

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHESCIENTIFIQUE
ECOLE NATIONALE SUPERIEURE DE L'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 :

**REUTILISATION DES EAUX USEES EPUREES
DE LA STEP BOUMERDES POUR L'IRRIGATION DE
PERIMETRE DE RAHMOUNE
(COMMUNE DE CORSO)**

Présenté par :
M^{le} AKBI Faiza

DEVANT LES MEMBRES DU JURY

Nom et prénom	Grade	Qualité
M^r M. MESSAHEL	M.C	Président
M^{me} L.S BAHBOUH	M.A.A	Examinatrice
M^{me} H. BOUCHAMA	M.A.A	Examinatrice
M^{me} S. HARKAT	MA.B	Examinatrice
M^r Y. BOUNAH	MA.B	Examineur
M^{me} AZIEZ Ouahiba	MA.A	Promotrice

Septembre 2013

Dédicace !

Je rends un grand hommage à travers ce modeste travail, en signe de respect et de reconnaissance envers :

Mon père MOUKHTAR

Ma mère FATMA

Pour tous les sacrifices et leur soutien moral et matériel dont ils ont fait preuve pour que je réussisse.

Je le dédie également à

Mon grand frère DADA Daziz

Tous mes frères : Mouhamad, Ali, Farid, Ahmad, Abed Alkarim

Mes sœurs : NANA Fatiha, Djamila, Zakia, Nacira

Mes amis: Siham, Mariem, Aghiles, Lydia, Omar, ...à tous mes amis de l'hydraulique.

Et spécialement à qui m'a dit le mot « je veux, je peux ».

En un mot, à toute ma famille, tous les étudiants de l'ENSH sans exception et tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à ma formation

Remerciement

Au terme de cette modeste étude, je tiens à exprimer ma profonde gratitude et mes vifs remerciements à Mme : AZIEZ.W (ma promotrice) pour avoir contribué à l'élaboration de cette présente thèse et à ma formation durant cette année de spécialité.

Je remercie également tous mes professeurs et particulièrement : Med .S Mme : BAHBOUH.et tous mes membres de jury qui me feront l'honneur d'apprécier mon travail.

Merci pour tout...

ملخص :

بما ان المياه مهددة من حيث النوعية و الكمية ، فان الجزائر مجهزة بمحطات معالجة المياه الموجودة و تصريفها في الوديان ، و لكن في المناطق التي تشهد نقص في المياه فإنها تستعملها من اجل الزراعة. هذه المياه المصرفة و المعالجة ، يعاد استخدامها للأغراض الزراعية و هي وضعية محطة تصفية المياه القذرة ببومرداس. في هذه الدراسة، نتحقق من تلبية التدفق المائي الاتي من محطة معالجة المياه من اجل تزويد المحيط الزراعي المدروس من خلال حساب الاحتياجات المائية للمحاصيل المسقات و بذلك دراسة ابعاد شبكة السقي.

Résumé:

L'eau est menacée dans sa qualité et dans sa quantité. En Algérie, l'eau usée traitée provenant des stations d'épuration existantes est rejetée dans les oueds, mais dans les régions où les besoins en eau ne sont pas satisfaits ces eaux usées épurées sont réutilisées pour des fins agricoles et c'est le cas de la STEP de Boumerdes.

Dans cette étude, on s'est intéressé à vérifier la satisfaction du débit qui provient de la STEP pour l'alimentation du périmètre d'étude par le calcul des besoins en eau des cultures à irriguer, ainsi le dimensionnement du réseau d'irrigation.

Abstract:

The water is threatened in terms of quality and quantity. In Algeria, wastewater from existing treatment plants is discharged into wadis, but in areas where water needs are not satisfied. The treated wastewater is reused for agricultural purposes and is taken from the STEP of Boumerdes.

In this study, we are interested to be verified the satisfaction of the flow that comes from the STEP for feeding study by computing crop water requirements for irrigation, and the dimensioning of the irrigation perimeter.

Sommaire

INTRODUCTION GENERALE.....1

Chapitre I : présentation de la zone d'étude

I – 1 Présentation géographique	2
a - Wilaya de Boumerdes.....	2
b – commune de Corso.....	3
c – Présentation de site de l'étude	3
c – 1 Localisation.....	3
c – 2 Géologie et hydrogéologie	3
I – 2 Climatologie	4
I – 2.1 Humidité relative	4
I – 2.2 Température moyenne mensuelle	5
I – 2.3 Insolation	6
I – 2.4 Evaporation	7
I – 2.5 Le vent.....	8
I – 2.6 Pluviométrie moyenne mensuelle.....	8
I – 3 Régime climatique de la région.....	9
I – 3.1 Représentation de diagramme de Gaussen.....	9
I – 3.2 Indice d'Aridité de Martonne	10
I – 3.3 Classification de climat selon le diagramme d'EMBERGER.....	11
I – 4 Etude hydrologique.....	12
I – 4.1 Homogénéisation de la série pluviométrique.....	12
I – 4.2 Etude de l'échantillon et choix du type de loi.....	15
I – 4.3 Ajustement de la série pluviométrique.....	15

a) Ajustement à la loi Normale (GAUSS)	15
I – 4.4 Détermination de l'année de calcul.....	17
I – 5 Etude pédologique.....	18
I – 5.1 Classification du sol de la région d'étude.....	18
I – 6 les ressources en eau.....	21
Conclusion.....	21

