.8	11.5	17.6

source : ONM

M : Moyenne des Maximas mensuels

m : moyenne des minimas mensuels

Moyenne mensuelle (M+m/2).

D'après le tableau, nous constatons que la période chaude s'étale de Juin à Septembre, le mois le plus chaud est Aout avec 26.5°C à Thénia. Le mois le plus froid est Janvier (6.3°C) A Thénia, la gelée s'observe de Décembre à Mars.

Remarque on a pris la zone de thénia comme zone proche de corso, car corso ne possède pas de données (figure 7).

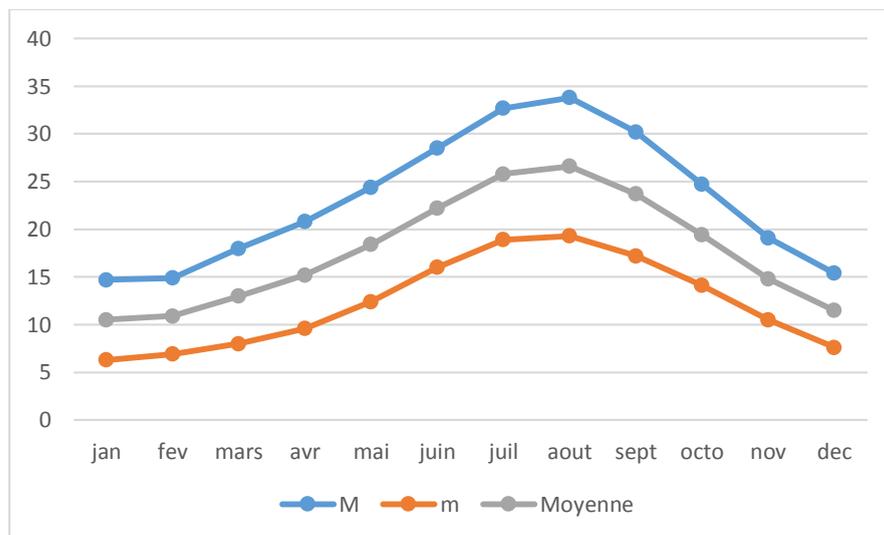


Figure 7 : Températures moyennes de l'air en °C

I-3-4 vents :

L'étude des vents est indispensable dans le domaine d'irrigation, il a une grande influence sur les cultures, ainsi que les systèmes d'irrigation (tableau 5 et figure 8). Il est nécessaire de connaître leurs répartitions ainsi que leur vitesse et leurs directions pour une éventuelle protection mécanique (brise vent)

Tableau 5 : répartition de la moyenne mensuelle de la vitesse de vent.

mois	jan	fev	mars	avr	mai	juin	juil	aout	sept	octo	nov	dec	annuel
V(m/s)	3,5	3,1	3,6	3	3	2,6	2,8	2,7	2,8	2,6	3,3	3,8	3,1

Source : ONM

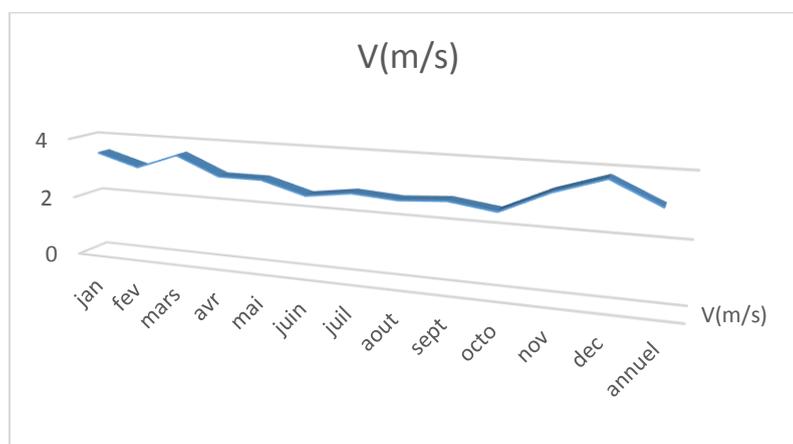


Figure 8 : répartition de la moyenne mensuelle de la vitesse de vent

On remarque, d'après ce tableau, que la vitesse moyenne du vent est homogène durant l'année et avoisine les 3.1m/s.

I-3-5 Accidents climatiques :

Il grêle en moyenne 3.1 j/an surtout en Janvier.

Il gèle en moyenne 7.5 j/an.

I-3-6 insolation :

Synonyme d'[ensoleillement](#), c'est-à-dire la durée d'exposition d'un site au [Soleil](#) , mesurée par le temps (heures).

L'insolation est un paramètre climatique que l'on utilise pour le calcul de l'évapotranspiration (tableau 6 et figure 9).

Tableau 6 : représentation de l'insolation mensuelle moyenne en heures.

	jan	fev	mars	avr	mai	juin	juil	aout	sept	oct	nov	dec	annuel
MOY(h)	155,6	179,4	216,5	246,5	267,8	303,4	318	294,6	255,9	229,3	161,7	143,6	2514,6
heure/j	5,02	6,41	6,98	8,22	8,64	10,11	10,26	9,5	8,53	7,4	5,39	4,63	6,89

Source : ONM

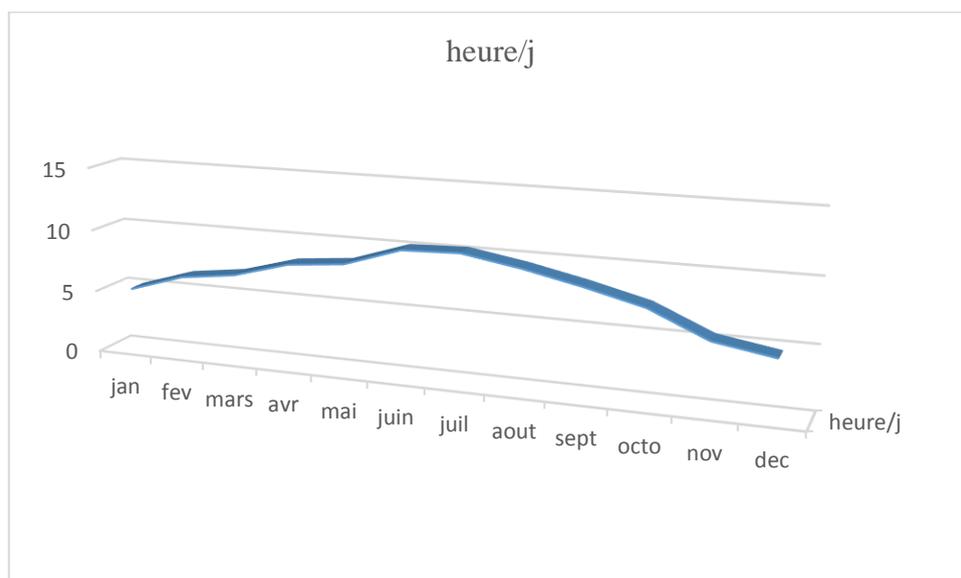


Figure 9 : représentation de l'insolation mensuelle moyenne en heures/ jours

I-3-7 EVAPORATION :

Les mesures de l'évaporation des nappes d'eau libre et du sol, ainsi que la transpiration des végétaux, revêtent une grande importance dans les études agronomiques. Le taux de l'évaporation qui se produit à partir d'un corps ou d'une surface quelconque est déterminé par différents facteurs que l'on peut répartir en deux grandes catégories : les facteurs météorologiques (rayonnement, ventilation, tension de vapeur d'eau, etc.) et les facteurs propres à la surface évaporant (in Akbi Faiza ; 2013)

(Tableau 7 et figure 10).

Tableau 7: répartition mensuelle de l'évaporation Moyenne (mm).

mois	jan	fév	Mar	avr	mai	juin	juil	aout	sept	oct	nov	déc	annuel
EVP (mm)	76,4	78,8	94,9	96,9	111,7	115,7	121,2	111,3	114,5	105,6	81,1	87,3	1102,2

Source : ONM

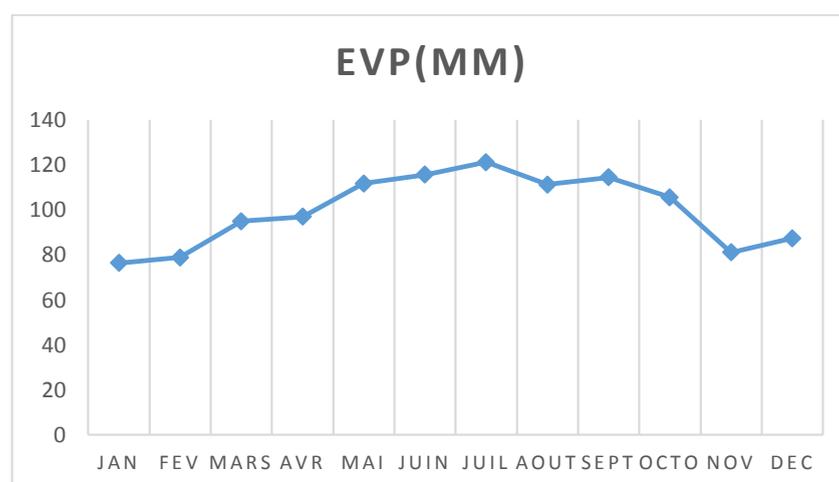


Figure 10 : répartition mensuelle de l'évaporation Moyenne (mm).

I-4. Données pédologiques (in Hasbaia O ; 2014) :

Les alluvions anciennes essentiellement caillouteuses et particulièrement visibles en rive gauche, ou elles forment une terrasse élevée d'une dizaine de mètres. Ces formations ont par endroits l'aspect de dépôts torrentiels.

Les sables argileux rouges apparaissant faiblement inclinés vers le rivage, attribués au pliocène et sus-jacents au substratum marneux. Ils présentent de nombreuses variations locales de faciès avec des intercalations irrégulières de lits caillouteux, poudingues ou grès grossiers et formant de petits talus épais de 4 à 5 mètres.

Les marnes sableuses qui affleurent de part et d'autre entre alluvions et sables rouges. Ce sont des marnes grises ou bleues dont l'épaisseur maximum est de 150 m.

I-5- régime climatique de la région :

I-5-1 introductions:

Dans un pays comme l'Algérie caractérisé par le contraste entre le climat méditerranéen de la bordure littorale et le climat de montagne des hauts plateaux et des hautes plaines, il est nécessaire de préciser le type climatique du secteur que l'on étudie, pour cela on utilise les méthodes suivantes :

- visualisation des périodes de sécheresse et de réalimentation pluviale.
- Calcul des indices qui permettront de préciser le régime climatique dominant sur la région d'étude.

1). Méthode de visualisation :

-Diagramme ombrothermique :

Il s'agit d'établir un diagramme ombrothermique en adoptant une progression linéaire pour l'échelle logarithmique pour la précipitation (tableau 8 et figure 11).

Tableau 8 : température et précipitation moyenne mensuelle

mois	jan	fév	mars	avr	mai	juin	juil	août	sep	oct	nov	dec
P (mm)	97,6	94,8	61,3	65,7	53,9	10,6	2,7	4,0	31,5	56,3	118,7	130,5
T moy	10,5	10,9	13	15,2	18,4	22,2	25,8	26,6	23,7	19,4	14,8	11,5
2 T	21	21,8	26	30,4	36,8	44,4	51,6	53,2	47,4	38,8	29,6	23

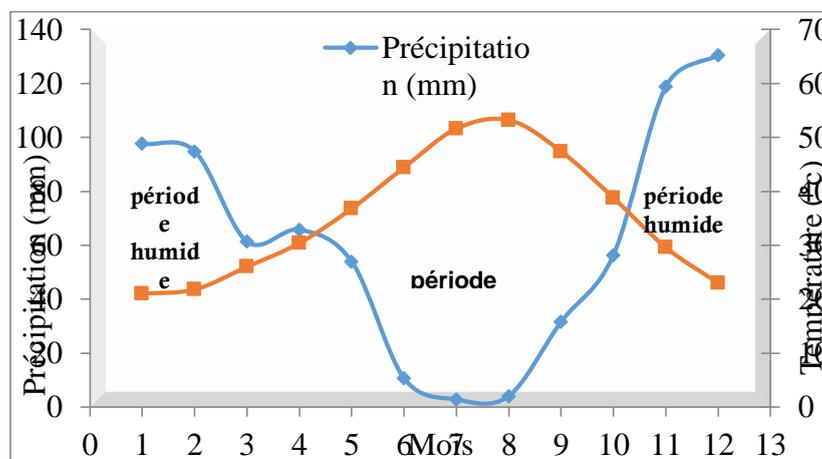


Figure 11 : diagramme ombrothermique de Gaussen.

I-5-2 Les indices de DE MARTONNE :

L'indice d'aridité est une valeur numérique censée représenter le degré de sécheresse du climat à un endroit donné, ces indices peuvent être utilisés, tels quels, pour les activités comme l'agriculture, l'élevage ou le tourisme. Ces indices peuvent également être utilisés, parmi d'autres, comme facteurs pouvant permettre une classification du climat.

Pour la méthode d'Emmanuel DE Martonne, l'indice d'aridité est donné par la formule suivante :

$$I = p / (t + 10) \quad (N^{\circ}:01)$$

Avec :

I : indice d'aridité

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

T : température moyenne annuelle (en °C)

Tableau 9 : limite des climats d'après l'indice climatique DE MARTONNE.

VALEUR	TYPE DU CLIMAT	IRRIGATION
$I_A < 5$	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

Dans notre cas

$$P = 727,9 \text{ mm/an et } T_{\text{moy, an}} = 17,6^{\circ}\text{C}$$

Donc, on aura :

$$I_A = 727,9 / (10 + 17,6) = 26,37.$$

On remarque, d'après le **tableau 9** que la valeur obtenue de I_A est comprise entre 20 et 30, par conséquent notre climat est relativement humide et parfois l'irrigation est utile.

I-5-3 Classification du climat selon le diagramme d'EMBERGER :

Pour déterminer l'étage bioclimatique de la zone d'étude on applique la formule d'EMBERGER modifiée par STEWART.

Soit

$$Q_s = 3,43 [P / (M - m)]. \quad (N^{\circ}:02)$$

Q_s : indice de STEWART.

P : Précipitation moyenne annuelle en mm.

M : Moyenne des températures maximales du mois le plus chaud (kelvin).

m : Moyenne des températures minimales du mois le plus froid (kelvin).

Tableau 10 : Indice de STEWART

VALEUR DE Q_s	TYPE DE CLIMAT
$Q_s > 100$	Humide
$50 < Q_s < 100$	Tempéré
$25 < Q_s < 50$	Semi-aride
$10 < Q_s < 25$	Aride
$10 > Q_s$	Désertique

$$M = 273 + 33.8 = 306.8 \text{ } ^\circ\text{k}$$

$$m = 273 + 6.3 = 279.3 \text{ } ^\circ\text{k}$$

$$P = 816 \text{ mm/an}$$

$$\text{Donc : } Q_s = 3.43 [816 / (306.8 - 279.3)] = 101.77$$

Cette valeur traduit un climat humide.

I-6 Etude hydrologique de la région :

Dans cette étude, on va faire une analyse fréquentielle des précipitations afin de définir la probabilité d'occurrence d'une valeur théorique à partir des relevés pluviométriques sur un nombre assez long en admettant que chaque évènement pluvieux prend une valeur indépendante et aléatoire lors de sa réalisation.

Cette analyse est une méthode statistique de prédiction consistant à étudier les évènements passés, caractéristique d'un processus donné (série pluviométrique). Notre objectif dans cette étude est d'améliorer les connaissances en hydrologie, tel que la hauteur de pluie pour une probabilité donnée à dépasser ; cette probabilité a un pourcentage de 80% pour les projets d'irrigation (4 ans sur 5 ans). Pour cela, en premier lieu, on doit choisir la probabilité qui sera susceptible de s'ajuster, ce qui aura pour but d'ajuster d'une loi théorique la répartition des fréquences connues à la droite ou à la courbe expérimentale des fréquences de l'échantillon. Pour le second, à partir de cette loi ajustée, on n'aura qu'à estimer graphiquement ou analytiquement la valeur d'un évènement pour une probabilité donnée. Avant tout ça, il faut vérifier la fiabilité des données pluviométriques qu'on a, et pour cela on doit faire ce qu'on appelle l'homogénéisation des données pluviométriques.

.I-6-1 Homogénéisation de la série pluviométrique :

Toute étude hydrologique nécessite la vérification des données utilisées. L'information de base quant à sa qualité revêt une très grande importance. Le contrôle visuel s'avère toujours efficace et de les corriger avec les originaux. D'autres hétérogénéités moins évidentes peuvent exister et n'apparaissent pas lors de ce contrôle. Pour celles-ci, il est obligatoire de recourir à certaines méthodes statistiques pour les déceler. On va utiliser la méthode de wilcoxon . La série pluviométrique qu'on a, est enregistrée au niveau de la station pluviométrique de Boumerdes, pour une période de 1985 jusqu'à 2013, les valeurs de cette série sont présentées sur l'annexe N°01.

• Test de wilcoxon :

Le teste de wilcoxon ou le test des rangs. Il repose sur un procédé simple, tel que, soient deux variables aléatoires X et Y, représentant respectivement deux séries de précipitations annuelles de taille N_1 et N_2 , Y étant la série à étudier et X étant la série de base avec $N_1 < N_2$. Ce qui rend ce test plus simple est qu'il ne fait pas appel à une autre série pluviométrique homogène d'une station voisine, étalée sur la même période d'observation, cela veut dire que

X U Y est également issu de la même population .Les étapes de la vérification de l'homogénéité par le test de wilcoxon sont les suivantes :

- Soient deux variables Y et X de taille respectivement N_1 et N_2 , avec $N_1 > N_2$.
 - Pour notre cas on prend ; Y d'une taille $N_1 = 15$ et X d'une taille $N_2 = 14$
 - On classe les éléments de la série Y U X par ordre croissant et on associe à chacune des valeurs le rang qu'elle occupe ; si une valeur se repère plusieurs fois, il faut lui associer le rang moyen qu'elle détermine (voir tableau 11)
 - Calculons W_Y , W_{\min} et W_{\max} , tel que :
 - $W_x = \sum$ des rangs de la série X
- $$-W_{\min} = \frac{(N_1+N_2+1)N_1-1}{2} - U_{1-\frac{\alpha}{2}} \sqrt{\frac{N_1N_2(N_1+N_2+1)}{12}}$$
- $W_{\max} = (N_1+N_2+1)N_2 - W_{\min}$
 - avec $U_{1-a/2}$ représente la valeur de la variable centrée réduite de Gauss correspondant à une probabilité de $1- a/2$ ($U_{95\%}=1.96$)
 - l'hypothèse nulle est vérifiée si : $W_{\min} < W_x < W_{\max}$
 - l'hypothèse de l'homogénéité est rejetée si l'une des deux inégalités précédentes n'est pas vérifiée

Tableau 11 : représentant le test de wilcoxon

Série X	Série Y	RANG	TRI	xuy
462,4	625,1	1,00	302,5	y
320,7	653,1	2,00	320,7	x
1005,0	434,3	3,00	416,1	y
707,4	516,6	4,00	434,3	y
539,6	416,1	5,00	462,4	x
749,2	569,7	6,00	516,6	y
730,9	638,6	7,00	538,9	y
626,4	589,6	8,00	539,6	x
720,2	538,9	9,00	553,1	y
633,7	572,2	10,00	569,7	y
1007,3	634,9	11,00	572,2	y
1031,0	302,5	12,00	589,6	y
880,6	701,6	13,00	625,1	y
739,6	625,2	14,00	625,2	y
-	553,1	15,00	626,4	x
-	-	16,00	633,7	x
-	-	17,00	634,9	y
-	-	18,00	638,6	y
-	-	19,00	653,1	y
-	-	20,00	701,6	y
-	-	21,00	707,4	x
-	-	22,00	720,2	x
-	-	23,00	730,9	x
-	-	24,00	739,6	x
-	-	25,00	749,2	x
-	-	26,00	880,6	x
-	-	27,00	1005,0	x

-	-	28,00	1007,3	x
-	-	29,00	1031,0	x

N1	N2	Wmin	Wx	Wmax
14	15	164,59	231	255,41

On remarque que l'hypothèse nulle est vérifiée ($W_{\min} < W_x < W_{\max}$), donc l'homogénéité de la série pluviométrique est vérifiée.

I-6-2 étude de l'échantillon et choix du type de loi (in Akbi Faiza ; 2013)

Le choix de la loi d'ajustement a des critères, ces critères de choix sont liés à un ajustement graphique, d'abord, ensuite le test de dispersion. Les lois d'ajustement sont nombreuses, parmi lesquelles : Loi de Gauss ou loi normale ; Loi de Galton ou log-normale ; Loi de Gumbel.