Chapitre II : étude théorique sur la réalisation des eaux usées

Introduction	22
II – 1 Objectifs de la réutilisation des eaux usées.....	22
II – 2 La réutilisation des eaux usées dans le monde.....	21
II – 2.1 Quelques exemples de réutilisation dans le monde.....	23
II – 2.1.1 L'Europe du Nord.....	23
II – 2.1.2 Le continent américain.....	23
II – 2.1.3 Le bassin méditerranéen.....	24
II – 3 Domaines de la réutilisation des eaux usées.....	25
II – 4 Les risques de la réutilisation des eaux usées pour la santé	27
II – 4.1 Toxicité chimique.....	27
II – 4.2 Agents pathogènes.....	27
II – 4.3 Le consommateur.....	27
II – 4.4 Cultures légumes.....	28
II – 4.5 Cultures fourragères.....	28
II – 4.6 Le personnel d'exploitation.....	28
II – 4.7 Le voisinage immédiat.....	28
Conclusion.....	29

Chapitre III : présentation de la station d'épuration de Boumerdès

Introduction	30
III – 1 situation de la station d'épuration de Boumerdès.....	30
III – 2 Définition de la pollution à traiter.....	31
III – 3 Principe du traitement d'eau.....	33
III – 3.1 Arrivée des eaux et bassin d'orage.....	33
III – 3.2 Prétraitement.....	34
III – 3.2.1 Dégrillage.....	34
III – 3.2.2 Dessablage-dégraissage.....	35
III – 3.3 Ouvrage de répartition.....	35
III – 3.4 Bassin d'aération.....	35
III – 3.5 Clarification finale et ouvrage de recirculation.....	36
III – 3.6 Canal de comptage et désinfection de l'eau traitée.....	36
III – 3.7 Eau industrielle.....	37
III – 4 Principe du traitement des boues.....	37
III – 4.1 Epaississement des boues.....	37
III – 4.2 Déshydratation mécanique des boues sur bandes presseuses.....	38
III – 5 Description des équipements.....	39
III – 5.1 Dégrilleur à grille courbe.....	39
III – 5.2 Dessaleur-dégrilleur cylindrique.....	39
a – Dégraissage.....	39
b – dessablage.....	39
III – 5.3 Aération biologique.....	39
III – 5.4 Clarificateur-pont racleur.....	40
III – 5.5 Fosses de recirculation.....	41

III – 5.6 Canal de comptage et chloration.....	41
III – 5.7 Epaisseur.....	14
III – 5.8 SUPERPRESS ST 3.....	41
III – 6 Rejet.....	43
III – 7 Qualité des eaux épurées et possibilité de la réutilisation.....	43
III – 7.1 Problème de salinité.....	43
III – 7.2 PH d'eau d'irrigation.....	43
III – 7.3 Normes de la qualité des eaux destinées à l'irrigation.....	43
Conclusion.....	44

Chapitre IV : les besoins en eau des cultures irriguées

Introduction.....	45
IV – 1 Les cultures adaptées à la zone d'étude.....	45
IV – 2 Calendrier d'occupation des sols.....	45
IV – 3 Les Besoins en eau du périmètre.....	46
IV – 3.1 Evapotranspiration réelle ou de culture (ETR ou ETC)	46
IV – 3.2 L'évapotranspiration potentielle de référence (ETo)	46
IV – 3.3 La pluie efficace.....	48
IV – 3.4 Efficience de l'irrigation.....	49
IV – 3.5 Besoins nets en eau d'irrigation.....	49
VI – 4 Besoins totaux brut en eau d'irrigation.....	50
Conclusion.....	51

Chapitre V : Dimensionnement et calcul du réseau d'irrigation

Introduction :	52
V – 1 Classification des techniques d'irrigation:	52
V – 1.1 Irrigation à la parcelle : irrigation de surface	52
V – 1.2 Irrigation à la parcelle : irrigation par aspersion	52
V – 1.3 Irrigation à la parcelle : irrigation localisée	52
V – 2 Choix des techniques d'irrigation :	52
V – 3 Avantages et les inconvénients des techniques d'irrigation:	53
V – 3.1 Irrigation à la parcelle : irrigation de surface	53
V – 3.2 Irrigation à la parcelle : irrigation sous pression	54
V – 3.3 irrigation par aspersion :	54
V – 3.4 irrigation localisé :	55
V – 4 Irrigation localisée:	55
V – 5 Dimensionnement d'un îlot type :	56
V – 5.1 Choix de l'îlot type :	56
V – 5.2 Caractéristiques des conduites de réseau d'irrigation :	56
V – 5.3 La méthodologie de dimensionnement de réseau d'irrigation :	57
V – 5.4 Calcul du débit maximum journalier :	57
V – 5.5 Besoins d'irrigation des cultures en irrigation localisée:	58
V – 5.6 Calcul de la dose d'irrigation :	59
1 – La dose d'irrigation nette pratique :	59
2 – La dose d'irrigation brute :	60
3 – Fréquence des arrosages :	60
4 – Durée d'arrosage :	60
5 – Nombre de poste :	61
6 – Surface de la parcelle:	61

7 – Surface de la rampe :.....	61
8 – Nombre des rampes :.....	61
9 – Nombre des goutteurs par rampe :.....	61
10 – Débit d’une rampe :.....	61
V – 6 Calcul hydraulique :.....	62
V – 6.1 Débit :.....	62
V – 6.2 Perte de charges	63
V – 6.3 Conditions hydrauliques :.....	63
V – 6.4 Calcul des diamètres des portes rampes, rampes :.....	64
V – 6.5 Calcul de la canalisation principale :.....	65
Conclusion :.....	66