Ajustement de la série pluviométrique (in Akbi Faiza ; 2013) On soumet notre série pluviométrique sous différentes méthodes d'ajustement, telle que la loi log-normal (loi de Galton)

a) Ajustement à la loi normale (GAUSS) :

Les résultats de l'ajustement de la série des pluies moyennes annuelles de la station de Boumerdes sont regroupés dans le tableau 12 et la figure 12.

b) Ajustement à la loi log-normal (Galton) :

Tableau 12 : ajustement à une loi log-normal

Ajustement à une loi Log-normale								
Taille n= 29		Moy.log(x-xo)= 2,787922755		I.C. à (en%)= 95		U Gauss= 1,960		
xo= 0		E.T. log(x-xo)= 0,127789683						
Valeurs de départ	Valeurs classées	Ordre de classement	Fréquence expérimentale	Variable réduite	Valeur expérimentale	Valeur théorique	Borne inférieure	Borne supérieure
625,1	302,5	1	0,017	-2,115	302,5000033	329,359	256,369	387,36323
653,1	320,7	2	0,052	-1,629	320,6999989	380,006	308,341	437,53175
434,3	416,1	3	0,086	-1,365	416,0999988	410,701	340,341	468,15127
516,6	434,3	4	0,121	-1,172	434,2999992	434,709	365,49	492,34729
416,1	462,4	5	0,155	-1,014	462,399992	455,284	387,052	513,33088
569,7	516,6	6	0,190	-0,879	516,599999	473,796	406,404	532,45268
638,6	538,9	7	0,224	-0,758	538,8999935	490,965	424,276	550,43215
589,6	539,6	8	0,259	-0,647	539,6000038	507,232	441,108	567,71278
538,9	553,1	9	0,293	-0,544	553,0999952	522,891	457,192	584,59886
572,2	569,7	10	0,328	-0,446	569,7000072	538,156	472,738	601,31821
634,9	572,2	11	0,362	-0,352	572,1999989	553,195	487,906	618,0551
302,5	589,6	12	0,397	-0,262	589,5999973	568,145	502,824	634,96933
701,6	625,1	13	0,431	-0,173	625,1000038	583,129	517,604	652,20866
625,2	625,2	14	0,466	-0,086	625,1999981	598,261	532,345	669,9179
553,1	626,4	15	0,500	0,000	626,3999972	613,653	547,144	688,24657
462,4	633,7	16	0,534	0,086	633,7000002	629,441	562,113	707,37872
320,7	634,9	17	0,569	0,173	634,8999922	645,775	577,376	727,52462
1005	638,6	18	0,603	0,262	638,6	662,806	593,052	748,90914
707,4	653,1	19	0,638	0,352	653,1000025	680,718	609,282	771,80819
539,6	701,6	20	0,672	0,446	701,6000004	699,741	626,241	796,57147
749,2	707,4	21	0,707	0,544	707,4000046	720,169	644,151	823,65752
730,9	720,2	22	0,741	0,647	720,1999981	742,402	663,31	853,69052
626,4	730,9	23	0,776	0,758	730,8999904	766,999	684,135	887,55768
720,2	739,6	24	0,810	0,879	739,600002	794,794	707,236	926,58884
633,7	749,2	25	0,845	1,014	749,1999834	827,109	733,581	972,91897
1007,3	880,6	26	0,879	1,172	880,5999861	866,258	764,846	1030,3161
1031	1005	27	0,914	1,365	1004,999995	916,895	804,376	1106,4484
880,6	1007,3	28	0,948	1,629	1007,300014	990,959	860,669	1221,2784
739,6	1031	29	0,983	2,115	1031,000008	1143,34	972,136	1468,8573

Fréquence	U de Gauss	Valeur théo.	Borne inf.	Borne sup.	Valeur	Fréq. théo.	Pér. Ret.
0,5	0,000	613,6528674	547,1437991	688,2465704	?	0,500	2,0
0,2	-0,841	479,0637041	411,8976304	537,9426165	?	0,200	1,3

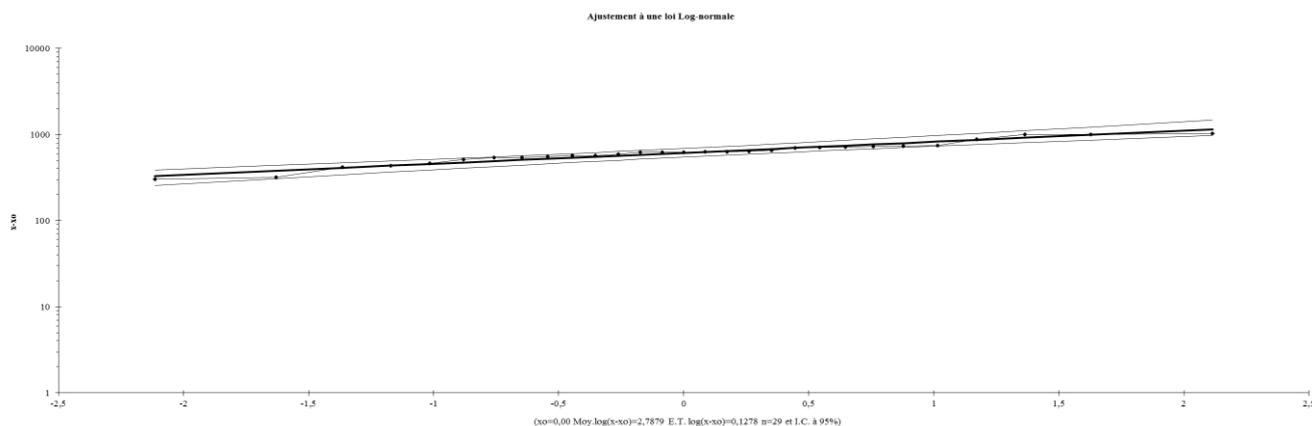


Figure 12 : graphique de la loi log-normal (loi de Galton).

c) Ajustement à la loi de Gumbel :

Tableau 13 : Ajustement à la loi de Gumbel

Ajustement à une loi de Gumbel								
Taille n= 29		Xo= 557,25		I.C. à (en%)= 95		U Gauss= 1,9604		
		g= 141,36						
Valeurs de départ	Valeurs classées	Ordre de classement	Fréquence expérimentale	Variable réduite	Valeur expérimentale	Valeur théorique	Borne inférieure	Borne supérieure
625,1	302,5	1	0,017	-1,401	302,500003	359,165	221,502	433,3047
653,1	320,7	2	0,052	-1,086	320,699999	403,761	288,635	470,6017
434,3	416,1	3	0,086	-0,896	416,099999	430,5212	327,896	494,0046
516,6	434,3	4	0,121	-0,749	434,299999	451,3945	357,797	512,9834
416,1	462,4	5	0,155	-0,622	462,399992	469,2802	382,793	529,8698
569,7	516,6	6	0,190	-0,508	516,599999	485,3884	404,725	545,6589
638,6	538,9	7	0,224	-0,402	538,899994	500,3574	424,543	560,8931
589,6	539,6	8	0,259	-0,302	539,600004	514,5752	442,814	575,9164
538,9	553,1	9	0,293	-0,205	553,099995	528,3032	459,905	590,9726
572,2	569,7	10	0,328	-0,110	569,700007	541,7328	476,076	606,2496
634,9	572,2	11	0,362	-0,016	572,199999	555,0146	491,525	621,9028
302,5	589,6	12	0,397	0,078	589,599997	568,2756	506,412	638,069
701,6	625,1	13	0,431	0,172	625,100004	581,63	520,876	654,8762
625,2	625,2	14	0,466	0,268	625,199998	595,1868	535,047	672,4516
553,1	626,4	15	0,500	0,367	626,399997	609,0565	549,048	690,9291
462,4	633,7	16	0,534	0,468	633,7	623,3568	563,006	710,4577
320,7	634,9	17	0,569	0,573	634,899992	638,2188	577,055	731,2114
1005	638,6	18	0,603	0,683	638,6	653,7954	591,341	753,4013
707,4	653,1	19	0,638	0,800	653,100003	670,2713	606,032	777,2923
539,6	701,6	20	0,672	0,924	701,6	687,8779	621,326	803,2275
749,2	707,4	21	0,707	1,059	707,400005	706,9165	637,472	831,6644
730,9	720,2	22	0,741	1,206	720,199998	727,7945	654,792	863,2337
626,4	730,9	23	0,776	1,371	730,899999	751,0881	673,733	898,8395
720,2	739,6	24	0,810	1,559	739,600002	777,6571	694,945	939,8439
633,7	749,2	25	0,845	1,780	749,199983	808,8757	719,456	988,4377
1007,3	880,6	26	0,879	2,051	880,599986	847,1582	749,055	1048,485
1031	1005	27	0,914	2,406	1005	897,3901	787,341	1127,827
880,6	1007,3	28	0,948	2,935	1007,30001	972,1856	843,575	1246,742
739,6	1031	29	0,983	4,052	1031,00001	1129,992	960,53	1499,321

Fréquence	U.Gumbel	Val.théo.	Borne inf.	Borne sup.	Valeur	Fréq. théo	Pér. Ret.
0,5	0,367	609,057	549,048	690,929	?	0,50	2,00
0,2	-0,476	489,978	410,861	550,269	?	0,20	1,25

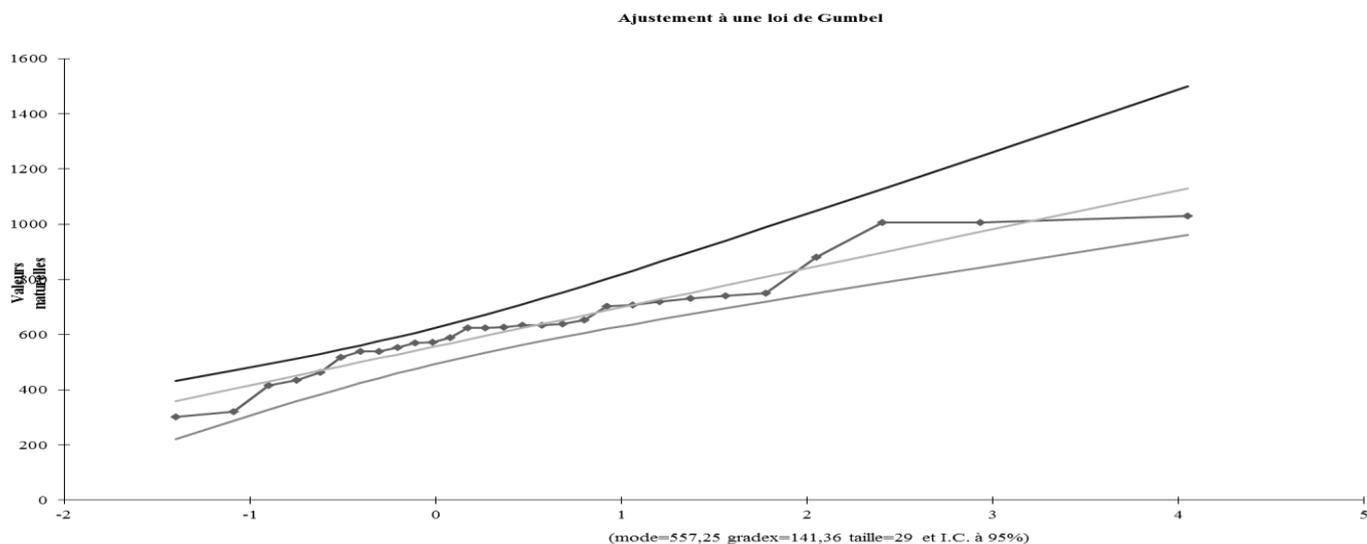


Figure 13 : Graphique de la loi de Gumbel.

I-6-3 détermination de l'année de calcul :

Comme nous sommes dans une région subhumide et que la pratique montre que pour ce type de climat la probabilité de calcul doit être prise entre 75% et 90%, nous opterons donc pour l'année de calcul avec une probabilité de 80% et les précipitations totales correspondantes de 80% sont de l'ordre de 479.064 mm, celles de 50% sont de l'ordre de 613.65 mm, avec un rapport $P_{80\%}/P_{50\%} = 0.78$. L'année de calcul est obtenue en appliquant la formule suivante :

$$P_{80\% \text{ de chaque mois}} = P_{\text{moy de chaque mois}} * (P_{\text{thè}o 80\%} / P_{\text{thè}o 50\%})$$

Les résultats de calcul sont présentés sur le tableau suivant :

Tableau 14 : représentation de l'année de calcul $P_{80\%}$ et P_{eff}

mois	jan	fév	mars	avr	mai	juin	juil	août	sep	oct	nov	dec
P (mm)	97,6	94,8	61,3	65,7	53,9	10,6	2,7	4	31,5	56,3	118,7	130,5
$P_{80\%}$	76,1	73,9	47,8	51,2	42,0	8,3	2,1	3,1	24,6	43,9	92,6	101,8
P_{eff}	60,9	59,2	38,3	41,0	33,6	6,6	1,7	2,5	19,7	35,1	74,1	81,4

I-7 la méthode d'arrosage localisée (source : Wikipédia méthode d'arrosage localisé)

La micro-irrigation consiste à acheminer l'eau jusqu'aux racines des plantes, de manière très localisée. C'est une technique économe en eau qui permet en outre d'éviter le ruissellement. Elle peut également se faire par infiltration, au moyen de tuyaux poreux enterrés. Le goutte-à-goutte enterré est un moyen d'économiser de l'eau, mais aussi des intrants, qui sont directement acheminés à la plante

I-7-1 Les conditions d'utilisation :

L'irrigation au goutte à goutte, appelée aussi micro-irrigation, consiste à délivrer l'eau en gouttes à la surface du sol avec une faible dose (2-20 litres par heure). L'eau est canalisée dans des tuyaux en plastique munis d'orifices appelés goutteurs (émetteurs, distributeurs, jets d'eau, etc.). L'eau est délivrée au voisinage immédiat de la plante de sorte que l'humidification soit limitée à la zone radiculaire du sol. Ceci correspond à une utilisation plus efficace de l'eau qu'avec l'irrigation de surface ou par aspersion, où l'humidification concerne la totalité du sous-sol des plantations. En irrigation goutte à goutte, la fréquence des arrosages est supérieure à celle des autres méthodes (d'habitude tous les 1 à 3 jours), ce qui maintient une forte humidité du sol, favorable à la croissance des cultures.

-Cultures recommandées :

L'irrigation goutte à goutte convient surtout aux cultures en lignes (légumes, fruits), arboriculture, vigne. On peut utiliser un ou plusieurs goutteurs pour assurer une irrigation adéquate. A cause du coût d'installation élevé, cette technique d'irrigation est réservée pour l'irrigation des cultures à forte productivité et de haute qualité.

-Pentes adéquates :

L'irrigation goutte à goutte s'adapte à tout terrain irrigable. Les plantes sont cultivées le long d'une courbe de niveau et les canalisations de distribution d'eau (rampes en plastique) suivent elles aussi les courbes de niveau. Cette pratique a l'avantage de réduire les variations de pression de service des goutteurs résultant de l'irrégularité de la pente du terrain.

-Types de sols appropriés :

Cette méthode d'irrigation s'adapte presque à tous les types du sol. En sols argileux, le débit des goutteurs ou distributeurs est faible pour éviter la stagnation de l'eau ou bien l'écoulement par ruissellement. En sols sableux, les goutteurs doivent avoir un débit fort pour que l'infiltration latérale des eaux soit suffisante.

-Qualité de l'eau :

Le problème majeur de l'irrigation goutte à goutte est le risque d'obstruction des goutteurs. La section de passage des eaux dans les goutteurs qu'on trouve sur le marché est très faible (diamètre de 0,2 à 2,0 mm). Par suite ces goutteurs risquent de se boucher si l'eau n'est pas propre. Par conséquent il est essentiel que l'eau soit exempte de toute matière solide en suspension, autrement dit la filtration de l'eau est obligatoire. L'obstruction des goutteurs peut aussi provenir du dépôt des matières organiques, des algues, des dépôts d'engrais ou des éléments non dissous tels que le calcium et le fer. La filtration peut éliminer les matières en suspension, les algues et les matières organiques, mais la prévention contre toutes les causes de blocage nécessite le recours à des spécialistes, ou bien le concours du fournisseur du matériel d'irrigation. La salinité de l'eau ne constitue pas un handicap à l'utilisation de l'irrigation goutte à goutte. D'autre part, comme l'eau est uniquement fournie au pied de la plante, cette technique réduit les pertes d'eau et limite le gaspillage. Donc cette technique, du fait de sa haute performance, est recommandée chaque fois que les ressources en eau sont limitées.

-Avantage et inconvénient du système goutte à goutte

Avantage de l'irrigation localisée :

- excellente efficacité d'arrosage à la parcelle.
- excellent rendement des cultures.
- bonne adaptation à l'utilisation des eaux salées.
- très faibles besoins de main d'œuvre.
- coûts d'entretien réduits.
- insensibilité au vent.
- ne mouille pas le feuillage.
- ne mouille le sol que très partiellement ce qui est favorable aux façons culturales.
- raccourcit le cycle végétatif de la culture.

Inconvénient de l'irrigation localisée:

- coût globalement élevé qui fait réserver cette technique aux cultures à forte valeur ajoutée.
- exige un haut degré de compétence de la part de l'irrigant.
- nécessite une maintenance rigoureuse, en raison des risques liés à une éventuelle interruption de s'arrosages.
- nécessite la filtration de l'eau d'irrigation.

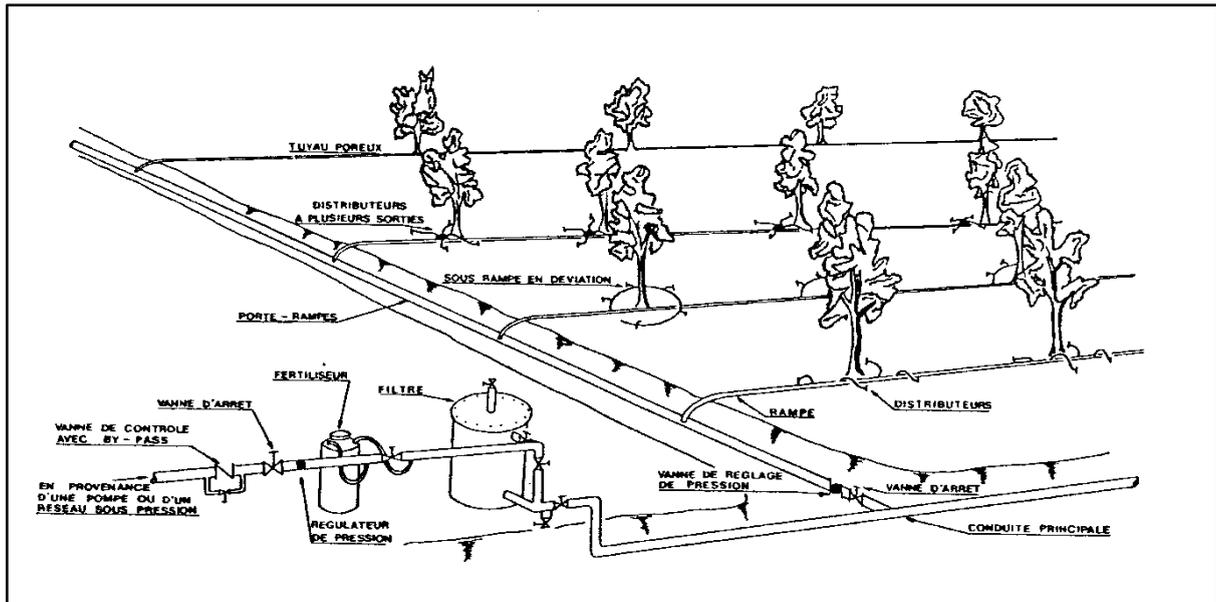


Figure 14 : Schéma type d'une installation d'irrigation goutte à goutte

I-8 La réutilisation des eaux usées et les contraintes ainsi que les avantages espérés en irrigation :

Introduction :

La réutilisation des eaux usées est un enjeu politique et socio-économique pour le développement futur des services d'eau potable et d'assainissement à l'échelle mondiale. Elle présente, en effet, l'avantage majeur d'assurer une ressource alternative à moindre coût permettant de limiter les pénuries d'eau, de mieux préserver les ressources naturelles et de contribuer à la gestion intégrée de l'eau. La réutilisation des eaux usées recouvre deux notions complémentaires : le traitement puis la réutilisation proprement dite d'eaux usées. Les eaux usées sont les eaux rejetées par l'agglomération et les industries et qui sont acheminées par les égouts en station d'épuration afin d'être traitées. Après traitement, on les utilise généralement dans le domaine d'irrigation à des fins agricoles.

I-8-1 Les objectifs de la réutilisation des eaux usées épurées :

L'objectif principal de la réutilisation des eaux épurées est la production des quantités complémentaires d'eau pour différents usages afin de combler le déficit hydrique et de trouver des ressources d'eau alternatives pour l'irrigation, et de protéger l'environnement et la santé publique.

En Algérie:

En Algérie, un certain nombre d'actions sont entreprises pour promouvoir la réutilisation des eaux usées. Pour le cas de la ville d'Alger, grande agglomération, une station **comme celle qui se trouve à baraki** est conçue pour le traitement des effluents de la ville par la méthode **conventionnelle des boues activées** suivie des traitements de désinfection et de clarification par le chlore. Des traitements complémentaires sont envisagés pour permettre la pratique des cultures sans restriction.

I-8-2 Les avantages et les inconvénients de la réutilisation des eaux usées:

*Les avantages:

Ressource alternative :

- Augmenter la ressource en eau et la flexibilité d'approvisionnement tout en diminuant la demande globale.
- Différer le besoin de mobilisation d'autres ressources en eau.
- Assurer une ressource fiable, disponible et indépendante des sécheresses pour l'irrigation et les usages industriels.
- Dans certains cas, une exécution rapide et plus facile que la mobilisation de nouvelles ressources en eau de première main.

-Conservation et préservation des ressources:

- Économiser l'eau potable pour la réserver aux usages domestiques.
- Contrôler la sur exploitation des ressources souterraines.

- Aspects législatifs et sanitaires:

- Anticiper la compatibilité avec les nouvelles tendances réglementaires.
- Contribuer au déploiement de la Directive Cadre Européenne sur l'Eau.

- Valeur économique ajoutée:

- Éviter les coûts du développement, du transfert et de pompage de nouvelles ressources en eau potable.
- Dans certains cas, éviter les coûts de l'élimination des nutriments des eaux usées.
- Réduire ou éliminer l'utilisation des engrais chimiques en irrigation.
- Assurer des bénéfices économiques pour les usagers grâce à la disponibilité de l'eau recyclée en cas de sécheresse.
- Favoriser le tourisme dans les régions arides.
- Augmenter la valeur foncière des terrains irrigués.

-Valeur environnementale:

- Réduire les rejets de nutriments et de polluants dans le milieu récepteur.
- Améliorer et maintenir les plans d'eau en cas de sécheresse.
- Éviter les impacts négatifs liés à la construction de nouveaux barrages, réservoirs, etc... Améliorer le cadre de vie et l'environnement (espaces verts, etc.).
- Proposer une alternative fiable aux rejets d'eaux usées dans les milieux sensibles (zones de baignade ou conchylicoles, réserves naturelles, etc.).
- Profiter des nutriments apportés par l'eau d'irrigation pour augmenter la productivité des cultures agricoles et la qualité des espaces verts.

-Développement durable:

- Réduire les coûts énergétiques et environnementaux par rapport à ceux de l'exploitation des aquifères profonds, du transport d'eau à longues distances, du dessalement, etc.
- Assurer une ressource alternative à faible coût pour les régions arides, la protection des milieux sensibles et la restauration des zones humides.
- Augmenter la production alimentaire en cas d'irrigation.

***Les inconvénients:**

-Aspects législatifs et sanitaires:

-Problèmes de santé publique liés aux pathogènes éventuels dans les eaux usées non traitées.

-Absences de réglementation et des incitations à la réutilisation.

-Droit sur l'eau: qui possède l'eau recyclée et qui récupère les revenus?

-Exploitation inappropriée et/ou qualité non-conforme.

-Aspects sociaux-légaux :

-Acceptation publique de la réutilisation.

-Répartition des responsabilités et gestion des litiges.

-Aspects économiques:

-Financement des infrastructures (traitement tertiaire et réseau de distribution) et des coûts d'exploitation.

-Recouvrement des coûts aléatoires.

-Demande saisonnière pour l'irrigation et besoin de stockage.

-Faible prix de l'eau potable (subventionnée) surtout pour les agriculteurs.

-Responsabilité pour la perte potentielle du revenu de la vente d'eau potable.

-Aspects environnementaux et agronomiques:

-La présence de beaucoup de sels, bore, sodium et autres micropolluants peut avoir des effets négatifs sur certaines cultures et les sols.

-Aspects technologiques:

-Une grande fiabilité d'exploitation est requise.

-Importance du choix de la filière de traitement.

CHAPITRE II : RESSOURCES EN EAUX

Introduction :

L'eau d'irrigation doit être considérée selon sa nature, sa quantité et sa qualité. Pour sa nature, la ressource souterraine exploitée à partir de puits ou forage ou bien une source d'eau superficielle à partir des lâchées, d'un écoulement ou un captage de source. A ce propos, l'agriculteur doit s'assurer de sa disponibilité au moment voulu pour irriguer, car la connaissance de la quantité d'eau disponible en période de pointe permet de déterminer la superficie à irriguer, et en qualité (bonne, médiocre ou mauvaise) pour savoir le niveau de traitement et de filtration nécessaire à son utilisation.

L'Algérie fait face à une demande en eau sans cesse croissante du fait de l'évolution démographique du pays ainsi que l'évolution des besoins en eau de la population, de l'industrie et de l'agriculture. A cette dernière les eaux résiduaires constituent une solution alternative importante.

Pour la protection et la préservation de l'environnement contre toute pollution à partir des eaux usées, la réalisation des stations de l'épuration s'avère nécessaire et indispensable, parmi elles la réalisation de la station d'épuration de Boumerdes ville et elle fut parmi les premières à promouvoir l'utilisation des eaux usées en irrigation.

II-1 Généralité sur la station d'épuration de Boumerdes (STEP):

II-1-1 Localisation :

La STEP de Boumerdes est située au sud de l'agglomération de Boumerdes. Les eaux usées épurées sont rejetées dans l'oued qui longe la STEP pour être véhiculées dans la mer. Au niveau de l'exutoire des eaux usées épurées (l'exutoire du bassin de chloration) une station fût créée pour trois pompes électriques qui refoulent les eaux usées épurées dans une conduite d'une longueur de 5 kms jusqu'aux bassins en terre de deux exploitations agricoles à l'heure actuelle deux pompes sur trois y sont fonctionnelles. Toutefois en saison d'irrigation les trois pompes sont utilisées



Figure 1 : image satellite de la station d'épuration de Boumerdes

source : Google earth

II-1-2 Station d'épuration de Boumerdes :

La STEP de Boumerdès est du type « boues activées à faible charge massique à aération prolongée ». Sa mise en service était en 2001. Une charge polluante de 4.050 kg DBO5/j a été prise en considération, ce qui correspond à 67.500 EH (avec 60 g DBO5/EH*j). Pour le dimensionnement, des charges spécifiques inférieures ont été considérées, ce qui fait que la capacité de conception officielle s'élevait à 75.000 EH. Un volume journalier de 15.000 m³ a été pris en compte. La représentation schématique est illustrée dans la figure ci-dessous. La filière biologique de traitement des eaux est composée de trois bassins d'aération et de trois clarificateurs secondaires.

Les bassins d'aération ne sont pas structurellement divisés en différentes zones, mais peuvent, par la forme allongée et les trois aérateurs de surface aménagés longitudinalement, créer différents milieux (aérobie, anoxique). Le volume d'un bassin d'aération est de 3.600 m³.

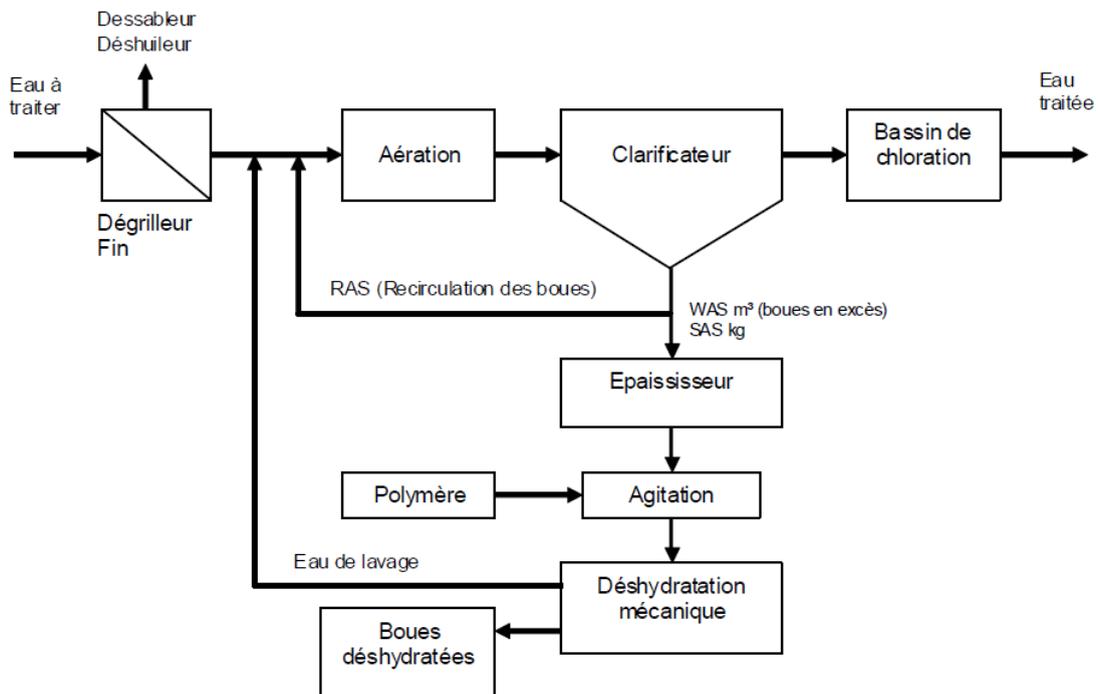


Figure 1 : Représentation schématique de la station d'épuration Boumerdes

Autres filières de traitement sont le traitement mécanique qui est composé d'un dégrilleur automatique fin du type à champ courbe, avec espacement entre barreaux de 20 mm, le dégrillage grossier ayant déjà été assuré dans les stations de pompage en amont, d'un ouvrage circulaire de dessablage-dégraissage, d'une clarification finale qui sépare la boue activée de l'eau clarifiée ainsi qu'un ouvrage de chloration. Le bassin de chloration y existe, par contre la chloration n'est pas pratiquée.

Le traitement des boues issues de la décantation clarification comporte deux étapes : un épaissement statique et une déshydratation mécanique par filtre à bandes presseuses.

Les boues déshydratées sont ensuite déposées.

Pour l'année 2011, une évaluation des concentrations de certains groupes de substances dans l'effluent de la STEP a été menée. Lors de l'auto-surveillance les paramètres suivants, également importants pour la REUE, sont examinés:

DBO5 ;MeS ;NH4-NNO3-NPtotal

Lors de l'évaluation, une très grande variation des paramètres devient évidente. Bien que la STEP fonctionne à une capacité de 90%, les valeurs limites sont respectées presque continuellement pour tous les paramètres. Une seule exception est la DCO. Ces bons résultats sont le mérite d'une gestion compétente que nous avons pu observer lors de notre visite du site.

Dans l'effluent de la STEP, des concentrations élevées d'arsenic et de sélénium ont été trouvées dans un échantillon. La valeur limite pour l'arsenic (2,0 mg/l) était légèrement dépassée avec 3,13 mg/l. Tandis que celle du sélénium (0,02 mg/l) avec 0,8 mg/l a été dépassée de 40 fois. Les causes ne sont pas encore connues. Sélénium est un oligo-élément essentiel dont l'absence conduit à des symptômes de carence, mais qui est toxique à des concentrations élevées.

II-1-3 STEP de Boumerdes et projet d'irrigation agricole :

***Considérations générales :**

La station d'épuration de Boumerdès a été conçue pour une capacité de 75.000 EH.

L'épuration des eaux usées comporte les étapes suivantes :

Bassin d'entrée ;

Dégrillage, dessablage, déshuilage ;

Traitement biologique par boues activées ;

Clarification secondaire ;

Traitement des boues par épaissement et déshydratation par filtre à bandes presseuses.

La chloration n'est pas opérationnelle.

En 2008, le volume total épuré par la station a été de 2.899.599 m³ ce qui correspond théoriquement à $\frac{2.899.599}{365} = 7.944$ m³/jour

Sur base d'une capacité de 75.000 EH, le débit par EH est actuellement de 106 litres. Le débit par EH pourrait être porté à 150 – 180 l selon les valeurs de référence habituellement utilisées.

Le volume journalier épuré par la station pourrait donc être porté à 11.250 - 13.500 m³/jour.

Considérant une pollution de référence = 60 gr de DBO₅ par EH, nous obtenons une charge journalière de 4.500 kg de DBO₅/jour pour 75.000 EH.

Partant de la considération que cette station à faible charge pourrait assurer la dénitrification et l'élimination du phosphore par voie physico-chimique, la charge volumique de référence à appliquer serait de 0,2 kg de DBO₅/m³ de bassin biologique soit un volume de 22.500 m³.

Pour assurer l'apport d'oxygène au moyen d'aérateurs de surface, la puissance installée serait de l'ordre 675 kW.

Pour une charge hydraulique de $0,4 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{h}$ à Q18 sur la décantation secondaire, la surface utile de décantation serait de : 1.562 à 1.875 m^2 .

Le volume d'eau épurée réutilisé en agriculture a représenté en 2008, $448.094,4 \text{ m}^3$ soit $15,45\%$ de l'eau épurée totale (Hasbaia ; 2014)



Figure 2 : image vue par satellite représentant la STEP et la zone d'étude

II-2 Historique de l'exploitation :

C'est en 2002 que deux exploitants ont pris l'initiative d'utiliser les eaux usées épurées de la STEP pour irriguer des parcelles agricoles situées au nord-est de la STEP, et ont ainsi réalisés et financés un système d'adduction par refoulement. La première campagne d'irrigation date de l'année 2003. Les cultures principales depuis le démarrage sont la vigne (raisins de table), les agrumes et les cultures fourragères. **Les deux exploitations couvrent une superficie de 107 ha.**

II-3 infrastructures des bassins de stockage d'eau :

Au niveau de la chloration un emplacement pour trois pompes électriques d'une capacité chacune de $80 \text{ m}^3/\text{h}$ a été construit. La conduite d'amené a une longueur de 5.002 m jusqu'au premier bassin de stockage. Les deux exploitations possèdent chacune un bassin de stockage dont les capacités sont respectivement de 3000 m^3 et de 8000 m^3 . Les bassins sont en terre et présentent des pertes dues à l'infiltration. Selon l'un des exploitants en été le niveau d'eau dans son bassin peut descendre de 10 cm dans la journée (sans utiliser de l'eau ; donc représentant les pertes dues à l'évaporation et à l'infiltration). Les bassins ne sont pas clôturés.



Figure 3 : image de bassin de stockage existant (volume 8000 m³)



Figure 4 : image de bassin de stockage de volume 3000 m³

II-4 Fonctionnement des infrastructures de stockage des eaux usées épurées destinées à l'irrigation :

Les eaux pompées sont tout d'abord stockées dans les bassins de stockage des deux exploitants pour une durée d'au moins 3 jours, avant d'être utilisées par le réseau d'irrigation de chaque agriculteur. Les deux exploitants utilisent le système goutte-à-goutte pour irriguer les différentes cultures.

II-5 Cultures agricoles potentielles pouvant être irriguées à partir des eaux usées épurées de la STEP :

- Les arbres fruitiers; parmi eux la vigne
- Les agrumes; parmi eux l'orange, la mandarine, et clémentine
- Les cultures fourragères; parmi elles sorgho fourragères et luzerne
- Les cultures industrielles; parmi elles la tomate industrielle, betterave sucrière, tabac...
- Les cultures céréalières
- Les cultures de production de semences; parmi elles la pomme de terre

II-6. Qualités des eaux épurées par la STEP de Boumerdes pour les mois extrêmes

Dans le tableau qui suit sont présentées les valeurs extrêmes des principaux indicateurs de la valeur des eaux usées épurées.

Tableau 1 : bilan de l'auto-surveillance pour le mois le plus pluvieux et le mois le plus sec

	Décembre		juillet	
	eau brute	eau épurée	eau brute	eau épurée
MES (mg/l)	257,68	11,36	267,77	14,55
DBO5 (mg/l)	205	5,6	255	23,25
DCO (mg/l)	320,2	20	479	48
N-NH4 (mg/l)	27,86	0,34	30,72	10,5
NTK (mg/l)	47,42	0,94	46,57	20
N-NO2 (mg/l)	0,038	0,013	0,039	0,038
N-NO3 (mg/l)	4,14	9,6	7,32	1,2
P-PO4 (mg/l)	4,65	2,53	5,5	4,46
PH	7,36	7,24	7,39	7,5
T°C	16,68	16,5	25,03	25,34

Tableau 2 : les volumes d'eaux fournis par la STEP de Boumerdes à des fins agricoles

mois	STEP de Boumerdes		
	volume EUE (m ³)	volume réutilisés en irrigation (m ³)	% de réutilisation
janvier	443000	0	0
février	428740	0	0
mars	411520	0	0
avril	433430	0	0
mai	456080	0	0
juin	455640	52248	11,47
juillet	472790	115588,8	24,45
août	530480	116945,6	22,05
septembre	484480	62282,4	12,86
octobre	401300	14780,8	3,68
novembre	478100	7572	1,58
décembre	377470	0	0
moyenne	447753	30784,8	6,88
totale	5373030	369417,6	6,88

Dans le tableau qui précède j'ai présenté les volumes traités disponibles par la STEP (5373030 m³/an et les volumes réellement utilisés en irrigation par les exploitations 369417,6 m³/an soit 6,88% des volumes disponibles). Il reste donc un potentiel en eaux usées épurées de 4996917 m³/an que nous pouvons utiliser pour irriguer de nouvelles superficies dans la même zone. Pour la même culture et on utilisant le potentielle au complet nous pouvons irriguer jusqu'à 2100 ha. Et dans le cas de d'autre culture, les besoins vont changer donc la superficie va changer

Conclusion :

On constate dans ce chapitre que la principale source d'eaux pour ces agricultures c'est la station d'épuration mais le manque de savoir et de gestion des agriculteurs défavorise l'exploitation de cette source d'eaux et pour y remédier il faut :

-travailler son bassin et ainsi mettre des filtres et renforcé ses parois pour amoindrir les pertes d'eaux et allonger la durée de vie du bassin d'exploitation.

CHAPITRE III : LES BESOINS EN EAUX DES CULTURES ET LA METHODOLOGIE DE CALCUL

Introduction :

Dans un premier temps, la détermination des besoins en eau d'une culture nécessite la connaissance de divers paramètres concernant, aussi bien la plante elle-même que les données climatiques ou pédologiques de la région.

Selon Doorenbos et Pruitt (1975) le climat est l'un des facteurs qui influe le plus sur le volume d'eau que la culture perd par évapotranspiration. Les pratiques agronomiques, les techniques d'irrigation, les engrais, les infestations dues aux insectes et aux maladies peuvent aussi influencer le taux d'évapotranspiration.

III-1 Comment déterminer les besoins en eau des cultures ?

D'après Doorenbos et Pruitt (1975) l'estimation de l'évapotranspiration en vue de la programmation de l'irrigation doit se faire en se fondant sur le calcul de l'évapotranspiration maximale et de la pluie efficace (Pe).

III-2 Pourquoi déterminer les besoins en eau des cultures ?

Connaître la valeur des besoins en eau des cultures est à la base de :

- projet d'irrigation : conception des réseaux d'irrigation (calcul du débit de dimensionnement des ouvrages),
- gestion des réseaux d'irrigation : prévision à court terme (programmation des apports d'eau),
- pilotage des irrigations,
- planification de l'utilisation des ressources hydrauliques : volume d'eau nécessaire pour l'irrigation, surfaces irrigables au vu des ressources, etc.

III-2-1 Besoin en eau d'irrigation :

Le besoin d'irrigation, noté (B) est défini comme étant le volume d'eau qui devra être apporté par irrigation en complément à la pluviométrie et éventuellement d'autres ressources telles que les remontées capillaires (l'apport d'une nappe phréatique), la réserve en eau initiale dans le sol, et la fraction de lessivage (lorsque la salinité influe sur la disponibilité en eau pour les plantes). Le calcul de ces besoins d'irrigation repose sur un bilan hydrique, qui exprime la différence entre les besoins en eau de la culture et les apports d'eau d'origine naturelle.

III-2-2 Besoin en eau de culture (ET_m) :

En matière d'irrigation, on cherche à placer les plantes dans des conditions de production optimales et on base l'irrigation sur la valeur de l'évapotranspiration maximale (ET_m) qui est une Valeur ponctuelle liée à l'ET₀ qui est relative à une région par un coefficient cultural, donnée par la formule de base de l'approche climatique :

$$ET_m = k_c \times ET_0 \quad N^{\circ}1$$

ET_m : évapotranspiration maximale d'une culture (mm),

k_c : coefficient cultural,

ET0 : évapotranspiration de référence (mm).

III-2-2-1 Choix du coefficient cultural

Par définition, le coefficient cultural (k_c) est le rapport entre l'évapotranspiration de la culture (ET_c) et l'évapotranspiration potentielle (ET_0), il intègre les effets des 4 caractéristiques primaires qui distinguent une culture de la culture de référence qui sont : la hauteur de la culture, la résistance de surface sol - végétation, l'albédo, l'évaporation de sol (Allen et al, 1998).

Les facteurs qui influent sur la valeur de k_c sont : les caractéristiques de la culture, les dates de plantation ou de semis, le rythme de son développement et la durée de son cycle végétatif, les conditions climatiques, en particulier au début de la croissance et la fréquence des pluies ou des irrigations.

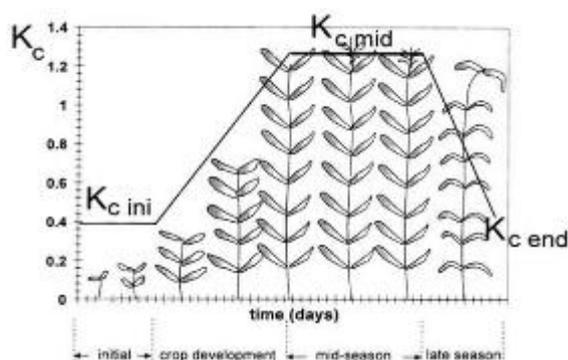


Figure 1 : Courbe de coefficients culturaux et définition des phases (Doorenbos et Pruitt, 1975)

La courbe de k_c sur l'ensemble de la période de croissance a été présentée initialement par Doorenbos et Pruitt (1975). Elle permet de distinguer les 3 valeurs de k_c (initial, mi-saison, et d'arrière-saison). Les valeurs les plus élevées du k_c sont observées au printemps et en automne, lorsque le sol est encore humide. Les valeurs les plus basses sont notées en été (Allen et al, 1998 in traité d'irrigation).

En choisissant le k_c approprié pour une culture donnée et pour chaque mois du cycle végétatif, il faut tenir compte du rythme de son développement, l'époque de plantation ou de semis, les conditions climatiques notamment le vent et l'humidité, et également la particularité de la Formule utilisée pour le calcul de l' ET_0 , ce qui pose un problème d'harmonisation et d'utilisation des valeurs publiées dans la littérature d'après Puech et Hernandez (1973) cité par Choissnel (1989).

Selon Tuzet et Perrier (1998) in traité d'irrigation, le k_c varie essentiellement avec les caractéristiques propres de la culture et seulement un peu avec le climat. Cela permet le transfert des valeurs standard de k_c (comme celles proposées dans les Bulletins FAO-24 et 56) d'un endroit à l'autre entre les zones climatiques. Mais pour avoir plus de précision dans la détermination de l' ET_c , il est toujours préférable d'utiliser les valeurs de k_c déterminés expérimentalement dans la région elle-même.

III-3 L'évapotranspiration :

L'évapotranspiration est un phénomène complexe intégrant à la fois, l'évaporation de l'eau du

sol (phénomène physique) et la transpiration de la couverture végétale (phénomène physiologique). Donc on le considère comme la totalité de la consommation d'eau d'une plante en place, à savoir, l'eau de constitution, l'eau de végétation et les consommations annexes (évapotranspiration directe du sol, herbes.....). On distingue :

III-3-1 L'évapotranspiration de référence (ET₀) :

C'est l'évapotranspiration d'une culture bien fournie en eau où le sol est à sa capacité de rétention, autrement dit c'est la limite maximale de l'évapotranspiration.

III-3-2 L'évapotranspiration potentielle :

On peut la définir comme étant le taux de l'évapotranspiration d'une surface du Gazon vert, ayant une hauteur uniforme de 8 à 15cm, poussant activement, ombrant complètement le sol et ne manquant pas d'eau.

III-3-3 L'évapotranspiration réelle (ET_R) :

L'ET_R c'est la valeur réelle de l'évapotranspiration, le plus souvent elle est inférieure à l'évapotranspiration potentielle, puisque le sol n'est pas en permanence à sa capacité de rétention. En plus, elle est considérée variable pendant la période de végétation. Il est donné par suivant :

$$ET_R = ET_0 * K_c \dots \dots \dots N^{\circ 2}$$

K_C : le coefficient cultural qui dépend du type de la culture et de son stade de développement, et des conditions climatiques qui y règnent.

III-4 Méthodes d'évaluation d'évapotranspiration de référence (ET₀) :

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

- L'évapotranspiration (mesure directe)
- Les stations expérimentales
- Méthode de bilan hydrique
- Méthode de bilan thermique.
- Formules empiriques.

Il existe plusieurs formules empiriques parmi lesquelles :

- Formule de Blaney-Criddle
- Formule de Turc
- Formule d'Ivanov. (URSS)
- Formule de Penman

Parmi ces formules on site les suivants :

a) Formule de Blaney-Criddle :

Elle a été établie et a donné des résultats satisfaisants pour les régions arides et semi-arides, s'exprime par la formule suivante :

$$ETP = (0,457T + 8,13) * K * P \dots \dots \dots N^{\circ 3}$$

Avec :

ETP : Evapotranspiration potentielle en (mm/jour)

P : Pourcentage de la durée mensuelle de l'éclairement rapporté à la durée Annuelle et ne dépend que de la latitude.

K : Coefficient variant en fonction de la culture et de la zone climatique

T : Température moyenne mensuelle en (°c)

b) Formule de turc (France 1960) :

Si l'humidité relative de l'air est supérieure à 50%, l'évapotranspiration potentielle est donnée par l'expression :

$$ETP = 0,40 \times (I_g + 50) \times \frac{T}{T + 15}$$

..... N°4

Avec :

T : Température moyenne de la période considéré, en (°c)

I_g : Radiation globale du mois considéré en (cal/cm²/jour), selon Turc, le coefficient 0.40 est réduit à 0.37 pour le mois de février.