CHAPITRE VI : Organisation de chantier

Introduction :.....	67
VI – 1 Exécution des travaux :	67
VI – 1.1 Exécution de la tranchée :.....	67
VI – 1.2 Assise de la conduite :	67
VI – 1.3 Pose de la canalisation dans la tranchée :	67
VI – 1.4 Epreuve d’essai de pression :	67
VI – 2 Engins nécessaires pour l’exécution des travaux :	68
VI-3 Implantation du tracé des tranchées sur le terrain :.....	68
VI – 3.1 Matérialisation :.....	68
VI – 3.2 Nivellement :.....	68
VI – 4 Excavation des tranchées :.....	68
VI – 4.1 Enlèvement de la couche végétale :.....	68

VI – 4.2 Excavation :.....	69
1 – La profondeur (Htr) :.....	69
2 – Largeur de la tranchée :.....	70
3 – Section de la tranchée:.....	70
4 – Volume à excaver :.....	70
VI – 5 Détermination de la capacité du godé.....	71
VI – 6 Rendement d’exploitation de la pelle choisie :.....	71
VI – 7 Lit de sable :.....	72
VI – 8 Volume de la conduite.....	72
VI – 9 Le volume des remblais :.....	73
VI – 9 Les étapes de la planification :.....	74
VI – 9.1 Collection des informations :.....	74
VI – 9.2 Décomposition du projet :.....	74
VI – 9.3 Relations entre les tâches :.....	74
1 – Les paramètres de la méthode C.P.M :.....	74
2 – Le calcul du réseau :.....	75
a) Calcul allez :.....	75
b) Calcul retour.....	75
3 – Le chemin critique :.....	75
VI – 9.4 Attribution de la durée des différentes opérations.....	76
Conclusion:.....	76
Conclusion générale	78

Liste des tableaux

Tableau de chapitre N°I :

Tableau I – 1 : Caractéristique géographique des stations	4
Tableau I – 2 : Répartition mensuelle de l'humidité relative de l'air en (%).	5
Tableau I – 3 : Représentation de températures mensuelles extrêmes et moyennes en (°C).	5
Tableau I – 4 : présentation de l'insolation mensuelle moyenne en heures.	7
Tableau I – 5 : répartition mensuelle de l'évaporation moyenne (mm).	7
Tableau I – 6 : répartition de la moyenne mensuelle de la vitesse de vent(m/s) ..	8
Tableau I – 7 : répartition de la moyenne mensuelle de la pluie (mm).	8
Tableau I – 8 : Précipitation (en mm) et températures moyennes mensuelles (en °C).	9
Tableau I – 9 : Limite des climats d'après l'indice climatique de Martonne.	10
Tableau I – 10 : Test de Wilcoxon pour la série pluviométrique de la station de Boumerdes.	14
Tableau I – 11 : Ajustement à une loi Log-normale.	15
Tableau I – 12 : représentation de l'année de calcul.	18
Tableau I – 13 : Les caractéristiques physico-chimiques du profil 6.	20

Tableaux de chapitre N° III :

Tableau III – 1 : bilan de l'auto-surveillance pour le mois le plus pluvieux et le mois le plus sec.	32
Tableau III – 2 : Charges de la pollution éliminée.	32

Tableaux de chapitre N° IV :

Tableau IV – 1: Le calendrier cultural.	46
Tableau IV – 2 : Evapotranspiration de référence selon la méthode de Penman & Monteith.	48

Tableau IV – 3 : valeurs moyennes mensuelles des pluies efficaces.....	48
Tableau IV – 4 : les besoins en eau mensuelles des cultures.....	50
Tableau IV – 5 : les besoin totaux brut de culture.....	51

Tableaux de chapitre N° V :

Tableau V – 5 : caractéristiques de la conduite principale.....	62
Tableau V – 4 : Caractéristiques de la porte rampe.....	62
Tableau V – 3 : Caractéristiques de la rampe.....	64
Tableau V – 1 : calcul des besoins pour le prunier.....	64
Tableau V – 2 : données générales :.....	65

Tableau de chapitre N°VI:

Tableau VI-1 .Calcul du volume du déblai:.....	73
Tableau VI-2 .Capacité du godet en fonction du volume de terrassement :.....	73
Tableau VI – 3 : Calcul du volume du lit de sable.....	72
Tableau VI – 4 : Calcul du volume de la conduite :.....	71
Tableau VI – 5 : Volumes des travaux dans notre zone d'étude.....	71

Listes des figures

Figure de chapitre N° I :

Figure I – 1 : Limites administratives de la Wilaya de Boumerdes.....	2
Figure I – 2 : variation de températures extrêmes et moyennes mensuelles.....	6
Figure I – 3 : Diagramme Ombrothermique de Gaussen.....	9
Figure I – 4 : Graphique de la loi log-normal (loi de Galton).....	17

Figure de chapitre N° III :

Figure III – 1 : Schéma directeur d'assainissement de Boumerdes.....	31
Figure III – 2 : arrivée des eaux et bassin d'orage.....	34
Figure III – 3 : Dégrilleur.....	34
Figure III – 4 : bassin d'aération.....	36
Figure III – 5 : clarificateur.....	36

Figure de chapitre N° VI :

figure VI – 2 : schéma de la méthode des nœuds.....	69
Figure VI - 1 : Schéma d'une tranchée.....	77

Liste des planches

Planche N°1 : Plan de situation de périmètre d'étude commune de CORSO W. BOUMERDES

Planche N°2 : Plan de l'occupation du sol

Planche N°3 : Schéma de la conduite principale de périmètre commune de CORSO W. BOUMERDES

Planche N°4: Schéma de l'équipement d'un système de goutte à goutte pour une parcelle type (périmètre commune de CORSO W. BOUMERDES)

Planche N°5 : Profil en long de la conduite principale de périmètre de commune de CORSO W. BOUMERDES

INTRODUCTION GENERALE:

L'eau est menacée dans sa qualité et sa quantité. En Algérie, les ressources en eau ne sont pas assez pour couvrir tous les besoins, à cause de la dégradation des ressources disponibles ; cette dégradation est sous l'effet des rejets des déchets urbains et industriels, les barrages s'ensavent et perdent de la capacité utile et sont irréversiblement endommagées par l'intrusion marine à cause de la surexploitation des nappes souterraines.

L'Algérie suit des stratégies pour satisfaire l'ensemble des besoins en eau et aussi améliorer la qualité des eaux disponibles ; parmi ces stratégies, on cite la mobilisation des eaux non conventionnelles ; dans ce contexte, la réutilisation des eaux usées épurées et qu'elle est devenue une nécessité. Par définition, la réutilisation des eaux usées épurées est non seulement de fournir des quantités supplémentaires d'eau pour des différents usages, mais aussi de mieux préserver les ressources naturelles.

La wilaya de Boumerdes connaît un important (par son caractère expérimental et initiative locale) projet d'irrigation par les eaux usées épurées, ciblant une superficie de plus de 100 ha, à titre privé: par deux agriculteurs en l'occurrence Mrs FLICI et RAHMOUNE.

Cette étude qui a pour thème essentiel : l'irrigation de périmètre de RAHMOUNE à partir des eaux usées épurées qui provient de la STEP de Boumerdes. Une analyse des ressources en eau et en sol dont le but est la détermination des besoins cultureux, et par la suite le débit spécifique, ce dernier est le paramètre essentiel pour le dimensionnement de réseau d'irrigation.

CHAPITRE I : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

I – 1 Présentation géographique :

a - Wilaya de Boumerdes :

La wilaya de Boumerdes est une wilaya à vocation agricole, elle situe dans le Nord du pays dans la région de Kabylie sur 100 Km de littorale, elle constitue un carrefour de passage de la capitale dont elle est distante de 45 Km vers l'Est du pays, et la Kabylie par diverses voies de communication (chemins de fer et autoroute). Son chef lieu est distant de 35 Km de l'aéroport international d'Alger. [5]

Elle est délimitée : [5]

- Au Nord, par la mer Méditerranée.
- A l'Ouest, par les wilayas d'Alger et Blida.
- A l'Est, par la wilaya de Tizi-Ouzou.
- Au Sud, par la wilaya de Bouira.