Si l'humidité relative de l'air est inférieure à 50%, l'ETP est donnée par l'expression suivant :

$$ETP = 0,40 \times (I_g + 50) \times \frac{T}{T + 15} \times \left(1 + \frac{50 - H_r}{70} \right) \dots\dots\dots N°5$$

Avec :

T : Température moyenne de la période considéré en (°c)

H_r : L'humidité de l'air en %

I_g : Radiation globale en (cal/cm²/jour)

Tel que :

$$I_g = I_{gA} \times \left(0,80 + 0,62 \times \frac{h}{H} \right)$$

..... N°6

Avec :

I_g A : Radiation maximale théorique

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

h : Durée d'insolation en (heure/mois)

c) Méthode de Penman & Monteith :

Cette méthode est limitée ou bien incomplète, du fait que cette dernière ne prenne pas en Considération l'effet de quelques paramètres météorologiques.

Pour cela, nous adoptons la nouvelle formule de Penman & Monteith modifiée qui prenne en Compte l'effet du paramètre vent, ainsi que les corrections supplémentaires qui tiennent comptent des conditions météorologiques diurnes et nocturnes.

L'expérience a montré que l'expression obtenue, est valable pour les régions humides et aussi dans les régions très chaudes et semi-arides ; la formule de Penman & Monteith modifiée se présentant comme suit :

$$ET_0 = C \times [W \times R_n + (1 - W) \times F(u) \times (e_a - e_d)] \dots\dots\dots N°7$$

Où :

ETO : Représente l'évapotranspiration de référence, exprimées en mm/jour

W: Facteur de pondération rendant compte de l'effet de rayonnement à différentes Températures et altitudes.

R_n : Rayonnement net en évaporation équivalente, exprimé en mm/Jour

F (u) : Fonction liée au vent.

e_a : Tension de vapeur saturante à la température moyenne de l'air, en millibar

e_d : Tension de vapeur réelle moyenne de l'air, exprimée en millibars.

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

Le calcul de l'évapotranspiration de référence est réalisé à l'aide de logiciel CROPWAT 8 .0 fondé sur la méthode de Penman & Monteith, modifiée et recommandée par la consultation des experts de la FAO, tenue à Rome en Mai 1990.

Pour l'exploitation du logiciel, nous devons fournir les informations mensuelles de la station météorologique et la méthode adoptée, emploie les informations homogènes ou fiables suivantes :

-Température : les températures moyennes sont données en Degré Celsius (°c).

-Humidité de l'air : l'humidité relative de l'air exprimée en pourcentage (%).

-Insolation journalière : donnée en heures d'insolation de (1 à 20 h)

-**Vitesse de vent** : la vitesse du vent peut être introduite en m/sec.

III-5 Calcul de l'évapotranspiration potentielle :

Ce calcul est fait à l'aide de logiciel CROPWAT 8.0 :

Tableau 1 : Évapotranspiration potentielle ou de référence en mm/jours.

Month	Min Temp °C	Max Temp °C	Humidity %	Wind m/s	Sunshine hours	Radiation MJ/m ² /day	ETo mm/day
January	6.3	14.7	67	3.5	5.0	8.7	2.02
February	6.9	14.9	68	3.1	6.4	12.2	2.23
March	8.0	18.0	62	3.6	6.9	15.7	3.37
April	9.6	20.8	60	3.0	8.2	20.2	4.19
May	12.4	24.4	65	3.0	8.6	22.4	4.88
June	16.0	28.5	64	2.6	10.1	25.0	5.73
July	18.9	32.7	56	2.8	10.2	24.8	6.76
August	19.3	33.8	61	2.7	9.5	22.5	6.25
September	17.2	30.2	69	2.8	8.5	18.7	4.74
October	14.1	24.7	67	2.6	7.4	14.3	3.29
November	10.5	19.1	67	3.3	5.4	9.6	2.42
December	7.6	15.4	66	3.8	4.6	7.8	2.10
Average	12.2	23.1	64	3.1	7.6	16.8	4.00

Source : logiciel CROPWAT.

III-6 la pluie efficace :

La pluie efficace « Peff » représente la fraction des précipitations qui est effectivement utilisée par la culture après déduction des pertes par ruissellement de surface et par percolation profonde.

Le tableau 2 ci-dessous nous donne les résultats de calcul.

Tableau 2 : La pluie efficace en mm

Mo	Pluies 80% (mm)	Pluies efficaces (mm)
----	-----------------	-----------------------

Janvi	76,1	60,9
Févri	73,9	59,2
Ma	47,8	38,3
Avr	51,2	41,0
M	42,0	33,6
Ju	8,3	6,6
Juill	2,1	1,7
Ao	3,1	2,5
Septembre	24,6	19,7
Octob	43,9	35,1
Novembre	92,6	74,1
Décembre	101,8	81,4
Tot	567,5	454,0

III-7 Calcul des besoins en eau des cultures :

Selon Doorenbos et Pruitt (1976) : « Le besoin en eau d'une culture est la hauteur d'eau, en mm, nécessaire pour compenser l'évapotranspiration d'une culture en bon état sanitaire, établi dans un champ de grande superficie, dans des conditions de sol non limitantes du point de vue de la disponibilité de l'eau et de la fertilité, et conduisant au rendement cultural potentiel dans des conditions climatiques données». Il est nécessaire de choisir une bonne définition des besoins en eau, car cette notion est à la base du projet d'irrigation.

L'estimation des besoins en eau d'une façon simple, réaliste et la plus précise possible, permet d'assurer un optimum de consommation en eau pour une production de qualité et une bonne rentabilité. Dans un contexte de valorisation des ressources en eau dans un climat semi-aride comme c'est le cas de notre projet, L'objectif de cette estimation des besoins en eau dans la cadre de notre étude est de prévoir la quantité d'eau globale nécessaire pour toute la période de végétation. L'apport optimisé d'eau jour après jour n'est pas envisageable car le suivi régulier de l'évolution des paramètres est impossible à mettre en place pour le moment pour des raisons techniques et organisationnelles. Etant donné que les conditions climatiques sont relativement stables durant la période de culture en saison sèche (aucune précipitation, température minimal et maximale journalière, humidité relative quasiment constantes,...), la seule modification de la quantité d'eau à apporter pourrait résulter de l'état et de l'avancement des cultures. En effet, une plante au maximum de sa croissance aura besoin de plus d'eau qu'une graine tout juste semée. On envisage donc de calculer la quantité d'eau nécessaire à chaque culture pour chaque phase de son développement afin de déterminer un plan d'arrosage global simplifié pouvant être suivi aisément par la population et permettant une économie d'eau.

Le besoin en eau des cultures dépend de plusieurs paramètres que l'on peut regrouper en trois catégories, chacune représentée par un paramètre global.

Tableau 3 : récapitulant les paramètres dont dépend le calcul des besoins en eau des cultures

Paramètres	Composants	Représenté/synthétisé par
Climatiques	Température et humidité de l'air, vent, ensoleillement...	L'ETP
Pédologiques	Texture, structure (infiltrabilité), physico-chimie du sol, disponibilité de l'eau de surface (RU)	Le Potentiel Hydrique
Biologiques	Caractéristiques propres au végétal	Le Coefficient de culture (Kc)

Source : Wikipédia/ besoin en eau en irrigation

La demande en eau est fonction des données climatiques et météorologiques et exprimée à travers l'évaporation réelle (ETM) combinaison de l'ETP et des kc. Les ressources en eau sont la pluviométrie, la réserve en eau du sol et les doses d'irrigation. Pour évaluer la quantité d'eau à irriguer, il faut donc faire un bilan hydrique, égal à la différence ressource-demande.

III-8 les besoins en eau de chaque culture :

Tableau 4 : besoins en eau des oliviers pépinières (mm / mois)

Mois	Pluie eff	ET0	Kc	ET0*kc	RFu	besoin
Septembre	19,7	142,2	0,68	96,696	0	-76,996
Octobre	35,1	102	0,66	67,32	0	-32,22
Novembre	74,1	72,6	0,65	47,19	0	0
Décembre	81,4	65,1	0,65	42,315	26,91	0
Janvier	60,9	62,6	0,68	42,568	65,995	0
Février	59,2	62,4	0,7	43,68	84,327	0
Mars	38,3	104,8	0,7	73,36	96	0
Avril	41	125,7	0,7	87,99	60,94	0
Mai	33,6	151,3	0,7	105,91	13,95	-58,36
Juin	6,6	171,9	0,7	120,33	0	-113,73
Juillet	1,7	209,6	0,7	146,72	0	-145,02
Août	2,5	193,8	0,7	135,66	0	-133,16
Total						-559,49

Tableau 5 : besoins en eau des agrumes (mm / mois)

Mois	Pluie eff	ET0	Kc	ET0*kc	RFu	Besoin
------	-----------	-----	----	--------	-----	--------

Septembre	19,7	142,2	0,55	78,21	0,00	-58,51
Octobre	35,1	102	0,67	68,34	0	-33,24
Novembre	74,1	72,6	0,66	47,916	0	0,00
Décembre	81,4	65,1	0,65	42,315	26,18	0,00
Janvier	60,9	62,6	0,64	40,064	0,00	0,00
Février	59,2	62,4	0,66	41,184	86,10	0,00
Mars	38,3	104,8	0,68	71,264	96	0,00
Avril	41	125,7	0,7	87,99	63,04	0,00
Mai	33,6	151,3	0,71	107,423	16,05	-57,77
Juin	6,6	171,9	0,72	123,768	0,00	-117,17
Juillet	1,7	209,6	0,72	150,912	0,00	-149,21
Août	2,5	193,8	0,78	151,164	0,00	-148,66
Total						-564,57

Tableau 6 : besoins en eau de la vigne (mm / mois)

Mois	Pluie eff	ET0	Kc	ET0*kc	RFu	Besoin
Septembre	19,7	142,2	0,65	92,43	0,00	-72,73
Octobre	35,1	102	0,5	51	0	-15,90
Novembre	74,1	72,6	0,35	25,41	0	0,00
Décembre	81,4	65,1	0,2	13,02	48,69	0,00
Janvier	60,9	62,6	0,2	12,52	96	0,00
Février	59,2	62,4	0,25	15,6	96	0,00
Mars	38,3	104,8	0,25	26,2	96	0,00
Avril	41	125,7	0,3	37,71	96	0,00
Mai	33,6	151,3	0,5	75,65	96	0,00
Juin	6,6	171,9	0,7	120,33	53,95	-59,78
Juillet	1,7	209,6	0,8	167,68	0,00	-165,98
Août	2,5	193,8	0,8	155,04	0,00	-152,54
Total						-466,93

Tableau 7 : besoins en eau des tomates industrielles (mm / mois)

Mois	Pluie eff	ET0	Kc	ET0*kc	RFu	besoin
Septembre	19,7	142,2		0		

Octobre		35,1	102		0		
Novembre		74,1	72,6		0		
Décembre		81,4	65,1		0		
Janvier		60,9	62,6		0		
Février		59,2	62,4		0		
Mars		38,3	104,8	0,6	62,88	96,00	0,00
Avril		41	125,7	0,9	113,13	71,42	-0,71
Mai		33,6	151,3	1,15	173,995	0,00	-140,40
Juin		6,6	171,9	1,15	197,685	0,00	-191,09
Juillet		1,7	209,6	1,15	241,04	0,00	-239,34
Août		2,5	193,8	0,8	155,04	0,00	-152,54
Total							-724,08

Remarque :

Le signe (-) veut exprimer le volume qu'on doit rajouter.

CHAPITRE IV : PROSPECTION DU RESEAU ET DES EQUIPEMENTS CONNEXES

IV-1 Introduction :

Le goutte-à-goutte met en œuvre des équipements légers, et convient bien à la fertigation (ou irrigation fertilisante). Il est totalement indépendant des autres interventions sur la culture mais impose dans la plupart des cas l'automatisation, car les apports doivent être fréquents et fractionnés.

L'eau forme sous la surface un « bulbe » humide, ce qui maintient sèche la plus grande partie de la surface. L'évaporation est considérablement freinée, On peut dire que l'eau n'arrose pas la terre, mais la plante, elle est directement « rendue racines ».

On mesure toute l'économie qui en résulte, dans tous les pays chauds, par rapport à l'irrigation gravitaire. Mais gardons-nous de condamner celle-ci : la percolation est souvent impérative sous climat chaud, comme le cas de plusieurs régions de l'Algérie et en particulier les hauts plateaux et le Sahara, pour laver le sol des sels.

IV-2 la micro irrigation ou l'irrigation localisée :

Cette méthode d'irrigation sous pression est appelée ainsi du fait que l'eau appliquée en des endroits où l'on désire la voir s'infiltrer .cette méthode est donc localisée.

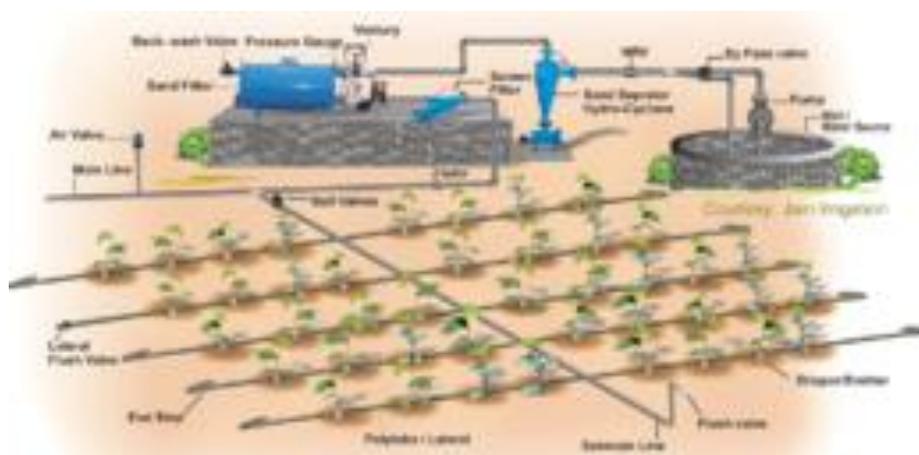


Figure 1 : Système d'irrigation goutte à goutte

La plupart des grands systèmes d'irrigation par goutte à goutte utilisent un certain type de filtre à eau pour empêcher l'obstruction du petit tuyau d'écoulement. Certains systèmes résidentiels sont installés sans filtres additionnels puisque l'eau potable est déjà filtrée. Pratiquement tous les fabricants d'équipement d'irrigation par égouttement recommandent que des filtres soient utilisés et généralement n'honoreront pas des garanties à moins que ceci soit fait.

Si elle est correctement conçue, installée et contrôlée, la micro-irrigation peut aider à réaliser d'importantes économies d'eau par la réduction de l'évaporation. En outre, le goutte à goutte peut éliminer beaucoup de maladies qui naissent du contact de l'eau avec le feuillage. En conclusion, dans les régions où les approvisionnements en eau sont sévèrement limités, on peut obtenir une nette augmentation de production tout en utilisant la même quantité d'eau qu'avant.

Le goutte-à-goutte enterré permet aussi d'économiser de l'eau, mais aussi de l'azote. Il favorise parfois l'enracinement des plantes.

Dans les régions très arides ou sur sols sablonneux, la meilleure technique consiste à irriguer aussi lentement que possible (moins de 1 litre par heure).

La micro-irrigation est utilisée intensivement dans la culture des noix de coco, de la vigne, la banane, les jujube, les agrumes, les fraises, la canne à sucre, le coton, le maïs, ou les tomates .

IV-3 Caractéristique de la méthode :

L'irrigation localisée :

- N'arrose qu'une fraction du sol.
- Utilise de faibles débits avec de faibles pressions.
- Met en œuvre des équipements fixes et légers.
- Ne mouille pas le feuillage.
- Convient bien à l'irrigation fertilisante.
- Impose dans la plus part des cas l'automatisation car nécessite des apports fréquents fractionnés.

IV-4 Ouvrages et dispositifs de système d'irrigation :

Tout système d'irrigation est constitué par un ensemble de canaux et d'ouvrages situés sur le terrain à irriguer. Le système est équipé de mécanismes, de matériels et d'autres dispositifs auxiliaires. Chaque système d'irrigation doit avoir les ouvrages et dispositifs hydrauliques suivants :

- *Un tronçon en tête du système qui assure la prise d'eau à partir des sources d'irrigation.
- *Une station de pompage pour assurer l'irrigation des terres élevées. La station de pompage doit assurer la pression et les débits nécessaires.
- *Une conduite principale pour vue d'un régulateur de pression et d'un compteur.
- *Un réseau de conduites de distribution (conduites secondaires et conduites aux champs, pourvues également de compteurs et de vannes pour le réglage du débit).
- *Les conduites sont pour vues de vent ou ses aux points hauts et de point de vidange aux points bas.
- *Un réseau de routes de service avec ouvrages routiers.
- *Des moyens de transport.
- *Un jeu de mécanismes, d'installations d'outils pour les réparations et l'entretien permanent des conduites, des ouvrages et des dispositifs du système.

IV-4-1 Disposition générale:

La disposition de principe de l'arrosage localise est la suivant:

Une conduite principale (alimentée sous faible pression) alimente plusieurs lignes secondaire "Rampes" qui sont disposées dépend de la plantation.

IV-4-2 Schéma type d'un réseau d'irrigation localisée:

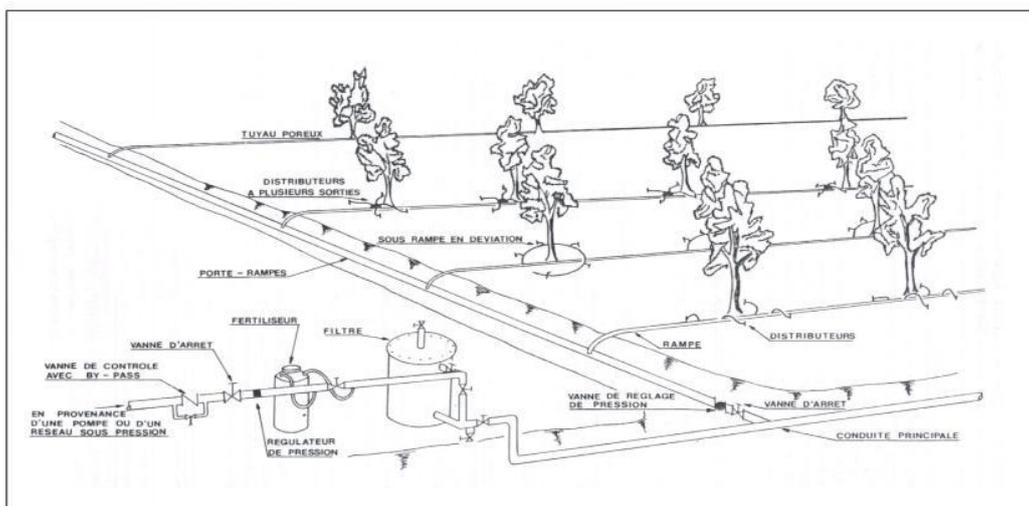


Figure 2 : Schéma type d'un réseau d'irrigation localisée

IV-4-2-1 Un réseau d'irrigation localisée comprend de l'avant vers l'aval:

a) Un point d'eau qui est soit une borne de réseau collectif sous pression, soit une station de Pompage et mise en pression (sur cours d'eau, puits...).

b) Une installation de tête qui assure le conditionnement du débit grâce aux éléments suivants:

*Vanne d'arrêt

* Régulateur de pression

*Limiteur de débit

*Compteur d'eau

*Injecteur d'engrais ou une pompe doseuse d'engrais liquide.

c)Unité de filtration constituée de l'un ou plusieurs filtres équipés en amont et en aval de manomètre de contrôle.

d) Une canalisation principale qui permet de desservir grâce à Un ou plusieurs postes pouvant si nécessaire être subdivisés en sous postes.

e) Un ou plusieurs porte rampes à l'aval de chaque vannes qui constituent un poste ou un sous Poste.

f) Des rampes qui équipent chaque porte-rampe, soit d'un seul côté soit des deux côtés L'ensemble du porte rampe et des rampes qui l'équipent est appelle herse.

IV-4-3 Choix du type de matériau des conduites :

Les conduites peuvent être réalisées par différents matériaux fonte, acier, amiante de ciment, béton armé, galvanisé et en pvc.

Le choix de l'un de ces matériaux est conditionné par:

-Le diamètre

-La pression de service

-Le critère économique

-Les conditions de pose des conduites

-La disponibilité dans le marché

-La technique d'arrosage

Enfin notre choix se portera sur: Les conduites en PVC et polyéthylène pour le réseau de goutte à goutte.

-Voilà aussi quelque composition de l'installation goutte à goutte :

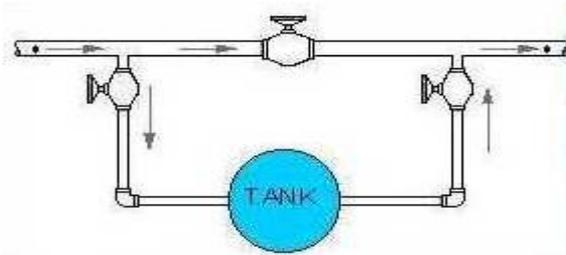


Figure 3 : Di lueur d'engrais

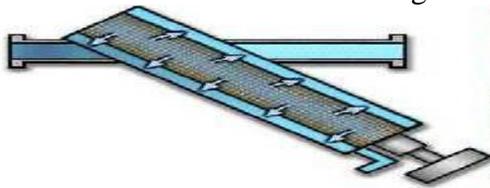


Figure 4 : Filtre à tamis

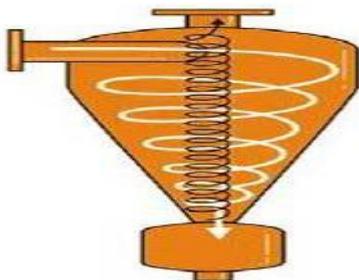


Figure 5 : Filtre hydro-cyclone

IV-4-4 Les distributeurs:

Les distributeurs constituent la partie essentielle de l'installation. C'est à partir d'eux que l'eau sort, à la pression atmosphérique, en débits faibles et réguliers. Ils peuvent être des goutteurs à très faible débit (quel que sl/h), dont il existe de très nombreux types différents, de s'ajutages ou des mini diffuseurs dont le débit est un peu plus important (quelques dizaines de l/h)



Figure 6 : Goutteur

IV-4-4-1 Différents types de distributeurs :

Goutteurs: Les plus utilisés sont des débits de 2l/h pour les cultures maraîchères et de 4l/h pour les cultures pérennes. Ils sont placés en dérivation, en ligne ou intégrés dans les rampes. Goutteur turbulent:(à chicane) : Lors du passage de l'eau à travers le labyrinthe, une dissipation

d'énergie est provoquée sous la forme d'une perte de charge.

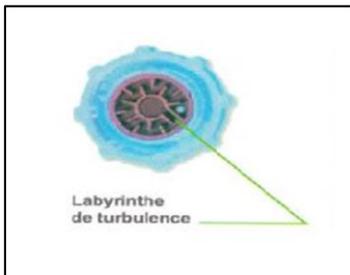


Figure 7: Goutteur turbulent Figure 8: Goutteur en ligne Figure 9: Goutteur réglable

-Gaines: Destinée aux cultures maraîchères, peut être utilisée pour les vergers; elles s'assurent conjointement un rôle de transport et de distributeur.



Figure 10 : Gaines

-Tubes poreux: La paroi à structure poreuse laisse passer l'eau, ils sont généralement enterrés.



Figure 11 : Tubes poreux

-Mini diffuseurs: Ils sont toujours placés en dérivation, fixés directement sur la rampe, Fonctionnent comme de petits asperseurs statiques ne couvrant qu'une partie de la surface du sol au voisinage des cultures.



Figure 12 : Mini diffuseurs

IV-4-4-2 Choix d'un distributeur :

En irrigation localisée, le choix du goutteur est important car de lui va dépendre le bon fonctionnement hydraulique de l'installation, l'alimentation hydrique satisfaisante de la culture, la pérennité des équipements, le niveau de la filtration et la qualité de maintenance à assurer. C'est la prise en compte d'un certain nombre d'éléments qui permet à l'utilisateur de définir son choix d'une manière objective.

-La qualité de l'eau: C'est un élément essentiel dont vont dépendre les risques de colmatage des distributeurs.

-les eaux de mauvaise qualité: sont généralement des eaux de surface (rivière, canaux lacs, bassins) riches en impuretés sous forme minérale ou organique. Si les éléments les plus gros sont retenus par une filtration efficace, les éléments très fins par contre traversent les filtres et se déposent à l'intérieur.

Des distributeurs entraînant peu à peu une diminution de leur débit. Dans ce cas, on utilisera essentiellement des goutteurs en ligne à cheminement long non uni forme, ayant un débit de 4 l/h.

De même, si l'on doit utiliser des goutteurs autorégulant, on choisira préférentiellement ceux qui sont à chicanes avec la longueur de cheminement la plus grande possible.

En effet, après un certain temps de fonctionnement, il se produit un effet d'empreinte de la membrane au contact eau relief de cheminement entraînant une diminution de la section de passage.

-les eaux de bonne qualité: sont généralement des eaux de nappe ni ferrugineuses (rouillée). Dans ce cas, tous les goutteurs peuvent être utilisés à condition d'adapter la finesse de filtration à chacun d'eux.

***La nature du sol :** La nature du sol permet de choisir entre mini diffuseurs et goutteurs. Dans certains sols très filtrants, sableux ou caillouteux comportant une nature grossière, pour lesquels la diffusion latérale de l'eau est faible, ainsi que dans certains sols argileux comportant des argiles gonflantes dont la dessiccation entraîne la formation de fentes de retraits. Pour tous les autres types de sol, des goutteurs de 2 ou 4 l/h conviennent, d'autant que les investissements nécessaires sont dans ce cas plus faibles.

***La nature des cultures:** Pour les cultures pérennes, telles que les arbres fruitiers, vignes, ou l'installation est fixe les distributeurs en ligne ou en dérivation sur la rampe peuvent être envisagés. Par contre, dans le cas des cultures annuelles ou les rampes doivent être enroulées ou déroulées lors de la mise en place de la culture et pour la récolte, on évitera les goutteurs en dérivation faisant saillie sur la rampe, au bénéfice des goutteurs en ligne, des goutteurs intégrés dans la rampe, des gaines souples.

- Caractéristiques d'installation : Débit d'équipement: C'est le débit qui assure à une installation donnée. La quantité d'eau suffisante pour satisfaire les besoins en eau d'irrigation dans les périodes les plus exigeantes et ceci pour une durée de fonctionnement de 18 à 20 heures par jour. Il sera en fonction:

*Des besoins d'irrigation de pointe.

*Du mode de déroulement de l'irrigation : par tour d'eau et sur une longue période Ou quotidiennement.

*Les paramètres d'installation sont:

-Débit horaire par hectare l/h.

-Pression de service: La pression de service d'un réseau d'irrigation à la parcelle est de l'ordre de 1 bar (10.2m de colonne d'eau).

-On peut dépasser cette pression dans le cas de diffuseurs ou micro asperseurs.

*Dans le cas de goutteurs autorégulant, la pression de service peut varier entre 0.5 à 3 bars sans que leur débit change.

*Secteur (poste): C'est la surface couverte à un moment donné par des distributeurs Fonctionnant en même temps.

IV-5 Entretien et protection du réseau:

L'entretien du réseau comprend un ensemble d'opérations périodiques qui doivent être effectuées par l'exploitant pour assurer la pérennité de son installation; surveillance du fonctionnement et du nettoyage des filtres, lutte contre les risques de colmatage, purge régulière du réseau et contrôle des distributeurs.

1-Lutte contre le colmatage organique:

Le développement des algues et des dépôts créés par les bactéries, cause de bouchages importants, peut être contrôlé de façon peu coûteuse en maintenant une concentration de chlore tel que:

-Pour les algues une concentration de chlore de 1 à 5 mg/l de façon continue ou de 10 à 20 mg/l pendant 20 minutes à la fin de chaque irrigation

-Pour les bactéries ferrugineuses 1 ppm de Cl au-dessus du nombre de ppm de fer présent (Ceci peut varier en fonction de la quantité de bactéries).

-L'efficacité de l'injection de Cl dépend de la valeur du PH de l'eau, il est nécessaire d'utiliser plus de Cl pour des valeurs élevées de PH.

2-Lutte contre le colmatage chimique:

Les principaux risques de colmatage chimique ont pour origine des dépôts de calcaire dans ou à la sortie du distributeur. L'injection dans le réseau d'une solution d'acide du commerce (36° baumé, densité 1,33) à une concentration de 2 à 5% en volume (2 à 5 litres d'acide par m³ d'eau) permet généralement une lutte efficace.

3-Purgedes canalisations:

Les purges des canalisations sont un élément important dans la maintenance des réseaux. Elles sont effectuées de l'amont vers l'aval en commençant par la canalisation principale puis les canalisations secondaires et les rampes. IL est nécessaire de purger:

*Lors de la première mise en eau et après chaque réparation.

*En début et en fin de campagne.

*En cours de campagne;



Figure13 : Purge du réseau

IV-6 Contrôle de l'installation :

1- Contrôle et nettoyage des filtres:

a-Filtre à gravier :

*Il convient de nettoyer le filtre à gravier en cas d'obstruction physique. Cette obstruction est détectable dès qu'il y a une différence de charge lue sur les deux manomètres (entrée et sortie du filtre).

*Le contre-lavage se fait par la filtration afin d'évacuer, grâce au vannes de purge, les impuretés Vers l'extérieur

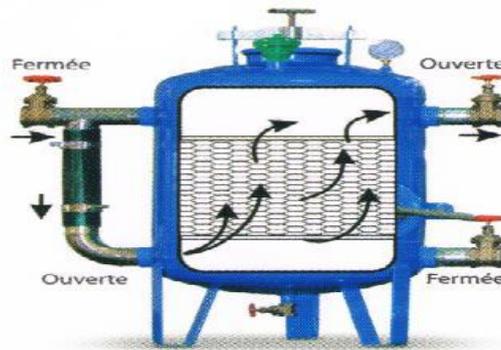


Figure 14 : Filtre à gravier

b-Filtre à tamis : Il suffit d'enlever la cartouche et de la nettoyer à l'eau en utilisant une brosse (pas métallique).

*Recommandation:

Il est recommandé et conseillé de vidanger les filtres enfin de saison d'irrigation et les protéger contre le gel de l'hiver.



Figure 15 : Nettoyage filtre à tamis

c-Filtre à disque:

Cet entretien s'effectue en démontant la capuche du filtre. Il faut ensuite libérer les disques Parallèles et les rincer à l'aide d'un jet d'eau.

- Contrôle et nettoyage des distributeurs :

*Pour s'assurer du bon fonctionnement des distributeurs (uniformité de la distribution), une méthode simple et facile est proposée. Elle consiste à appliquer la procédure suivante:

-Mesurer, sur au moins 4 rampes, le débit d'au moins 4 organes de distribution (goutteurs).

-On choisit la première et la dernière rampe (celles qui se trouvent au tiers et aux deux tiers de la longueur du porte-rampes).

-Sur chaque une de ces rampes, le premier et le dernier distributeur (ceux qui se trouvent au tiers et aux deux tiers de la longueur de la rampe).

-Classer les débits par ordre croissant

-Calculer la moyenne de l'ensemble des débits mesurés: $q = \text{la somme des valeurs} / 16$ N°1

-Calculer la moyenne des 4 mesures de débits les plus faibles:
 $q_{\min} = \text{la somme des 4 valeurs des débits les plus faibles} / 4$ N°2

* Calculer le coefficient d'uniformité : $CU = (q / q_{\min}) * 100$ N°3

Si $CU > 90$, pas d'intervention.

Si $70 < CU < 90$, il faut nettoyer le réseau.

Si $CU < 70$, rechercher les causes de colmatage et traiter.



Figure 16 : Contrôle et nettoyage des distributeurs

Conclusion :

Dans ce chapitre on a pu voir les différents organes d'une installation goutte à goutte, ainsi comment prendre soin de notre réseau avec des techniques appropriées pour augmenter le rendement de notre matériel et ainsi prolonger la durée de vie de notre système.

CHAPITRE V : DISCUSSION

Dans ce chapitre on va voir une vue globale expliquant ainsi le but de ce projet et ainsi que sa valeur dans un futur qui est pratiquement proche vu les ressources qui ne cessent de décroître ainsi que la mauvaise gestion de nos ressources en eau conventionnelles.

Introduction :

Dans le Monde, l'eau est un facteur limitant du développement de l'agriculture, la rareté est appréhendée en termes de stress hydrique et d'irrégularité de la ressource, deux facteurs susceptibles de s'accroître avec le changement climatique. En Algérie, face au défi d'assurer la couverture des besoins en eau pour l'agriculture, une politique active de mobilisation des ressources en eau (eaux saumâtres, eaux usées épurées, dessalement de l'eau de mer, injection d'eau dans les nappes...) a été mise en œuvre, ainsi que de nouveaux instruments de gestion. En Algérie, la présence de normes de rejet spécifiques à la réutilisation des eaux usées épurées en agriculture (Décret exécutif n° 93-160 du 10 juillet 1993 et décret exécutif n° 06-141 du 19 avril 2006) ainsi que la présence de textes réglementaires fixant la modalité de réutilisation des eaux usées et la liste des cultures et les conditions de leur irrigation par les eaux usées épurées (Décret exécutif n° 07-149 du 20 mai 2007 et l'arrêté interministériel du 2 janvier 2012) constituent une promotion de projets de réutilisation des eaux usées épurées. Les dirigeants, publics et privés, ont des décisions à prendre en matière de réutilisation des eaux usées en agriculture. Ils sont confrontés à la nécessité d'exploiter des quantités en augmentation, afin de répondre à des demandes toujours plus grandes. La gestion intégrée des eaux usées épurées en Algérie, désormais institutionnellement reconnue comme un modèle de partenariat public-privé, est la meilleure approche pour une mise en valeur et une gestion efficace et durable des eaux usées épurées, face à des demandes en eau en augmentation.

VI-1 Caractéristiques de la situation de l'agriculture irriguée au niveau de la STEP de BOUMERDES :

-Localisation :

La STEP de **Boumerdes** est située au sud de l'agglomération de **Boumerdes**. Les eaux usées épurées sont rejetées dans l'oued qui longe le STEP pour être véhiculées dans la mer. Au niveau de l'exutoire des eaux usées épurées (l'exutoire du bassin de chloration) une place fût créée pour trois pompes électriques qui pompent les eaux dans une conduite d'amenée d'une longueur de 5 kms jusqu'aux bassins de deux exploitations agricoles. A l'heure actuelle deux pompes y sont fonctionnelles. Toutefois en saison d'irrigation les trois pompes sont utilisées.



Figure 1 : image montrant la zone d'étude et la station d'épuration

VI-2 Le but du projet :

Faire valoir la méthode de la réutilisation des eaux usées comme méthodes innovante permettant de recouvrir les déficits qui nous venait auparavant et faire opté ces cultures irriguée à partir de ces eaux usées comme cultures protéger avec une irrigation de valeur et ainsi assurant un produit de quantité et de qualité.

VI-3 Historique sur la zone pilote :

Cette zone a été l'une des premières en Algérie à recourir à la réutilisation des eaux usées épurée domestique, ce projet commença en 2003 après la création de la station d'épuration en 2001 (source : direction des ressources en eaux de Boumerdes).

Ce projet consista à alimenter un périmètre de plus de 80 hectares avec des eaux réutilisées et ainsi relancer l'agriculture dans ce périmètre.

Les agriculteurs consacrèrent un financement depuis la STEP pour assurer l'arrivé d'eau avec des canalisations de 315 mm de diamètre .et ainsi mettre en place des bassins de stockage en terre de capacité de 8000 et 3000 m³, avec un débit journalier variant suivant la période mais au mois de pointe peut atteindre jusqu'à **14,335** m³ /j (source : enquête auprès des agriculteurs/ document appartenant à l'ONA)

VI-4. Culture mise en place :

Les cultures qui s'y trouvent lors de ma visite sur le site :

- la vigne (figure 2) comme principale investissement recouvrant pratiquement 90% de la zone d'étude.

-les agrumes (oranger, citronnier).

-pépinière d'olivier.



Figure 2 : images prise sur le terrain spécifiant la nature des cultures existantes

VI-5 problématique :

-Introduction :

Nous avons en face de nous un avenir abstrait, seul des théories et des lois de probabilité nous décrivent un peu notre avenir, et avec un réchauffement climatique certain notre monde va passer d'une guerre au pétrole à la guerre de l'eau.

Plusieurs questions se posent sur ce sujet :

-quelles sont les conséquences sur les cultures mises en place ?

-quelles sont les conséquences sur la texture du sol ?

- doit-on prendre ce risque comme solution ultime pour protéger notre agriculture ?

Pour répondre à certaines de ces questions nous nous référons aux résultats de la partie qui suit, présentés par Hasbaia dans son mémoire de magister soutenus en novembre 2014 (USTHB) et portant sur le thème « contribution à l'étude de l'impact de la réutilisation des eaux usées épurées en agriculture : effets sur les sols. Sa microflore et produit agricoles. » Sur le même site d'étude que le nôtre.

VI-6-1 : ressource conventionnelle en Algérie :

L'Algérie est un pays semi-aride, voire même aride (200 à 400 mm) et les ressources en eau sont faibles, irrégulières, et localisées dans la bande côtière, l'apport total des précipitations serait de l'ordre 100 milliards de m³ d'eau par an dont 12,4 milliards de m³ en écoulements superficiels, et seuls 6 milliards de m³ sont mobilisables en tenant compte des sites favorables techniquement (Hydrologie, topographie, géologie). (Kettab, 2001)

En Algérie, la gestion de l'eau évolue dans un contexte caractérisé par la rareté et la vulnérabilité des ressources en eau naturelles comme une conséquence à la fois d'une aridité climatique sur plus de 90 % du territoire et d'une demande en eau urbaine, industrielle et agricole en évolution croissante.

Depuis plus de trois décennies, la plupart des régions algériennes ont connu une chute régulière de la pluviométrie notamment durant ces dernières années.

Le spectre de la sécheresse commence à se faire sentir surtout dans les régions de l'ouest du pays et la disponibilité en eau potable a fortement diminué Tableau 1.

Tableau 1 La disponibilité en eau potable (Kettab, 2001)

Année	1962	1990	1995	1998	2000	2020
M3/hab	1500	720	680	630	500	430

En conclusion il faudrait mobiliser en 2020, plus de 11 milliards de m³ d'eau. (Kettab, 2001)

Le déficit en eau est devenu inquiétant, confirmant les diverses expertises partant d'hypothèse et usant de méthodologies différentes qui ont toutes conclues que notre pays se trouvera entre 2010 et 2025 confronté à cette pénurie quasi-endémique. (Hadeff, et al., 2001) .

VI-7 l'eau et l'agriculture en Algérie :

En Algérie, les superficies irriguées des grands périmètres d'irrigation sont estimés à 228 787 ha (2011), dont la gestion est confiée depuis 2005 à l'office national de l'irrigation et de drainage (ONID), les infrastructures de petite et moyenne hydraulique s'étendent sur une superficie de 1 000 000 ha (2012) (MADR, 2012).

L'évolution de la surface irriguée projetée nécessitera un volume de 458 309 000 m³ d'eau (Tableau 2), ce qui dépasse les disponibilités en eau prévues par le ministère des ressources en eau dans le cadre du Plan National de l'Eau (PNE), d'où le recours aux systèmes économiseurs de l'eau, qui représenteront 92% de la superficie totale irriguée (grands périmètres d'irrigation) à l'horizon 2014. Les superficies irriguées sont en nette augmentation depuis l'indépendance. (MADR, 2012)

Tableau 2 Superficie irriguée (PMH + GPI) (MADR, 2012)

Années	Type	1962	1999	2004	2009	2011	2014
Superficie irriguée (ha)	PMH	120.000	350.000	652.860	920.950	923.841	1.200.000
	GPI	44 000	50 500	47 588	53 200	82 357	270 000
TOTAL		164 000	400 500	700 448	974 150	1 006 198	1 470 000

VI-8 les ressources non conventionnelles en Algérie :

Selon la loi n° 05-12 de 2005 relative à l'eau, les ressources en eau non conventionnelles font partie du domaine public hydraulique naturel et sont constituées de :

- les eaux de mer dessalées et les eaux saumâtres déminéralisées dans un but d'utilité publique ;
- les eaux usées épurées et utilisées dans un but d'utilité publique ;
- les eaux de toute origine injectées dans les systèmes aquifères par la technique de recharge artificielle.

VI-9-2 eaux usées épurées :

Pour faire face à la situation de pénurie, l'optimisation de l'utilisation de l'eau ainsi que sa préservation contre la pollution s'avèrent plus qu'indispensable. La mobilisation des ressources en eau non conventionnelle est devenue une priorité du secteur de l'eau en Algérie, pour pallier aux déficits régionaux en eau conventionnelle en assurant une sécurité future en matière de mobilisation de l'eau.

Pour cette raison, l'état a mobilisé un budget conséquent pour la construction de stations d'épuration des eaux usées (STEP) dans un objectif primaire de lutter contre la pollution des cours d'eau naturel par les rejets des eaux usées urbaines, l'optimisation des technologies d'épuration des eaux usées permet la valorisation des eaux usées épurées à travers la réutilisation en agriculture en industrie et dans le municipalité cela permettrait d'économiser les ressources en eau conventionnelles.

Le volume globale des eaux usées rejetées au niveau national est estimé à 750 millions de m³ et dépassera 1,5 milliards de m³ à l'horizon 2020. Le nombre de stations d'épuration domestique (STEP) en exploitation en Algérie est de 102 (52 STEP + 50 lagunes), le volume global des eaux usées traitées est de 570 hm³/an. Le nombre de STEP en cours de réalisation est de 176 (87 STEP + 89 lagunes), ces derniers assurent une capacité de 355 hm³/an (Kessira, 2013). la capacité totale installée, après l'achèvement de ce programme est de 925 millions de m³/an, c'est-à-dire l'équivalent de 10 barrages de moyenne capacité. (Kessira, 2013)

VI-9-2-1 superficie irrigable à partir de la STEP de Boumerdes :

En se basant sur les besoins en eaux indicatifs illustrés dans le chapitre avant pour chaque STEP des superficies théoriquement irrigables à partir des eaux usées épurées de la STEP peuvent être estimées. Toutefois il s'agira d'un exercice plutôt théorique qui ne donnera qu'une idée globale des potentialités. Dans le cadre de la présente étude le Consultant ne prétend donc pas à indiquer les vraies potentialités pour chaque STEP mais ne donne qu'une idée globale. Avant toute implantation d'un périmètre éventuel basé sur l'utilisation des eaux usées épurées des études approfondies sur les aptitudes des sols pour les cultures agricoles est à faire Complémentaire avant toute lancement d'une opération de développement une étude complète de faisabilité qui concernera les études techniques pour les infrastructures, les études socio-économiques (surtout pour l'acceptation des bénéficiaires d'irriguer avec les eaux usées épurées et l'étude du marché pour les produits agricoles) et les études financières et économiques pour chaque périmètre sera à faire pour évaluer la faisabilité.

Tableau 3 : Analyse ad-hoc des potentialités théoriques de superficies irrigables

	STEP		Besoins des cultures							
Mois	Boumerdès	Boumerdès	Vigne		Agrumes		Pommes de terre		Fourragère	
	m ³ /jr	m ³ /mois	m ³ /mois	ha						
janvier	12,764	382,914	188	2,036	244	1,570	155	2,470	0	
février	12,945	388,339	181	2,146	422	920	441	880	333	1,168
mars	13,257	397,703	256	1,554	597	666	979	406	826	482
avril	12,528	375,840	325	1,156	722	520	1,280	294	1,109	339
mai	9,369	281,081	394	713	819	343	1,448	194	1,345	209
juin	12,916	387,490	452	857	874	443	452	857	1,542	251
juillet	14,335	430,065	1,017	423	950	453			1,706	252
août	13,737	412,123	1,271	324	929	444			1,485	277
septembre	13,116	393,470	991	397	724	544			1,372	287
octobre	12,860	385,790	697	554	515	749				
novembre	11,981	359,420	447	804	338	1,063				
décembre	9,271	278,141	330	844	262	1,063				
Superficie maximale sans pluviométrie				324		343		194		209

VI-10 Différentes réglementations de la REUE dans le monde :

Trois différents critères doivent être satisfaits pour permettre la réutilisation des eaux usées traitées pour l'irrigation. Ces critères sont:

- Un critère microbiologique : l'eau ne doit pas comporter de germes pathogènes qui pourraient mettre en danger la santé des travailleurs agricoles, les voisins des champs irrigués et les consommateurs des produits agricoles,
- Un critère chimique: la qualité chimique de l'eau ne doit pas avoir des effets négatifs sur le développement de la plante,
- Un critère mécanique: le risque de colmatage des installations d'irrigation, en particulier dans les méthodes d'irrigation par aspersion ou par goutte à goutte, doit être évité.