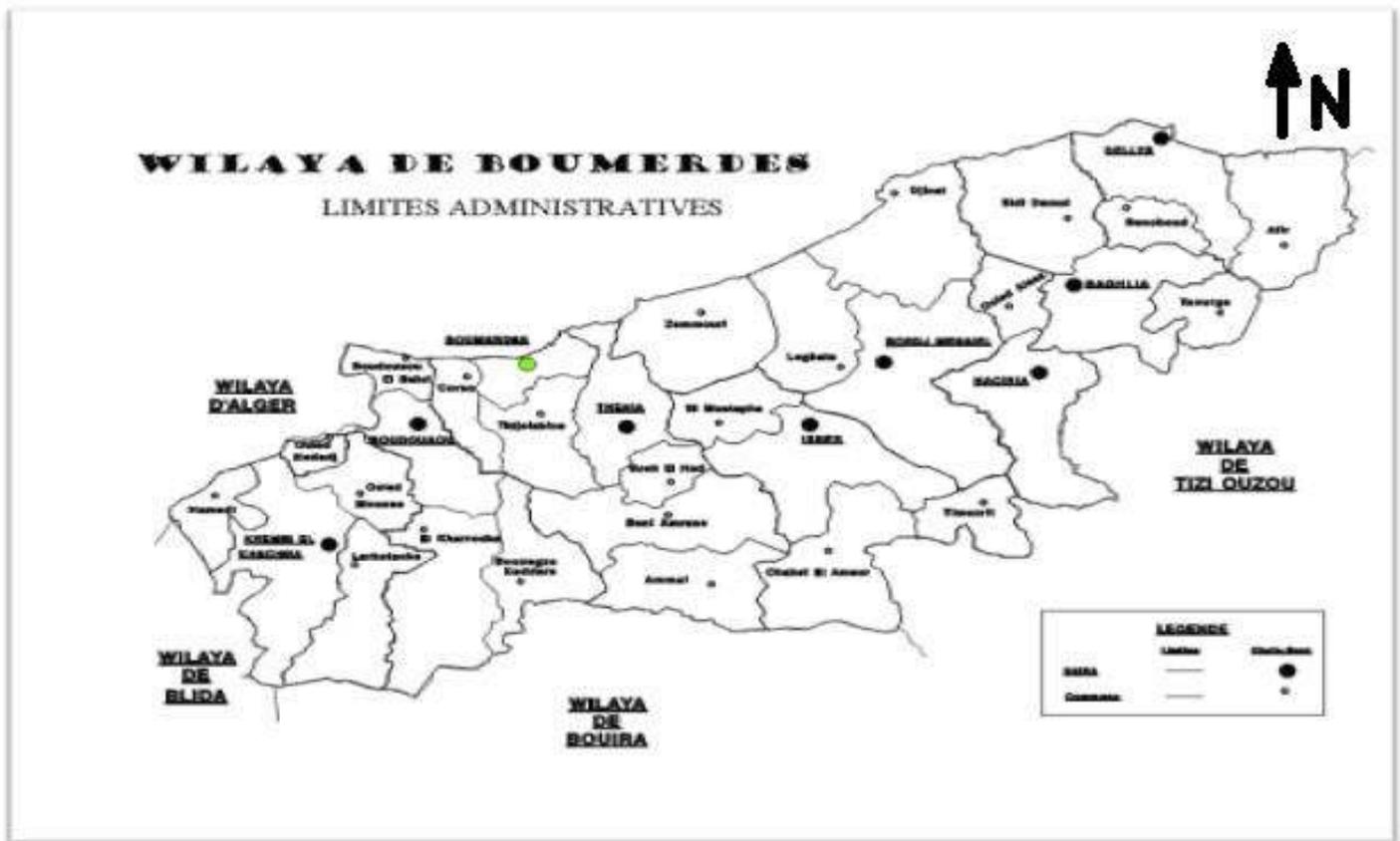


Figure I – 1 : Limites administratives de la Wilaya de Boumerdes

b – commune de Corso : [5]

La commune de Corso est une commune de la wilaya de Boumerdes, elle possède une façade sur la mer méditerranée, elle s'étend sur une plaine entre l'oued Corso à l'Est et l'oued de Boudouaou à l'Ouest. Au Sud descend un versant du Djebel Nador.

Les limites communales de la commune de Corso sont comme suit :

- Au Nord par la mer Méditerranée.
- A l'Ouest par Boudouaou El-Bahri et Boudouaou.
- Au Sud-ouest par Boudouaou.
- Au Sud par Bouzegza Keddara.
- Au Sud-est par Tidjellabine.
- A l'Est par la commune de Boumerdes et Tidjellabine.

c – Présentation de site de l'étude :**c – 1 Localisation :**

Le périmètre à irriguer, est situé au Nord-ouest à 1 km avant d'arriver au centre ville de Corso, c'est une propriété de RAHMOUNE.

La superficie de ce périmètre est de 81 ha dont les limites sont le périmètre de FLICI et ses frères au Sud, le chemin d'exploitation à l'Est, des terrains agricoles à l'Ouest et le domaine GUEDOUARI au Nord.

L'alimentation de ce périmètre est assurée par la station d'épuration de Boumerdes, situé au Sud-est du périmètre à 5 km de ce dernier.

c – 2 Géologie et hydrogéologie :

C'est un vaste plateau surélevé constituant au Nord une falaise le long du littoral. Ce plateau présente une formation lithostrotigraphique homogène constituée (formation) par un dépôt d'âge pliocène d'épaisseur de 30 à 35 mètre sur toute, étendue par un mélange de sable jaunâtre et petits galets arrondis, poli blanchâtre siliceuse (mignonette).

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 10^{-3} à 10^{-5} m/s, bonne fertilisation.

Cette formation repose sur un substratum imperméable formé de marnes grisâtre d'âge plais ancien. Au point de vue hydrogéologique ce dépôt est constitué d'une nappe d'eau souterraine dont les potentialités en eau sont appréciable, où des forages réalisés ont donnés des débits qui varie de 3 à 6 l/s destinés pour l'industrie et à l'irrigation. Les eaux de cette nappe connaissent une décharge sous forme de sources le long de cette falaise suscitée.

I – 2 Climatologie :

Le climat influence la vie sur terre, celle de la faune et de la flore, et par définition, consiste en combinaison des états de l'atmosphère (température, humidité, précipitation, insolation, vent, etc.) ; ces derniers ne sont pas indépendants, mais corrélés entre eux pour donner ce qu'on appelle les caractéristiques climatiques pour chaque lieu donné. L'étude climatologique d'un périmètre donné est joue un rôle majeur pour le choix des cultures et aussi pour la détermination des doses d'irrigation.

Pour déterminer les caractéristiques de climat de la zone d'étude, on exploite les données fournis par l'Agence Nationale des Ressources Hydraulique (ANRH Blida) et de l'Office National de la Météorologie (ONM Dar El Bida, Alger) ; les données sont prises à partir de la station de Boumerdes, pour la pluviométrie, et de la station de Dellys Afir pour le reste (température, insolation, humidité, vent). Les caractéristiques géographiques de ces deux stations sont présentées dans le tableau

Tableau I-1 : Caractéristique géographique des stations

station	latitude (X)	longitude (Y)	cote (Z)	code
Boumerdes	569.15	384.4	50	20647
Dellys	36°55 N	03°57 E	8	-

I – 2.1 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 se volume d'air peut contenir à température et à pression données. 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 la précipitation.