VI-10-1 critère microbiologique :

- Les recommandations de l'OMS ne concernent que l'usage agricole et sont ciblées sur des paramètres exclusivement microbiologiques.
- En 2000, elles ont été révisées, en intégrant les résultats de nouvelles études épidémiologiques (Blumenthal et al. 2000) **Tableau 3**. Les modifications ont

essentiellement porté sur la norme “ œufs d’helminthes ” qui pour certaines catégories est passée de 1 à 0,1 œuf L-1.

- Ces recommandations sont destinées à une utilisation internationale et sont donc adaptées aux pays en voie de développement. Elles représentent la limite au-delà de laquelle la santé publique n’est plus assurée.
- L’OMS a publié en 2006 de nouvelles lignes directrices sur l’utilisation des eaux usées (WHO guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater), qui tiennent compte des situations locales et privilégient les moyens à prendre pour réduire au minimum les risques sanitaires posés par ces eaux. L’approche innove surtout parce qu’elle encourage l’adoption de mesures relativement simples pour protéger la santé à tous les maillons de la chaîne alimentaire. Il s’agit d’une approche à barrières multiples qui cherche à protéger la santé des consommateurs avant que les aliments irrigués au moyen d’eaux usées n’atteignent leur assiette. Cette approche peut inclure la combinaison des éléments suivants: le traitement des eaux usées, la restriction des cultures, les techniques d’irrigation, le contrôle de l’exposition aux eaux usées ainsi que le lavage, la désinfection et la cuisson des produits (OMS, 2012).

a) Dans certains cas particuliers, les facteurs épidémiologiques, socioculturels et environnementaux, devront être prises en compte, et les recommandations modifiées en conséquence.

b) Moyenne arithmétique du nombre d’œufs/l. Les espèces considérées sont Ascaris, Trichuris et l’ankylostome ; la recommandation correspond aussi à une protection contre les protozoaires parasites.

c) Moyenne géométrique e du nombre/100 ml. La moyenne géométrique (G) est définie comme étant la racine du produit des N termes d’une série statistique.

d) Une limite plus restrictives (≤ 200 coliformes fécaux / 100 ml) est appropriée pour les pelouses publiques, comme les pelouses d’hôtels, avec lesquelles le public peut avoir un contact direct.

E) Cette limite peut être augmentée à ≤ 1 œuf/l si (i) il fait chaud et sec et que l’irrigation de surface n’est pas pratiquée ou (ii) le traitement de l’eau contient aussi des traitements chimiothérapeutiques anti-helminthes.

f) Dans le cas des arbres fruitiers, l’irrigation doit s’arrêter deux semaines avant la récolte, et aucun fruit ne doit être récolté au sol. L’irrigation par aspersion ne doit pas être utilisée.

Tableau 4 : Recommandations microbiologiques révisées de l'OMS pour le traitement des eaux usées avant utilisation en agriculture (Blumentahl et coll., 2000)

Catégories	Conditions de réutilisation	Groupes exposés	Techniques d'irrigation	Nématodes intestinaux ^b	Coliformes fécaux ^c	Traitements recommandés pour atteindre le niveau de qualité microbiologique
A	Irrigation sans restriction A1 Pour les cultures maraîchères consommées crues, les terrains de sports, les parcs publics ^d	Travailleurs, consommateurs, public	Toutes	$\leq 0,1^e$	$\leq 10^3$	Série de bassin de stabilisation bien conçus, réservoir de stockage et de traitement remplis séquentiellement, ou traitement équivalent (p.ex. traitement secondaire conventionnel suivi soit d'un lagunage tertiaire, soit d'une filtration et d'une désinfection).
B	Irrigation restreinte. Céréales, cultures industrielles, fourragères, pâturage et forêt ^f	B1 Travailleurs (mais pas les enfants < 15 ans), population alentour	Par aspersion	≤ 1	$\leq 10^5$	Série de bassins de rétention dont un bassin de maturation ou un bassin séquentiel ou un traitement équivalent (p.ex. traitement secondaire conventionnel suivi soit par des lagunages tertiaires, soit une filtration.
		B2 comme B1	Par rigole d'infiltration ou par gravité	≤ 1	$\leq 10^3$	Comme pour la catégorie A.
		B3 Travailleurs dont les enfants < 15 ans, population alentour	Toutes	$\leq 0,1$	$\leq 10^3$	
C	Irrigation localisation sur des cultures de la catégorie B s'il n'y a pas d'exposition des travailleurs ou du public	Aucun	Goutte-à-goutte, micro-jet, etc.	Pas de norme	Pas de norme	Prétraitement nécessaire pour des raisons techniques liées à l'irrigation, mais pas moins qu'une sédimentation primaire.

VI-10-2 qualité chimique :

La FAO a publiée des recommandations, qui sont données dans son ensemble dans le Tableau 5. D'autres organismes ont établis des recommandations complémentaires pour quelques paramètres chimiques. Ainsi, la FAO a fixé, selon la durée de réutilisation, des limites concernant les éléments traces dans les eaux usées traitées destinées à l'irrigation (Tableau 6).

Tableau 5 : Limites recommandées en éléments traces (mg.L⁻¹) dans les eaux usées épurées destinées à l'irrigation (FAO, 2003).

Paramètre	Long terme ^a	Court terme ^b
Aluminium	5.0	20.0
Arsenic	0.1	2.0
Béryllium	0.1	0.5
Bore	0.75	2.0
Cadmium	0.01	0.05
Chrome	0.1	1.0
Cobalt	0.05	5.0
Cuivre	0.2	5.0
Cyanures	0.05	0.5
Fluor	1.0	15.0
Fer	5.0	20.0
Phénols	0.002	0.002
Plomb	5.0	10.0
Lithium	2.5	2.5
Manganèse	0.2	10.0
Mercure	0.01	0.01
Molybdène	0.01	0.05
Nickel	0.2	2.0
Selenium	0.02	0.02
Vanadium	0.1	1.0
Zinc	2.0	10.0

Avec :

^a pour l'eau utilisée sans interruption sur tous les sols.

^b pour l'eau utilisée pendant une période d'au plus 20 ans sur des sols de texture fine, neutres ou alcalin.

Tableau 6 : Directives pour l'interprétation de la qualité de l'eau pour l'irrigation (FAO, 2003)

Problème potentiel en irrigation	Unité	Degré à restriction d'usage		
		Aucun	Léger à modérer	Sévère
Salinité Conductivité électrique ou TDS	dS/m mg/l	< 0,7 450	0,7 – 0,3 450 – 2.000	> 0,3 > 2.000
Infiltration SAR = 0 – 3 et CE = 3 – 6 = 6 – 12 = 12 – 20 = 20 – 40	dS/m	> 0,7 > 1,2 > 1,9 > 2,9 > 5,0	0,7 – 0,2 1,2 – 0,3 1,9 – 0,5 2,9 – 1,3 5,0 – 2,9	< 0,2 < 0,3 < 0,5 < 1,3 < 2,9
Toxicité spécifique des ions Sodium (Na) Irrigation de surface Irrigation par aspersion	SAR méq/l	< 3 < 3	3 – 9 > 3	> 9
Chlorure (Cl) Irrigation de surface Irrigation par aspersion	méq/l méq/l	< 4 < 3	4 – 10 > 3	> 10
Bore	mg/l	< 0,7	0,7 – 0,3	> 3,0
Effets divers Azote (NO₃-N) Bicarbonate (HCO₃)	mg/l méq/l	< 5 < 1,5	5 – 30 1,5 – 8,5	> 30 > 8,5
pH		Gamme normale 6,5 – 8,4		

VI-10-3 problèmes de colmatage :

Tableau 7 : Qualité de l'eau et potentiel de colmatage dans des systèmes d'irrigation
Par goutte source (FAO, 2003)

Problème	Unité	Degré de restriction pour l'usage		
		pas de restriction	Peu modéré	sévère
1) Physique Matières en suspension	Mg/l	<50	50-100	>50
2) Chimique				
pH -	Mg/l	<7.0	7.0 — 8.0	>8.0
Matières dissoutes	Mg/l	<500	500-2000	>2000
Manganèse	mg/l	<0,1	0,1-1,5	>1.5
Fer	Mg/l	<0.1	0.1-1.5	>1.5
Sulfate d'hydrogène	Mg/l	<0,5	0,5-2	>2
3) Microbiologique				
Coliformes totaux	Unités/100 ml	<10 000	10 000— 50000	>50000

VI-11 Les spécifications des eaux usées épurées utilisées à des fins d'irrigation :

- Paramètres microbiologiques :

Tableau 8 : paramètres microbiologiques

Groupes de cultures	Conformes fécaux (CFU/100ml) (œufs/l) (moyenne géométrique)	Nématodes intestinaux (moyenne arithmétique)
Irrigation non restrictive Culture de produits pouvant être consommés crus	< 100	Absence
Légumes qui ne sont consommés que cuits Légumes destinés à la conserverie ou à la transformation non alimentaire	<250	<0_1
Arbres fruitiers⁶ Cultures et arbustes fourrage rs⁷ Cultures céréalières Cultures industrielles⁸ Arbres forestiers Plantes florales et ornementales⁹	Seuil recommandé < 1.000	< 1
Les cultures du groupe précédent (CFU/100ml) utilisant l'irrigation localisée¹⁰¹¹	Pas de norme recommandée	Pas de norme recommandée

- L'irrigation doit s'arrêter deux semaines avant la cueillette. Aucun fruit tombé ne doit être ramassé sur le sol.
- L'irrigation par aspersion est à éviter.
- Le pâturage direct est interdit et il est recommandé de cesser l'irrigation au moins une semaine avant la coupe.
- Pour les cultures industrielles et arbres forestiers, des paramètres plus permissifs peuvent être adoptés.
- Une directive plus stricte (< 200 coliformes fécaux par 100 ml) est justifiée pour l'irrigation des parcs et des espaces verts avec lesquels le public peut avoir un contact direct, comme les pelouses d'hôtels.
- Exige une technique d'irrigation limitant le mouillage des fruits et légumes.
- A condition que les ouvriers agricoles et la population alentour maîtrise
- **Paramètres physico-chimiques :**
Tableau 9 : les paramètres physico-chimiques.

	Paramètres	unité	Concentration maximale admissible
Physiques	pH	-	6.5 < ph < 8.5
	MES	mg.l	30
	CE	ds/m	3
	Infiltration le SAR = 0 - 3 CE		0.2
	3 - 6		0.3
	6 - 12	ds/m	0.5
	12-20		1.3
	20-40		3
Chimiques	DB05	mg/l	30
	DCO	mg/l	90
	Chlorure (Cl)	meq/l	10
	Azote (N03-N)	mg/l	30
	Bicarbonate (HC03)	meq/l	8.5
Eléments	Aluminium	mg/l	20.0
Toxiques 12	Arsenic	mg/l	2.0
	Béryllium	mg/l	0.5
	Bore	mg/l	2.0
	Cadmium	mg/l	0.05

Chrome	mg/l	1.0
Ccb3lt	mg/l	5.0
Cuivre	mg/l	5.0
Cyanures	mg/l	0.5
Fluor	mg/l	15.0
Fer	mg/l	20.0
Phénols	mg/l	0.002
Plomb	mg/l	10.0
L thium	mg/l	2.5
Manganèse	mg/l	10.0
Mercure	mg/l	0.01
Molybdène	mg/l	0.05
Nickel	mg/l	2.0
Vanadium	mg/l	1.0
Zinc	mg/l	10.0

VI-11-1 Station d'épuration de Boumerdes :

Dans le tableau suivant les valeurs minimales, les valeurs maximales et les valeurs moyennes de la qualité de l'effluent de la STEP sont comparées aux valeurs limites.

Tableau 10 : Evaluation du canevas d'exploitation de la STEP Boumerdes

STEP Boumerdès		Min	Max	Moyenne	Limite
Jan.-Déc. 2011					
DCO	[mg/l]	7,0	98,0	29,8	90
DB05	[mg/l]	1.0	30,0	10,5	30
MeS	[mg/l]	2,0	30,0	13,5	30
NH₄-N	[mg/l]	0,0	38,0	9,5	-
NO₃-N	[mg/l]	0,0	11,0	2,2	30
P	[mg/l]	0,1	12,4	2,5	-
PH	[-]	6,74	7,75	7,35	-
Conductivité	[microS/cm]	1.029	1.384	1.255	-

VI-12 Résultat et discussion :

VI-12-1 Evaluation de la qualité physico-chimique des EUE de la STEP de Boumerdes :

Les résultats de la qualité des EUE de la STEP montrent qu'ils sont conformes à la réglementation (norme de réutilisation en irrigation : Arrêté interministériel du 8 safar 1433 correspondant au 2 janvier 2012 fixant les spécifications des eaux usées épurées utilisées à des fins agricoles), pour l'année 2011 comme vous pouvez l'observer dans l'annexe 5. Notamment la conductivité électrique dont la moyenne est de 1254,95 uS/cm en 2011 ce qui est inférieur à la limite de la norme de 3000 uS/cm.

D'après les résultats obtenus on constate que le rendement d'élimination des : MES, DBO5 et DCO est plus élevé, ce qui signifie un bon traitement de ces paramètres dans cette station.

VI-12-2 Analyse des métaux lourds dans les EUE de la step de Boumerdes et des bassins de stockage des exploitants :

Les résultats des analyses des métaux lourds dans les EUE de la step de Boumerdes et les bassins de stockages des exploitants sont représentées dans l'annexe 6.

D'après ces résultats obtenus , on constate une conformité des EUE produites par la STEP de Boumerdes avec absence de dépassement des seuils limites fixés par la réglementation pour les EUE destinées à la réutilisation en irrigation agricole à savoir l'arrêté interministériel du 8 safar 1433 correspondant au 2 janvier 2012 fixant les spécifications des eaux usées épurées utilisées à des fins d'irrigation , cela est due à l'origine des eaux usées brutes qui sont à dominante urbaine ce qui implique une absence de contamination aux métaux lourds issue des industries.

VI-12-3 Caractéristique microbiologique des EUE de la STEP de Boumerdes :

Les résultats d'analyse microbiologique des EUE prélevées au niveau de la sortie de la STEP de Boumerdes, et les résultats d'analyse bactériologique des EUE prélevées au niveau des bassins de stockage représenté dans l'annexe 7.

Nous révèle une augmentation de taux de coliforme au niveau de bassin de stockage (2419.6 UFC/100 ml) des EUE, en comparaison avec la sortie de la STEP (1986.3 UFC/100ml), cela est peut-être dû à certaines souches de coliformes, en particulier celle d'*Aerobacter aerogenes*, qui peuvent se multiplier dans les eaux polluées et ainsi fausser les données d'âge et d'intensité de la pollution (Deaner, et al .,1969) .

VI-12-4 Impact de l'irrigation par les EUE sur les propriétés granulométriques et physicochimiques des sols :

L'évaluation qualitative de l'effet de l'irrigation par les EUE a été réalisée à l'échelle des parcelles irriguées avec les échantillons des sols prélevés à la tarière de manière systématique aux profondeurs de 0-20 , 20-40 , 40-60 cm. Une parcelle non irriguée aux EUE a été prise comme témoin.

L'étude de l'impact de l'irrigation par les EUE sur la qualité physico-chimique du sol se focalise sur les paramètres pédologique influencent la salinité et la fertilité des sols. Le facteur le plus particulièrement discuté est l'effet de la durée d'irrigation (5 à 10 ans) ce qui représente le court et le moyen terme.

VI-12-4-1 analyse granulométrique :

L'analyse granulométrique du sol des parcelles irriguées au EUE et de sol témoin ainsi que l'examen sur le terrain montrent :

0-20 cm : ocre rouge, sec, texture limono-sableuse fine, structure particulière, non cohérente, horizon peu organique, effervescence à HCL nul, racine peu abondante, cailloux en surface remontée par les labours profond. Limite ondulée nette.

20-40 cm : ocre rouge, sec, texture limono-sableuse fine, structure polyédrique anguleuse grossière, cohérente très compacte, effervescence à HCl nulle, racine peu abondantes, porosité visible à l'œil nu, précipitation et concrétions noirâtre remplissant les vides, mycéliums bien développés à la surface des agrégats, présence de quelques nodules calcaire millimétriques. Limite ondulée progressive.

40-60 cm (horizon de transition) : beige clair, sec texture limono-sableuse fine, structure polyédrique anguleuse fine, cohérente et compacte, effervescence à HCl nulle, racines peu abondantes, fentes peu abondantes. Limite angulée nette.

Les résultats de l'analyse granulométrique sont représentés dans l'annexe 8

L'analyse granulométrique décrit les proportions relatives à des divers tailles des particules solides du sol (argile limon et sable) ; l'analyse des échantillons de ces profils fait ressortir la dominance des sables et des limons en surface alors la texture est sablo-limoneuse.

L'irrigation par les EUE n'a pas entraîné un changement de la composition granulométrique du sol. Les valeurs de granulométrie de tous les horizons du sol irrigué sont en effet comparables à celle du témoin.

VI-12-4-2 Caractérisation physicochimique du sol :

Les résultats de la caractérisation physicochimique des horizons de sol sont représentés dans l'annexe 9

*Calcaire total :

Le taux de calcaire total montre une faible variabilité et il est très faible dans tous les profils étudiés ainsi qu'entre les horizons, ces taux sont concordants avec l'absence d'effervescence à HCl et montrent le caractère non-calcaire des sols étudiés.

*PH des sols : les résultats sont représentés dans l'annexe 10

à l'échelle des parcelles irriguées aux EUE, le PH est légèrement acide, le PH eau varie de 6.66 à 6.89 dans le premier niveau de ce sol, la parcelle témoin présente un PH légèrement moins acide 6.92.

Le niveau intermédiaire paraît plus alcalin avec un PH variant de 6.50 à 6.90, la parcelle témoin présente un PH de 6.75. Le troisième niveau est comparable à celui du niveau intermédiaire et indique un PH légèrement acide variant entre 6.38 et 6.86 et avec un PH du sol témoin de 6.71. Concernant le pH-KCl, il est également légèrement acide. Les valeurs varient entre 6,03 à 6,49 dans le premier niveau avec le sol témoin de pH-KCl de 6,45, entre 5,88 et 6,60 avec le sol témoin de pH-KCl de 6,25 dans le second et entre 5,80 et 6,50 dans le troisième niveau avec un sol témoin de 6,17.

Ainsi on remarque que les valeurs du pH-KCl sont toujours inférieures à celles du pH-eau, témoignant d'un sol chargé en cations basiques échangeables. Par ailleurs, le pH du sol irrigué par les EUE est proche de celui du sol témoin non irrigué.

À l'échelle des profils pédologiques, en comparant les résultats obtenus, on constate, les valeurs du pH-eau sont du même ordre de grandeur et ne varient pas significativement avec la profondeur.

Le pH-eau mesuré sur l'ensemble des échantillons montre également un caractère acide. Cependant, le pH du sol irrigué par les EUE montre une légère diminution du haut en bas du profil. Par rapport au sol témoin on constate que le pH-eau est plus faible dans tous les échantillons prélevés dans le sol irrigué par les EUE et pour les différents niveaux. On peut supposer que l'irrigation a entraîné une diminution du pH de ce sol.

VI-12-4-3 Matières organiques :

Les résultats obtenus sont dans l'annexe 11

Dans les parcelles étudiées le taux maximum en matières organiques (MO) (de l'ordre de 2,17%) est détecté dans le niveau de surface de la parcelle n°1. D'une manière générale, les teneurs les plus élevées ont été trouvées dans les niveaux superficiels. On remarque également que les teneurs en MO du sol diminuent avec la profondeur.

En revanche, le taux de MO détecté dans le sol témoin non irrigué est de l'ordre de 1,94 %. Les valeurs plus élevées enregistrées dans les niveaux de surface du sol irrigué, suggèrent une accumulation de la matière organique suite à l'irrigation par les EUE. On remarque toutefois que dans certains points d'échantillonnage les teneurs en MO sont moins importantes que celles trouvées dans le sol témoin.

En effet, l'irrigation avec les EUE n'entraîne pas de façon systématique une accumulation de matière organique dans le sol et le phénomène inverse peut même être observé. En effet, suite à leur richesse en éléments fertilisants et en oligoéléments, les EUE stimulent l'activité microbologique du sol (Magesan, et al., 2000, Ramirez-Fuentes, et al., 2002), favorisant la minéralisation du carbone organique du sol, lorsque les conditions sont favorables, ce qui entraîne une baisse du taux de la MO dans le sol. (Solis, et al., 2005, Herpin U., et al., 2007).

En guise de conclusion on peut dire que les sols de la région sont très pauvres en matière organique et un apport en EUE ne fait qu'améliorer les propriétés physicochimiques en

premier lieu et nous sommes loin des risques de pollution

VI-13 Impact de l'irrigation par les EUE sur les produits agricoles :

Afin d'évaluer la qualité microbiologique des produits agricoles issues des cultures irriguées au EUE, des échantillons de raisin de table de variété sabelle ont été prélevé à partir de l'exploitation, les paramètres microbiologique suivant ont été évalué sur 5 détermination. Les résultats des analyses bactériologiques sont présentés dans l'annexe 12.

Les résultats des analyse microbiologiques sur les produits agricoles (Raisin de table de variété Sabelle) issue des exploitations de Ben Rahmoun et Flici et irrigues par des EUE, montrent une qualité microbiologique acceptable. Cela est due à l'absence de contact entre les EUE d'irrigation et les fruits à cause de l'adoption par les exploitations de l'irrigation localisée en goutte a goutte, et l'interdiction de l'irrigation par aspersion. En outre l'irrigation avec des eaux usées épurées est permise à condition que l'on cesse l'irrigation au moins deux semaines avant la récolte, Les fruits tombés au sol ne sont pas ramassés et sont à détruire.

VI-14-1 Solution qu'on peut apporter pour les bassins de stockages :

Pour bénéficier au maximum de ces eaux qui nous échappent le plus par filtration on propose

Un ouvrage avec de la **géomembranes**.

Les **géomembranes** sont des géosynthétiques assurant une fonction d'étanchéité. Elles sont généralement utilisées pour remédier aux pertes d'eau par infiltration, ou pour éviter la migration de polluants dans le sol. (Source : Wikipédia/ géomembranes).

L'appellation **géomembrane** est soumise à la norme AFNOR NFP 84-500.

Les **géomembranes** sont des produits adaptés au génie civil, minces, souples, continus, étanches aux liquides mêmes sous des sollicitations de service.

Dans l'état actuel des techniques, ni les produits de faible épaisseur fonctionnelle (inférieure à 1mm), ni les produits dont l'étanchéité est assurée uniquement par un matériau argileux, ne sont considérés comme des **géomembranes**.

Elles sont généralement fabriquées en polyéthylène, haute et basse densités (HDPE, VFPE), en bitume élastomère, en polypropylène (PP) ou en chlorure de polyvinyle (PVC).

Elles sont généralement stockées sous forme de rouleaux de longueurs et largeurs différentes, pouvant aller de 1m par 10m pour les géomembranes bitumineuses à 7,5m par 200m pour les **géomembranes** en polyéthylène par exemple.

Elles sont utilisées en génie civil, bâtiment, agriculture, environnement et industries.

En génie civil elles font partie de la famille des géosynthétiques.

Elles sont souvent thermosoudables pour réaliser les joints dans des conditions de qualité et de fiabilité optimales.

*Domaines d'emploi :

Les utilisations les plus répandues sont :

- Étanchéité des bassins d'eau ;
- Étanchéité des retenues collinaires ;
- Étanchéité des bassins de rétention anti-pollution ;
- Étanchéité de murs enterrés ;
- Barrière active des casiers de stockage de déchets;
- Confinement de déchets liquides.

- **Mise en œuvre :**

Lors de la réalisation d'un ouvrage nécessitant une **géomembrane**, le choix du matériau et de l'épaisseur de cette dernière dépend de plusieurs critères tels que : la nature du support (béton, terrain argileux...), le type de produit en contact (eau, hydrocarbure, produits chimiques...) ainsi que la vocation de l'ouvrage (confinement, rétention permanente ou temporaire...).



Figure 3 : images d'un bassin en géomembrane

VI-15 aperçu sur le développement de nos ressources en eau dans le futur on ce qui concerne notre zone d'étude :

La zone qui longe vers la step de Boumerdes va augmenter du nombre d'habitant ce qui provoque une augmentation du volume d'eau, ce qui nous donne une ressource en eau acquis, et un potentiel a exploité.

Et on pourra avoir une assurance en eau sans attendre la pluviométrie

VI-16 doit-on prendre ce risque comme solution ultime pour protéger notre agriculture ?

D'après ces résultats qu'on a pu établir et ce qui précède, à mon avis cette solution me parait la seule qu'on a, malgré le cout des constructions des stations de pompage qui s'avère élevé on peut prendre cette action comment un investissement à long terme.

Conclusion :

Le présent travail consiste à étudier l'impact de l'irrigation par des EUE sur le sol des parcelles ayant été soumises à ce type d'irrigation à moyen terme (10 ans) situées dans la willaya de Boumerdes.

L'étude comporte :

- Evaluation de la qualité des EUE utilisées par les agriculteurs,
- Etude granulométrique et physico-chimique de sol,
- Etude la microflore des sols,
- Evaluation de la contamination des produits agricoles.

Et d'après ces résultats on constate que les EUE ne porte aucune pollution conséquente mais au contraire il enrichisse le sol des paramètres manquant comme exemple la matière organique né au moins cette méthode exige tout un aspect de sécurité pour l'hygiène et la santé public.

CHAPITRE VI :
DIMENSIONNEMENT DU
RESEAU D'IRRIGATION

Introduction

Le présent chapitre concerne le dimensionnement du réseau d'irrigation localisée (le système goutte à goutte), dont les principales caractéristiques ont été définies précédemment. Pour ce projet, nous avons choisi d'étudier la culture la tomate industrielle qui est la culture la plus exigeante.

Le dimensionnement se fera pour la culture la plus exigeante qui est la tomate industrielle d'une superficie égale à 5 ha.

VI.1.Données générales :

Dans ce projet le dimensionnement sera pour la culture la plus exigeante (tomate industrielle) pour une superficie de 5 hectares

Le dimensionnement du réseau d'irrigation localisée nécessite la connaissance de données de base comme la surface de la parcelle, les besoins journaliers et le temps maximum journalier de travail.

Culture : tomate industrielle

- Espacement entre arbres : 0.50m
- Espacements entre rangs : 1 m
- Besoins de pointe : 239.34 mm

Caractéristique de la gaine souple :

- Débit nominal : 2 l/h
- Pression nominal : 10 m.c.e
- Espacement entre les distributeurs : 0.50 m

VI-1-1 les besoins en eau De la culture la plus exigeante :

Parmi toutes ces cultures on a constaté qu'au mois de juillet qui est le mois de pointe, la culture la plus exigeante est la tomate industrielle, donc on l'adopte pour l'application de la loi de débit. L'estimation de ses besoins sera comme celle du débit fictif continue :

$$B_{\text{net}} = 239.34 \text{ mm/ha}$$

$$q = \frac{B_{net} \cdot 10^3}{3600 \times E \times D \times j} = \frac{239,34 \cdot 10^4}{3600 \times 0,75 \times 22 \times 30} = 1.34 \text{ l/s/ha}$$

Le débit spécifique $q_s = 1,34 \text{ l/s/ha}$ est inférieur à $1,5 \text{ l/s/ha}$ donc c'est vérifié

$$Q_{car} = 1.34 \cdot 5 = 6.7 \text{ l/s}$$

$$Q_j = 578.88 \text{ m}^3/\text{j}$$

VI-2 CALCUL du volume d'eau annuel :

$S_{vigne} = 90 \text{ ha}$, $S_{agrume} = 10 \text{ ha}$, $S_{olive} = 2 \text{ ha}$, $S_{tomate} = 5 \text{ ha}$

$$V_{vigne} = 466.93 \cdot 90 = 42023.7 \text{ m}^3$$

$$V_{agrume} = 564.57 \cdot 10 = 5645.7 \text{ m}^3$$

$$V_{olive} = 559.4 \cdot 2 = 1118.8 \text{ m}^3$$

$$V_{tomate} = 724.08 \cdot 5 = 3620.4 \text{ m}^3$$

$$V_{tot} = 52408.6 \text{ m}^3$$

$V_{tot} < V_{step} = 369\,417.6 \text{ m}^3$: donc le volume de la step sera suffisant.

L'irrigation se fait à partir des bassins de stockage en terre existant dont la capacité est de 8000 et 3000 m³ à l'aide de 3 pompes, alimentées par la STEP de Boumerdes.

Caractéristiques de la conduite d'amenée :

- la longueur de la conduite est 5.1 km et 315 mm de diamètre en PEHD .

VI-3 DIMENSIONNEMENT DU RESEAU DE DISTRIBUTION :

L'acheminement des eaux épurées vers les différents bassins de stockage s'effectue par pompage ET à l'aide de conduite en PEHD, le périmètre se compose de 22 parcelles

VI-4 DIMENSIONNEMENT DE RESEAU D'IRRIGATION EN GOUTTE A GOUTTE :

Un réseau d'irrigation est l'ensemble d'organes, d'ouvrages et appareils qui assurent le transport, la répartition et la distribution à chaque exploitation agricole, dans chaque parcelle des eaux destinées à l'irrigation, sans oublier par ailleurs les organes qui doivent éventuellement évacuer les eaux en excès.

Dans ce chapitre de faire un calcul théorique du réseau de distributions à l'aide de gaines rigide

VI-4-1 Pour la tomate industrielle :

*** Besoins en eau journaliers max :**

$$B_{max} = 239.34 \text{ mm/mois}$$

Donc les Besoins journaliers max correspondent à $B_{maxj} = (239.34/31) = 7.72 \text{ mm/jour}$ pour le mois de juillet

*** Temps maximum de travail :**

Temps maximum journaliers de travail 22h/24h.

*** Détermination des données de bases :**

Surface a irriguée : $S(t) = 5 \text{ ha}$

Pour nos cultures en utilise généralement 1 distributeur de débit $q(g) = 2 \text{ l/h}$.

*** Les besoins net en irrigation localisée :**

$$B_{net} = B_{max} \cdot K_r \text{ mm/ jour ;}$$

K_r = coefficient de réductions ;

La formule de Decroix (CTGREF) : $K_r = 0.1 + C_s$;

C_s = Le taux de couverture selon le type de culture ;

On prend $C_s = 0.7$;

$$K_r = 0.8 ;$$

$$B_{net} = 7.72 \times 0.8 = 6.18 \text{ mm /j.}$$

*** Besoins brut :**

$$B_{brut} = B_{net} / R_p ;$$

R_p = rendements de l'irrigation a la parcelle ;

$$R_p = E.C_u / 100 = 1 \times 0.9 = 0.9 ;$$

$$B_{brut} = 6.18 / 0.9 = 6.86 \text{ mm/j.}$$

*** Calcul la dose nette pratique :**

$$D_{\text{net p}} = \text{RFU} * P ;$$

P : pourcentages de sol humidifié ;

$$D_{\text{net p}} = 30 \times 1 = \mathbf{30 \text{ mm.}}$$

*** La dose brute pratique :**

$$D_{\text{brute p}} = D_{\text{net p}} / R_p \quad D_{\text{brute p}} = 30 / 0.9 = 33.33 \text{ mm.}$$

*** La Fréquence d'arrosage sera :**

$$F = D_{\text{net}} / B_{\text{net}} = \mathbf{30 / 6.18 = 4.85 \text{ j.}}$$

Donc on prend $F = 5$ jours

*** Durée de l'arrosage :**

$$\theta = \frac{D_b * S_a * S_r}{n * qg}$$

$$\theta = \frac{33.33 * 1 * 0.5}{1 * 2} = 8.33 \text{ h / mois.}$$

*** La Durée d'arrosage journalier(h) :**

$$D = \theta / F = 8.33 / 5 = \mathbf{1.66 \text{ heure.}}$$

On a la surface irriguée de tomate industrielle est de 5 ha de dimension $L = 250 \text{ m}$, $l = 200 \text{ m}$.

*** Nombre de distributeurs par rampe(m) :**

Le nombre de distributeurs par rampe sera calculé comme suit :

$$N_g = (L_r / E_a) * n ;$$

Tel que L_r : Longueur de la rampe, $L_r = 200 \text{ m}$;

$$N_g = (200 / 0.5) * 1 = \mathbf{400 \text{ distributeurs.}}$$

*** Nombre de rampes :**

$$N_{pr} = L_{pr} / E_r ;$$

Avec **Lpr : Longueur du port rampe, Lr=250 m ;**

Npr=250/1=250 rampes.

VI-7-1-1 Calcul Hydraulique :

*** Débit d'une rampe :**

Qr=Ng.qg/r ;

Qr=400*2=800 l/h Qr=0.22 l/s

*** Débit du port rampe :**

Qr=Qr*Nr ;

Qr= 800*250=200000 l/h Qr= 55,55 l/s

*** Conditions hydrauliques :**

Variation maximale de débits entre goutteurs $\Delta q / q = 10\%$;

Variation maximale de la pression $q = K * H^x$

$$\frac{\Delta q}{q_g} = x * \frac{\Delta H}{H_n}$$

Avec q_g : débit d'un goutteur. ;

H_n : Pression nominale ;

$$0.1 = 0.5 * \frac{\Delta H}{10} \quad \Delta H = 2 \text{ mce} ;$$

La valeur de pertes de charges singulière est estimée à 10% de la variation maximale de pression

Pdc (sing) = 2*0.1=0.2 mce

Pdc (sing) = 0.2 mce

Pdc (linéaire) = 2-0.2 = 1.8 mce

Pdc (linéaire)= 1.8 mce

La répartition de la perte de charge est :

1/3 sur la porte rampe=0.6 mce ;

2/3 sur les rampes=1.2 mce.

*** Calcule le diamètre de la rampe :**

Le diamètre est calculé d'après la formule suivant :

$$\varnothing = \left[\frac{p.d.c(r) \times 2.75}{0.478 \times Q(r)^{1.75} \times L(r)} \right]^{-1/4.75} \quad \mathbf{N^{\circ}01}$$

Avec :

P. d .c (r) : La perte de charge dans la rampe ;

Q(r) : Le débit de la rampe en l/h ;

L(r) : La longueur de la rampe en m.

$$\varnothing(\text{cal}) = \left[\frac{1.2 \times 2.75}{0.478 \times 800^{1.75} \times 200} \right]^{-1/4.75} = 21.84\text{mm} \quad \varnothing \text{ (normalisé)=22 mm}$$

Tableau 1 : Calcule le $\varnothing(\text{cal})$ de la rampe pour la tomate industrielle

Paramètres calculées	Lr(m)	Qr (l/h)	h1(m)	Dcal (mm)	Dn (mm)
résultats	200	800	1,20	21.84	22

*** Calcule le diamètre de la porte rampe :**

$$\varnothing = \left[\frac{p.d.c(pr) \times 2.75}{0.478 \times Q(pr)^{1.75} \times L(pr)} \right]^{-1/4.75} \quad \mathbf{N^{\circ} 01}$$

P. d .c (r) : La perte de charge dans la porte rampe ;

Q (pr) : Le débit de la porte rampe en l/h ;

L (pr) : La longueur de la porte rampe en m.

$$\varnothing(\text{cal}) = \left[\frac{0.6 \times 2.75}{0.478 \times 200000^{1.75} \times 250} \right]^{-1/4.75} = 221.08\text{mm}$$

\varnothing (normalisé)=90 mm

Tableau 2 : Calcule le $\varnothing(\text{cal})$ de la porte rampe pour la tomate industrielle.

Paramètres calculés	Lr(m)	Qpr (l/h)	h1(m)	Dcal (mm)	Dn (mm)
Résultats	250	200000	0,60	221.08	250

VI-5 CALCUL DE LA CANALISATION PRINCIPALE :

Pour le 1ere bassin de stockage de volume =3000 m³

On a : la culture qui est alimenté par ce bassin est la vigne.

$$q_s = (165.98 * 10000) / (0.75 * 22 * 30 * 3600) = 0.93 \text{ l/s/ ha}$$

La vitesse de l'eau devra être inférieure à 1.5m/s

Le cas le plus défavorable v=1.5m/s.

Avec Qcar== 0.93 *30= **27.9 l/s** = 0,0279 m³/s

$$D_{cal} = \sqrt{\left(\frac{4 * Q}{\pi * v}\right)} = 0,153m$$

On prend **Dn= 160 mm**

Calcul de la vitesse :

$$Q = v * S$$

$$V = Q / S = 0.0279 / 0.02 = 1.395 \text{ m/s.}$$

* Pour le 2eme bassin de stockage de volume =8000 m³

On a :

La culture la plus exigeante dans ce périmètre qui est alimenté par ce bassin est la tomate industrielle.

$$Q_s = 1.34 * 77 = 103.18 \text{ l/s} = 0.103 \text{ m}^3/\text{s}$$

La vitesse de l'eau devra être inférieure à 1.5m/s

Le cas le plus défavorable $v=1.5\text{m/s}$.

$$D_{cal} = \sqrt{\left(\frac{4 * Q}{\Pi * v}\right)} = 0,295\text{m}$$

On prend **Dn=315mm**

Calcul de la vitesse :

$$Q = v * s$$

$$V = Q / S = 0.103 / 0.078 = 1.32 \text{ m /s.}$$

CHAPITRE VII : ETUDE TECHNICO-ECONOMIQUE

Chapitre VII Calcul technico-économique

Introduction

L'étude économique d'un projet est indissociable de l'étude technique, car c'est à partir de ses résultats qui vont nous orienter vers la faisabilité économique du projet.

À titre d'exemple nous pouvons citer les enjeux de l'étude technico-économique :

- L'enveloppe à débloquer pour la réalisation du projet et sa disponibilité.
- Les intérêts économiques et sociaux du projet face à l'importance de l'enveloppe Budgétaire débloquée.

Dans le cadre de notre travail, l'étude qui va suivre n'a pour but que de donner une

Estimation générale sur le coût que peut occasionner un projet de ce genre.

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

VII-1 Devis de réseau d'irrigation localisée pour la culture la plus exigeante (tomate industrielle d'une superficie de 5 ha)

Les globaux des pièces sont présentés dans le tableau suivant.

Tableau 1 : Factures pro-forma des pièces du réseau d'irrigation

Pièces	Unité de mesure	Quantité	Prix unitaire (DA)	Montant (DA)
TubeØ20 PEBD	m/l	8400	30.78	258552
TubeØ90 PEHD	m/l	250	392.50	98125
TubeØ315 PEHD	m/l	537.8	4684.62	2519388.64
Vanne Ø90	U	1	4500	4500
Goutteur réglable	U	4200	7.86	33012
Filtre à tamis métallique	U	1	13500	13500
Manomètre glycérine 10bars	U	1	832.92	832.92
TOTAL 1				2927910.56

VII-2-1 Calcul du volume de terrassement :

VII-2-1-a Largeur du fond de la tranchée :

La largeur d'ouverture de tranchée est obtenue par la formule :

$$B = d + (0.5-1.2) \dots\dots\dots(1)$$

Avec :

B : largeur de la tranchée (m)

d : diamètre de la conduite (m)

VII-2-1-b Profondeur de la tranchée :

La profondeur de la conduite doit permettre la réalisation correcte des branchements particuliers, empêcher toute intercommunication avec les autres conduites.

2

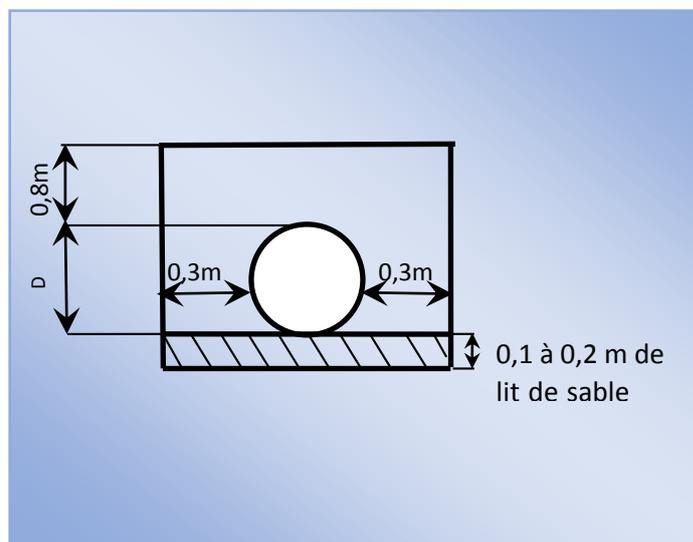


Figure 1 : Schéma d'une tranchée

$$H = e + d + h \text{ (m)} \dots\dots\dots(2)$$

Avec :

H : profondeur de la tranchée. (m)

e : hauteur de lit de pose. (m)

d : diamètre de la conduite. (m)

h : la hauteur du remblai au-dessus de la conduite.

VII-2-2 La conduite principale :

VII-2-2-a Calcul du volume de déblai :

La surface à calculer est la surface rectangulaire

$$S=B*H \dots\dots\dots(3)$$

$$B = d + (0.5-1.2)$$

$$\text{Donc : } B=1+ \emptyset$$

$$H= 1+ \emptyset \text{ m}$$

Les résultats obtenus sont représentés dans le tableau V-2

Tableau 2: calcul du volume de déblai

Diamètre (mm)	longueur de la conduite (m)	largueur d'une tranchée b :(m)	Hauteur de La tranchée(m)	Volume de déblai (m3)
315	537.8	0.915	1.215	597.89

VII-2-2-b Calcul du volume de lit de sable :

Ce lit correspond à une couche de sable de 10 cm sur le fond de la tranchée, donc c'est une surface constante le long de la tranchée, on calcule cette surface en utilisant la formule suivante

$$V= e*b*L$$

Tableau 3 : calcul du volume de sable

E	Longueur(m)	Largeur(m)	Volume (m 3)
0.1	537.8	0.915	49.20

VII-2-2-c Calcul du volume de remblai :

Ce volume est déduit à partir du volume du déblai, c'est le volume qu'occupe la conduite et le volume occupé par le lit de sable ;

$$V_r = V_d - (V + V_s)$$

V_r : Volume du remblai compacté (m³)

V_d : Volume du déblai (m³)

V_s : Volume du sable

V : Volume occupé par la conduite (m³) ; $V = L * (\frac{\pi D^2}{4})$

L : Longueur de la conduite

D : Diamètre de la conduite.

Dont les volumes des travaux pour la conduite sont représentés dans le tableau V-4.

Tableau 4 : Calcul du volume de remblai

Diamètre (mm)	Déblai (m3)	Conduite (m)	Sable (m3)	Remblai (m3)
315	597.89	537.8	49.20	41.91

VII-2-3 Devis estimatif pour le terrassement :

Tableau 5 : Factures pro-forma terrassement.

Désignation des travaux	Unité	Quantité	Prix unitaire DA	Montant DA
1) déblai en terrain	m3	597.89	300	179367
2) lit de sable	m3	49.20	800	39360
3) remblaiement de la tranchée	m3	41.91	250	10477.5
TOTAL 02				229204.5

VII-2-4 Devis estimatif total :

$$D = \text{total 01} + \text{total 02} = 3157115.06 \text{ DA.}$$

Les prix unitaires sont fournis par la STPM-CHIALI en toute taxe.

- **La rentabilité du projet :**

On suppose que le rendement du terrain nous donne une quantité approximative de 250 quintaux par hectare.

Ce qui fait une quantité de $250 * 5 = 1250$ quintaux

On suppose que la valeur du kilo sur le marché de gros est estimée à 30 da.

- **Le cout rapporté par la tomate industrielle :**

$$T = 1250 * 100 * 30 = 3750000 \text{ da}$$

On remarque que le cout de revient de cette culture (tomate industrielle) et qui est égale à 3750000 da est nettement supérieure a 3157115.06 da (cout du projet).

Ce qui rend notre projet rentable.

Conclusion

D'après le coût de la projection des réseaux que nous avons obtenus, on remarque que l'estimation financière du réseau d'irrigation localisée est relativement importante. Cette élévation est due à l'utilisation d'un nombre de conduites et accessoires assez important, et a la filtration qui demande des équipements trop chers.

Cependant, tenant compte des potentialités qu'offre la wilaya Boumerdes, le projet est rentable à court terme.

CONCLUSION GENERALE

Dans notre présent travail, nous avons étudié la possibilité des différentes phases de réalisation d'un projet d'irrigation avec les eaux usées épurées dans une zone pilote.

Du point de vue environnemental, la récupération et la réutilisation de l'eau usée urbaine épurée pour l'irrigation constituent probablement l'approche d'élimination la plus sûre et la plus réaliste ; et ceci pour couvrir les besoins croissants en eaux dans la région de Boumerdes, mais aussi pour se conformer au règlement relatifs au rejet des eaux usées, en vue de la protection de l'environnement et de la santé public.

Tout ce potentiel d'eau qui s'évapore dans la nature par peur des conséquences de son utilisation, et tout en espérant que notre travail puisse servir d'avant-projet à une éventuelle étude d'irrigation en Algérie , les résultats on conclue que la réutilisation des eaux usées épurées avec un bon traitement a la baise peut fournir de meilleur résultat à court et à long terme sur la texture du sol et ainsi sur le produit consommable.