Les données d'humidité relative mensuelle moyenne (**de l'année 1996 jusqu'à 2005**) de la région mesurées au psychomètre, sont présentées dans le tableau suivant :

Tableau I – 2 : Répartition mensuelle de l'humidité relative de l'air en (%)

Mois	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc	Annuel
Hr _{moy}	67	68	62	60	65	64	56	61	69	67	67	66	64

Source : ONM

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 telle que l'humidité relative varie de 66% jusqu'à sa valeur maximale, pour le mois de Septembre, de 69%. Et aussi le mois le moins humide est celle de juillet avec une humidité relative de 56%.

I – 2.2 Température moyenne mensuelle :

Les températures mensuelles minimales, maximales et moyennes de la zone d'étude pour une période d'observation de 10 ans (**de 1996 jusqu'à 2005**) sont présentées dans le tableau suivant :

Tableau I – 3 : Représentation de températures mensuelles extrêmes et moyennes en (°C)

Mois	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Spt	Oct	Nov	Déc	annuel
Tmin	9.5	9.0	10.6	12.2	14.9	18.4	21.1	22.2	19.9	17.3	12.8	10.4	14.8
Tmax	16.2	15.9	17.5	19.4	21.5	24.9	27.6	29.1	26.6	24.6	19.6	17.0	21.6
Tmoy	12.9	12.5	14.1	15.8	18.2	21.7	24.3	25.7	23.3	21.0	16.2	13.7	18.2

Source : ONM

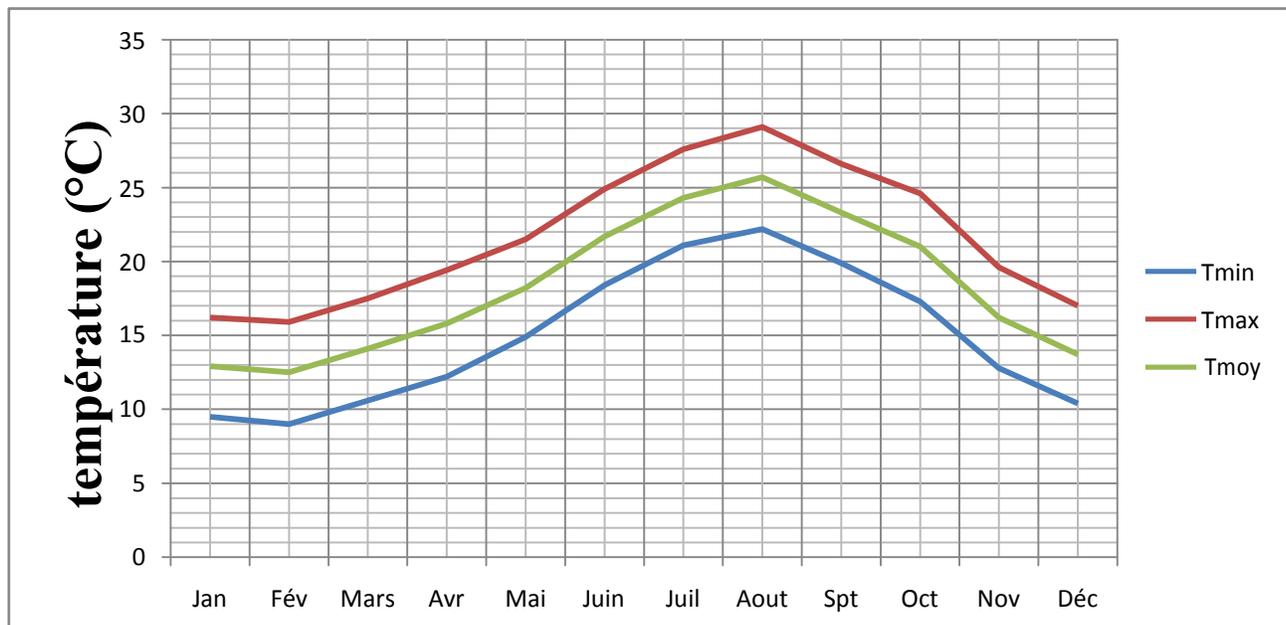


Figure I – 2 : variation de températures extrêmes et moyennes mensuelles

A partir de ce graphe (Figure I – 1) on remarque que les deux périodes sont situées comme suit :

- Période froide : du mois de décembre à Février, avec une température moyenne minimale de 12.5°C au mois de Février.
- Période chaude : allons de mois de Mars jusqu'au mois de Novembre, avec une température maximale de 25.7°C au mois de Août.

On remarque la variation de température n'est pas trop grande, telle que l'intervalle entre la température moyenne mensuelle minimale et la température moyenne mensuelle maximale est petit [12.5~25.7].

I – 2.3 Insolation :

L'insolation est défini par le rayonnement reçu sur une surface, mesurer par le temps (heures) pendant lequel le soleil a brillé

Tableau I – 4 : présentation de l'insolation mensuelle moyenne en heures.

Mois	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Spt	Oct	Nov	Déc	Annuel
Moy(heure)	155.6	179.4	216.5	246.5	267.8	303.4	318.0	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	9.50	8.53	7.40	5.39	4.63	6.89

Source : ONM

A partir de ce tableau, on remarque que les valeurs enregistrées durant l'année de la région sont importantes. L'insolation est de l'ordre de 2514.6 heures par an, ça veut dire une moyenne de 6.89 heures par jour. On remarque aussi que l'insolation est plus importante en période chaude (allant d'Avril au mois de Septembre), la valeur la plus élevée durant l'année est celle de mois de Juillet (10.26heures/jour).

I – 2.4 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 évaporante.