Il sera important de fournir au agriculteur l'information requise pour les aider a amélioré la gestion de l'eau usée épurée, utilisée pour l'irrigation et des boues résiduaire servant à la fertilisation.

Annexe 1 : Valeurs minimales et maximales de Z pour diverses cultures

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

Annexe 2 : Coefficient culturel Kc de chaque culture

2. COEFFICIENTS CULTURAUX (Kc)

CULTURE	Stades de développement de la culture					Durée totale de la période végétative
	Initial	Développement	Mi-saison	Arrière saison	Récolte	
Banancier tropical	0.4-0.5	0.7-0.85	1.0-1.1	0.9-1.0	0.75-0.85	0.7-0.8
Banancier subtropical	0.5-0.65	0.8-0.9	1.0-1.2	1.0-1.15	1.0-1.15	0.85-0.95
Haricot vert	0.3-0.4	0.65-0.75	0.95-1.05	0.9-0.95	0.85-0.95	0.85-0.9
Haricot sec	0.3-0.4	0.7-0.8	1.05-1.2	0.65-0.75	0.25-0.3	0.7-0.8
Chou	0.4-0.5	0.7-0.8	0.95-1.1	0.9-1.0	0.8-0.95	0.7-0.8
Coton	0.4-0.5	0.7-0.8	1.05-1.25	0.8-0.9	0.65-0.7	0.8-0.9
Raisin	0.35-0.55	0.6-0.8	0.7-0.9	0.6-0.8	0.55-0.7	0.55-0.75
Arachide	0.4-0.5	0.7-0.8	0.95-1.1	0.75-0.85	0.55-0.6	0.75-0.8
Mais doux	0.3-0.5	0.7-0.9	1.05-1.2	1.0-1.15	0.95-1.1	0.8-0.95
Mais grain	0.3-0.5*	0.7-0.85*	1.05-1.2*	0.8-0.95	0.55-0.6*	0.75-0.9*
Oignon sec	0.4-0.6	0.7-0.8	0.95-1.1	0.85-0.9	0.75-0.85	0.8-0.9
Oignon vert	0.4-0.6	0.6-0.75	0.95-1.05	0.95-1.05	0.95-1.05	0.65-0.8
Pois, frais	0.4-0.5	0.7-0.85	1.05-1.2	1.0-1.15	0.95-1.1	0.8-0.95
Poivron, frais	0.3-0.4	0.6-0.75	0.95-1.1	0.85-1.0	0.8-0.9	0.7-0.8
Pomme de terre	0.4-0.5	0.7-0.8	1.05-1.2	0.85-0.95	0.7-0.75	0.75-0.9
Riz	1.1-1.15	1.1-1.5	1.1-1.3	0.95-1.05	0.95-1.05	1.05-1.2
Carthame	0.3-0.4	0.7-0.8	1.05-1.2	0.65-0.7	0.2-0.25	0.65-0.7
Sorgho	0.3-0.4	0.7-0.75	1.0-1.15	0.75-0.8	0.5-0.55	0.75-0.85
Soja	0.3-0.4	0.7-0.8	1.0-1.15	0.7-0.8	0.4-0.5	0.75-0.9
Betterave sucrière	0.4-0.5	0.75-0.85	1.05-1.2	0.9-1.0	0.6-0.7	0.8-0.9
Canne à sucre	0.4-0.5	0.7-1.0	1.0-1.3	0.75-0.8	0.5-0.6	0.85-1.05
Tourne-sol	0.3-0.4	0.7-0.8	1.05-1.2	0.7-0.8	0.35-0.45	0.75-0.85
Tabac	0.3-0.4	0.7-0.8	1.0-1.2	0.9-1.0	0.75-0.85	0.85-0.95
Tomate	0.4-0.5	0.7-0.8	1.05-1.25	0.8-0.95	0.6-0.65	0.75-0.9
Pastèque	0.4-0.5	0.7-0.8	0.95-1.05	0.8-0.9	0.65-0.75	0.75-0.85
Blé	0.3-0.4	0.7-0.8	1.05-1.2	0.65-0.75	0.2-0.25	0.8-0.9
Luzerne	0.3-0.4				1.05-1.2	0.85-1.05
Agrumes sarclés						0.65-0.75
Agrumes sans sarclage						0.85-0.9
Olivier						0.4-0.6

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

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

Texture	Humidités pondérales en % du poids sec			Réserve utile volumétrique en mm/m
	à la rétention HCC	du flétrissement HPP	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)

Annexe 4 : Guide d'estimation du pourcentage du sol humidifié (P)

GUIDE D'ESTIMATION DE P

(p = pourcentage de sol humidifié pour divers débits de distributeurs et divers espacements entre rampes et entre distributeurs dans le cas d'une seule rampe, rectiligne, équipée de distributeurs uniformément espacés délivrant une dose de 40 mm par arrosage sur l'ensemble de la surface)

Ecartement entre rampes S _r en m	Débit des distributeurs														
	moins de 1,5 l/h			2 l/h			4 l/h			8 l/h			Plus de 12 l/h		
	Espacement recommandé des distributeurs sur la rampe, S _d en m														
	en sol de texture grossière (G), moyenne (M), fine (F)														
	G	M	F	G	M	F	G	M	F	G	M	F	G	M	F
	0,2	0,5	0,9	0,3	0,7	1,0	0,6	1,0	1,3	1,0	1,3	1,7	1,3	1,6	2,0
Pourcentage en sol humidifié p %															
0,8	38	88	100	50	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1,0	33	70	100	40	80	100	80	100	100	100	100	100	100	100	100
1,2	25	58	92	33	67	100	67	100	100	100	100	100	100	100	100
1,5	20	47	73	26	53	80	53	80	100	80	100	100	100	100	100
2,0	15	35	55	20	40	60	40	60	80	60	80	100	80	100	100
2,5	12	28	44	16	32	48	32	48	64	48	64	80	64	80	100
3,0	10	23	37	13	26	40	26	40	53	40	53	67	53	67	80
3,5	9	20	31	11	23	34	23	34	46	34	46	57	46	57	68
4,0	8	18	28	10	20	30	20	30	40	30	40	50	40	50	60
4,5	7	16	24	9	18	26	18	26	36	26	36	44	36	44	53
5,0	6	14	22	8	16	24	16	24	32	24	32	40	32	40	48
6,0	5	12	18	7	14	20	14	20	27	20	27	34	27	34	40

Annexe 5 : Qualité des eaux usées issue de la STEP de Boumerdes pour l'année 2011 et 2013 .

Tableau Qualité des eaux usées issues de la STEP de Boumerdes pour l'année 2013

STEP Boumerdès	Eaux épurées											Rendements Epuratoires		
	MES (mg/l)	DBO5 (mg/l)	DCO (mg/l)	N- NH4 (mg/l)	NTK (mg/l)	N-NO2 (mg/l)	N-NO3 (mg/l)	Pt (mg/l)	PH	T (°C)	CON μS/cm	MES %	DBO %	DCO %
Jan. – Nov. 2013														
Moyenne	10,64	5,99	37,98	0,51	1,97	0,07	9,09	1,86	7,24	19,93	-	93,80	95,66	88,83
Max	14,55	9,33	56,2	1,71	3,6	0,19	16	3,88	7,31	24,7	-	95	98	93
Min	7,35	2,25	17,75	0,05	0,56	0,02	3,94	1,08	7,15	13,55	-	92,6	93,31	84,66
Limite	30	30	90	-	-	-	30	-	6.5 ≤pH ≤8.5	-	3000 μS/cm	-	-	-

Tableau Qualité des eaux usées issues de la STEP de Boumerdes pour l'année 2011

STEP Boumerdès	Eaux épurées											Rendements Epuratoires		
	MES (mg/l)	DhBO5 (mg/l)	DCO (mg/l)	N- NH4 (mg/l)	NTK (mg/l)	N- NO2 (mg/l)	N- NO3 (mg/l)	Pt (mg/l)	PH	T (°C)	CON μS/cm	MES %	DBO %	DCO %
Jan. – Déc. 2011														
Moyenne	13,58	10,69	29,70	9,58	-	0,42	2,60	2,60	7,35	20,37	1254,95	93,68	94,44	91,33
Max	17,60	24,50	53,95	33,50	-	4,20	6,40	6,14	7,46	26,32	1384,50	95,27	97,92	97,48
Min	10,23	3,00	12,25	0,99	-	0,02	0,68	1,00	7,24	14,73	1029,64	91,85	92,17	76,06
Limite	30	30	90	-	-	-	30	-	6.5 ≤ pH ≤ 8.5	-	3000 μS/cm	-	-	-

Annexe 6 : Analyse des métaux lourds dans la EUE de la STEP de Boumerdes et des bassins de stockage des exploitants.

Tableau Analyses des métaux lourds dans les EUE de la STEP de Boumerdes et des bassins de stockage des exploitants

Eléments	Teneur en mg/l			Limite
	EUE STEP Boumerdes	EUE Bassin Ben Rahmoun	EUE Bassin Flici	
Cu	< 0,04	< 0,04	< 0,04	5,0
Cd	0,02	0,02	0,02	0,05
Ni	< 0,05	< 0,05	< 0,05	2,0
Zn	0,51	0,46	0,176	10,0
Cr	< 0,5	< 0,5	< 0,5	1,0
Pb	< 0,2	< 0,2	< 0,2	10,0
Fe	< 0,2	< 0,2	< 0,2	20,0
Co	< 0,04	< 0,04	< 0,04	5,0
As	0,0000	0,0000	0,0000	2,0
Se	0,0000	0,0000	0,0000	0,02
Mn	<0,03	<0,03	<0,03	10,0
Co	< 0,2	< 0,2	< 0,2	5,0

Annexe 7 : caractérisation microbiologique de EUE à la sortie de la STEP de Boumerdes et au niveau du bassins de stockage.

Tableau Caractérisation microbiologique des EUE à la sortie de la STEP de Boumerdes

Paramètre	Résultats	Unité
Recherche et dénombrement des <i>Escherichia coli</i>	1986,3	UFC/100 ml
Recherche et dénombrement des Coliformes	1986,3	UFC/100 ml
Recherche et dénombrement des entérocoques intestinaux	1413,6	UFC/100 ml

Tableau Caractérisation microbiologique des EUE au niveau du bassin du stockage

Paramètre	Résultats	Unité
Recherche et dénombrement des <i>Escherichia coli</i>	2419,6	UFC/100 ml
Recherche et dénombrement des Coliformes	2419,6	UFC/100 ml
Recherche et dénombrement des entérocoques intestinaux	1553,1	UFC/100 ml

Annexe 8 : les resultats de l'analyse granulométrique.

Tableau Les résultats de l'analyse granulométrique

Profil	Horizon	A %	LF %	LG %	SF %	SG %
Sondage 01	H1	16	19	11	13	35
	H2	24	19	10	11	36
	H3	22	18	10	11	34
Sondage 02	H1	20	19	12	10	34
	H2	19	20	11	11	34
	H3	28	17	10	9	32
Sondage 03	H1	17	17	11	11	39
	H2	21	15	9	10	40
	H3	22	12	6	8	48
Sondage Témoin	H1	17	20	13	13	32
	H2	17	20	13	13	32
	H3	25	18	11	12	29

Annexe 9 : caractérisation physico_chimique des sols irrigués et témoins.

Tableau Caractérisation physico-chimique des sols irrigués et témoins

		Prof (cm)	Ph-eau	Ph-KCl	CaCO ₃ T %	P ₂ O ₅ T ‰	MO %	Nt ‰	C/N
Parcelle irriguée par les EUE 05 ans (depuis 2008) Sondage n° 1	H1	0-20	6,70	6,49	0,17	2,31	2,17	1,26	10
	H2	20-40	6,83	6,60	0,17	0,85	0,72	1,15	3,65
	H3	40-60	6,73	6,50	0,17	1,14	1,38	0,82	9,76
Parcelle irriguée par les EUE 05 ans (depuis 2008) Sondage n° 2	H1	0-20	6,89	6,43	0,17	1,26	1,50	1,67	5,21
	H2	20-40	6,90	6,55	0,17	1,20	1,44	1,65	5,10
	H3	40-60	6,86	6,45	0,17	0,75	0,79	0,74	6,22
Parcelle irriguée par les EUE 10 ans (depuis 2003) Sondage n° 3	H1	0-20	6,66	6,03	0,17	1,15	1,31	0,75	10,13
	H2	20-40	6,50	5,88	00	0,63	0,55	0,57	5,16
	H3	40-60	6,38	5,80	00	0,62	0,26	0,50	3
Sol témoin Parcelle Témoin Irriguée eau pluviale	H1	0-20	6,92	6,45	0,17	2,06	1,29	1,03	7,28
	H2	20-40	6,75	6,25	0,17	1,47	1,93	0,82	13,66
	H3	40-60	6,71	6,17	00	0,82	0,88	1,12	4,55

Annexe 10 : Figure PH des sols.

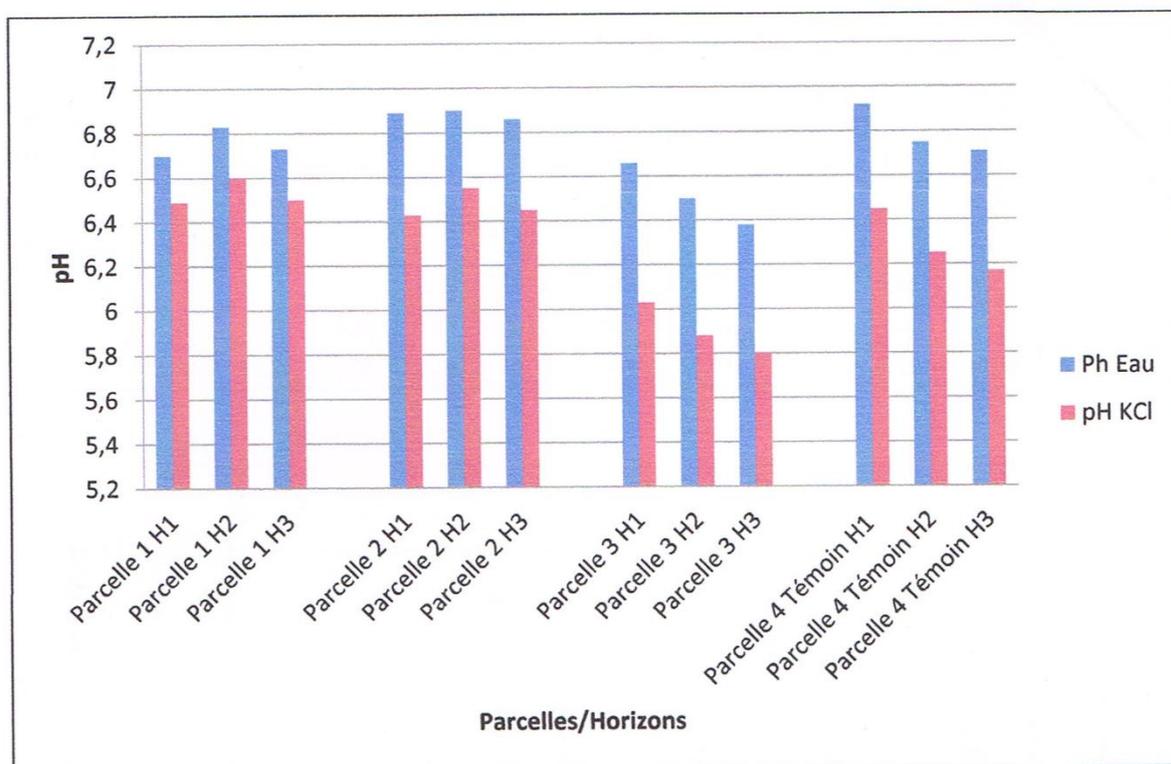


Figure pH des sols

Annexe 11 : matières organiques

Tableau Matières organiques

Profil	Horizon	MO %	C ‰	N ‰	C/N
Sondage 01	H1	2,17	12,60	1,26	10,00
	H2	0,72	4,20	1,15	3,65
	H3	1,38	8,00	0,82	9,76
Sondage 02	H1	1,50	8,70	1,67	5,21
	H2	1,44	8,40	1,65	5,10
	H3	0,79	4,60	0,74	6,22
Sondage 03	H1	1,31	7,60	0,74	10,13
	H2	0,55	3,20	0,57	5,61
	H3	0,26	1,50	0,50	3,00
Sondage Témoin	H1	1,29	7,50	1,03	7,28
	H2	1,93	11,20	0,82	13,66
	H3	0,88	5,10	1,12	4,55

Annexe 12 : analyse bactériologiques sur les produits agricoles des exploitants

Tableau Analyses bactériologiques sur les produits agricoles des exploitants

Déterminations	Exploitation Flici	Exploitation Ben Rahmoun
Coliformes fécaux/g	<10	<10
<i>Escherichia coli</i> /g	<3	<3
Streptocoques D/g	<3	<3
Staphylococcus aureus/g	<10	<10
Spores anaérobies SR 46°C/g	<10	<10
Salmonella/25g	Absence	Absence
Levures/g	<10	<10

Annexe 13 : prix des tubes CHIALI



Usine & Siège : Voie A Zone Industrielle BP 160 - 22000 Sidi Bel Abbès
 Téléphone : 048 55 11 90 / 55 65 65 / 061 24 09 19 / 070 94 97 49
 Télécopie : 048 55 58 58 / 56 92 70 / 56 50 33
 Site Web : www.groupe-chiali.com e-mail : info@groupe-chiali.com

TUBE PEHD EAU POTABLE PN10

Référence	Désignation	Diamètre		Qualité	Pression	Prix	
		Ext en MM	en MM			le M/L	le M/L
11 003 0161	Tube PEHD	16	-----	PE80	10 Bars	-----	-----
11 003 0201	Tube PEHD	20	2.0	PE80	10 Bars	26.31	30.78
11 003 0251	Tube PEHD	25	2.0	PE80	10 Bars	33.85	39.60
11 003 0321	Tube PEHD	32	2.4	PE80	10 Bars	52.60	61.54
11 003 0401	Tube PEHD	40	3.0	PE80	10 Bars	82.33	96.33
11 003 0501	Tube PEHD	50	3.7	PE80	10 Bars	125.79	147.17
11 003 0631	Tube PEHD	63	4.7	PE80	10 Bars	198.97	232.79
11 003 0751	Tube PEHD	75	5.6	PE80	10 Bars	281.31	329.13
11 007 0901	Tube PEHD	90	5.4	PE100	10 Bars	335.47	392.50
11 007 1101	Tube PEHD	110	6.6	PE100	10 Bars	495.40	579.62
11 007 1251	Tube PEHD	125	7.4	PE100	10 Bars	631.13	738.42
11 007 1601	Tube PEHD	160	9.5	PE100	10 Bars	1 033.79	1 209.53
11 007 2001	Tube PEHD	200	11.9	PE100	10 Bars	1 617.42	1 892.38
11 007 2501	Tube PEHD	250	14.8	PE100	10 Bars	2 510.95	2 937.81
11 007 3151	Tube PEHD	315	18.7	PE100	10 Bars	4 003.95	4 684.62
11 007 4001	Tube PEHD	400	23.7	PE100	10 Bars	6 424.42	7 516.57
11 007 5001	Tube PEHD	500	29.7	PE100	10 Bars	10 021.19	11 724.79
11 007 6301	Tube PEHD	630	37.4	PE 100	10 Bars	15 153.49	17 729.58

- TVA = 17%.

- Longueur de Tubes : du Diamètre ≤ au 20 mm les Tubes sont en couronne de 200 ml.

- Longueur de Tubes : du Diamètre ≥ au 25 mm les Tubes sont en couronne de 100 ml.

- Longueur de Tubes : du Diamètre 90 mm au 110mm les Tubes sont en rouleaux de 50 ml.

- Longueur de Tubes : du Diamètre 125 mm les Tubes sont en longueur de 12 ml.

- Longueur de Tubes : du Diamètre ≥ au 160 mm les tubes sont en longueur de 06 ml ou de 12 ml.

- Jonction par soudure électrique, ou avec raccords à compression.

- Pour toutes informations complémentaires, prière contacter le Service Commercial

TUBE PEHD EAU POTABLE PN16

Référence	Désignation	Diamètre		Qualité	Pression	Prix	
		Ext en MM	en MM			le M/L	le M/L
11 004 0201	Tube PEHD	20	2.3	PE80	16 Bars	29.61	34.64
11 004 0251	Tube PEHD	25	3.0	PE80	16 Bars	48.03	56.20
11 004 0321	Tube PEHD	32	3.6	PE80	16 Bars	75.47	88.30
11 004 0401	Tube PEHD	40	4.5	PE80	16 Bars	116.64	136.47
11 004 0501	Tube PEHD	50	5.6	PE80	16 Bars	180.68	211.40
11 004 0631	Tube PEHD	63	7.1	PE80	16 Bars	288.17	337.16
11 004 0751	Tube PEHD	75	8.4	PE80	16 Bars	404.81	473.63
11 008 0901	Tube PEHD	90	8.2	PE100	16 Bars	488.62	571.69
11 008 1101	Tube PEHD	110	10.0	PE100	16 Bars	721.62	844.30
11 008 1251	Tube PEHD	125	11.4	PE100	16 Bars	934.26	1 093.08
11 008 1601	Tube PEHD	160	14.6	PE100	16 Bars	1 526.93	1 786.51
11 008 2001	Tube PEHD	200	18.2	PE100	16 Bars	2 397.85	2 805.48
11 008 2501	Tube PEHD	250	22.7	PE100	16 Bars	3 709.88	4 340.56
11 008 3151	Tube PEHD	315	28.6	PE100	16 Bars	5 881.51	6 881.37
11 008 4001	Tube PEHD	400	36.3	PE100	16 Bars	9 500.90	11 116.05
11 008 5001	Tube PEHD	500	45.4	PE100	16 Bars	14 816.89	17 335.76
11 008 6301	Tube PEHD	630	57.2	PE100	16 Bars	22 513.76	26 341.10

- TVA = 17%.

- Longueur de Tubes : du Diamètre ≤ au 20 mm les Tubes sont en couronne de 200 ml.

- Longueur de Tubes : du Diamètre ≥ au 25 mm les Tubes sont en couronne de 100 ml.

- Longueur de Tubes : du Diamètre 90 mm au 110mm les Tubes sont en rouleaux de 50 ml.

- Longueur de Tubes : du Diamètre 125 mm les Tubes sont en longueur de 12 ml.

- Longueur de Tubes : du Diamètre ≥ au 160 mm les tubes sont en longueur de 06 ml ou de 12 ml.

- Jonction par soudure électrique, ou avec raccords à compression.

- Pour toutes informations complémentaires, prière contacter le Service Commercial