Tableau I – 5 : répartition mensuelle de l'évaporation moyenne (mm).

Mois	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc	Annuel
Evap. (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

On remarque, d'après le tableau, que l'évaporation est régulière de mois de Janvier jusqu'à le mois de Juillet, il attend sa valeur maximal dans le mois de Juillet (121.2) ; l'évaporation annuelle est de 1102.2 mm.

I – 2.5 Le vent :

L'étude des vents est indispensable dans le domaine d'irrigation, il a une grande influence sur les cultures, ainsi les systèmes d'irrigation. Il est nécessaire de connaître leur répartition mensuelle, leur vitesse sans oublier leur direction, en vue d'une protection mécanique éventuelle (implantation des brise-vents).

Tableau I – 6 : répartition de la moyenne mensuelle de la vitesse de vent (m/s).

Mois	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc	Annuel
V (m/s)	3.5	3.1	3.6	3.0	3.0	2.6	2.8	2.7	2.8	2.6	3.3	3.8	3.1

Source : ONM

On remarque, d'après ce tableau, que la vitesse moyenne du vent est homogène durant l'année, avec une moyenne annuelle de 3.1 m/s.

I – 2.6 Pluviométrie moyenne mensuelle :

Par définition, les précipitations sont les produits solides ou liquides résultant de la condensation de la vapeur d'eau, qui tombent des nuages ou qui passent directement de l'air au sol sur lequel ils se déposent. Elles comprennent la pluie, la grêle, la neige, la rosée, le givre, la gelée blanche et la brume qui se dépose.

Tableau I – 7 : répartition de la moyenne mensuelle de la pluie (mm).

Mois	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc	Annuel
P_{moy} (mm)	82.4	76.4	54.2	60.1	46.3	8.2	2.4	3.2	25	55.6	96.5	113.0	623.3
%	13.22	12.26	8.70	9.64	7.43	1.31	0.38	0.51	4.01	8.92	15.48	18.13	/

Source : ANRH (Blida).

On voit que :

- La saison pluvieuse est de mois de Novembre à Février.
- La saison sèche est de mois de Juin, Juillet et Août.
- La saison moyenne est pour les mois de Mars, Avril, Mai, Septembre et Octobre.

I – 3 Régime climatique de la région :

I – 3.1 Représentation de diagramme de Gausсен :

Le diagramme Ombrothermique de Gausсен ou ce qu'on appelle la méthode pluviométrique, représente la variation de précipitation et de température en fonction de temps (mois), et ça pour la détermination de la période sèche (période où l'irrigation est indispensable).

Dans cette représentation, les mois secs sont lesquels où la précipitation (en mm) est sur ou au-dessous de double de la température moyenne mensuelle (en °C), pour les mois humides est bien le contraire.

Pour la représentation on a :

- En abscisse, les mois de l'année;
- En ordonnée, les températures (°C) et les précipitations (mm) de telle sorte que l'échelle des températures soit relative au double de celle des précipitations ($P \leq 2 T$).

Tableau I – 8 : Précipitation (en mm) et températures moyennes mensuelles (en °C).

Mois	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc
P (mm)	82.4	76.4	54.2	60.1	46.3	8.2	2.4	3.2	25	55.6	96.5	113
T (°C)	12.9	12.5	14.1	15.8	18.2	21.7	24.3	25.7	23.3	21	16.2	13.7
2T (°C)	25.8	25	28.2	31.6	36.4	43.4	48.6	51.4	46.6	42	32.4	27.4

Source : ANRH (Blida) ; ONM

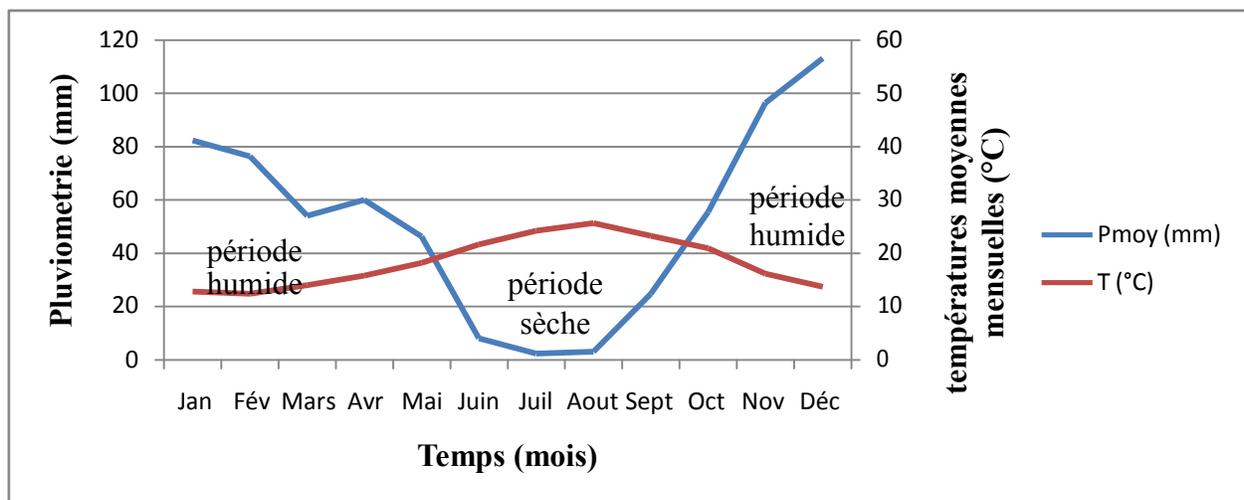


Figure I – 3 : Diagramme Ombrothermique de Gausсен.

De ce graphe (Figure I – 2), on voit que la période humide est pour 08 mois (de Janvier à Mai et d'Octobre à Décembre) ; la période sèche s'étale sur le reste des mois de l'année (de Juin jusqu'à le mois de Septembre), où l'irrigation est indispensable.

I – 3.2 Indice d'Aridité 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 facteur pouvant permettre une classification du climat.

Dans la première moitié du XX^e siècle, le géographe français Emmanuel de Martonne élabore un système de classification des climats par une méthode statistique. Il utilise un indice synthétique regroupant des données hydrométriques et thermiques. Cette méthode statistique sera reprise par la suite pour la classification climatique et perfectionnée grâce au développement des moyens techniques de mesure et d'information sur le climat.

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

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

Avec :

I_A : indice de Martonne

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

T : température moyenne annuelle (en °C).

Tableau I – 9 : Limite des climats d'après l'indice climatique de Martonne

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

Pour notre région d'étude, on a :

$$P_{\text{moy,an}} = 623.3 \text{ mm/an et } T_{\text{moy,an}} = 18.2 \text{ °C.}$$

Donc, on aura :

$$I_A = \frac{623.3}{18.2+10} \Rightarrow I_A = 22.10$$

On voit, d'après le tableau des limite de climat d'après l'indice de Martonne (Tableau I – 9) que l'indice de Martonne est entre 20 et 30, ce que veut dire que notre climat est relativement humide, et que l'irrigation est parfois utile.

I – 3.3 Classification de climat selon le diagramme d'EMBERGER

Le diagramme d'EMBERGER nous renseigne sur la sécheresse, ainsi le type de climat d'une région, en calculant le quotient d'EMBERGER que nous avons le projeter sur ce diagramme bioclimatique. Ce quotient est le suivant :

$$Q = \frac{1000 \cdot P}{\frac{M+m}{2}(M-m)} = \frac{2000 \cdot P}{M^2 - m^2}$$

Avec :

P : précipitation moyenne annuelle (mm).

M : température mensuelle maximale du mois le plus chaud (Kelvin).

m : température mensuelle minimale du mois le plus froid (Kelvin).

Pour :

$$P = 623.3 \text{ mm/an}$$

$$M = 29.1 + 273 = 302.1 \text{ °K}$$

$$m = 9.0 + 273 = 282.0 \text{ °K}$$

$$A.N : Q = \frac{200 \times 623.3}{302.1^2 - 282.0^2} \rightarrow Q = 106.18$$

Après projection des valeurs (Q ; m) sur le diagramme d'EMBERGER (voire Annexes), on voit que le climat de notre région d'étude est sub – humide avec un hiver chaud. Ces résultats complètent celles obtenus par la méthode de Martonne (indice d'aridité de Martonne).

I – 4 Etude hydrologique :

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 événement pluvieux prend une valeur indépendante et aléatoire lors de sa réalisation.

Cette analyse est une méthode statistique de prédiction consistant à étudier les événements passés, caractéristiques d'un processus donné (séries pluviométriques). 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 une 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 ajusté, on aura qu'estimer graphiquement ou analytiquement la valeur d'un événement 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 pluviométrique.

I – 4.1 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. [2]

Le contrôle visuel s'avère toujours efficace et permet de déceler à prime abord les hétérogénéités grossières qui peuvent exister 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. Ce qu'on va faire pour cette série [2]. 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 2011, les valeurs de cette série sont présentées sur l'annexe N°01.

- **Test de Wilcoxon :**

Le test de Wilcoxon ou le test des rangs, il est le plus puissant des tests non paramétrique. Il se repose sur un procédé simple, tel que, soient deux variables aléatoires Y et X, 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 se 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 : [1]

- Soient deux variables Y et X de taille respectivement N_1 et N_2 , avec $N_1 < N_2$ (Y : série à étudier ; X : série de référence). Pour notre cas, on prend Y d'une taille de $N_1 = 11$, et pour X on prend $N_2 = 15$.
- On classe les éléments de la série X U Y par ordre décroissant et on associe à chacune des valeurs le rang qu'elle occupe ; si une valeur se répète plusieurs fois, il faut lui associer le rang moyen qu'elle détermine (voire **Tableau I – 10**).
- Calculons W_Y , W_{\min} et W_{\max} , tels que :
 $W_Y = \Sigma$ des rangs de la série Y.

$$W_{\min} = \frac{(N_1 + N_2 + 1) N_1 - 1}{2} - u_{1 - \frac{\alpha}{2}} \sqrt{\frac{N_1 N_2 (N_1 + N_2 + 1)}{12}}$$

$$W_{\max} = (N_1 + N_2 + 1) N_1 - W_{\min}$$

Avec $u_{1 - \frac{\alpha}{2}}$ représente la valeur de la variable centrée réduite de Gauss correspondant à une probabilité de $1 - \frac{\alpha}{2}$ ($u_{95\%} = 1.96$).

- L'hypothèse nulle est vérifiée si :

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

L'hypothèse de l'homogénéité est rejetée si l'une des deux inégalités précédente n'est pas vérifiée.

Tableau I – 10 : Test de Wilcoxon pour la série pluviométrique de la station de Boumerdes

Y	X	YUX CROIS	Appartenance	Rang
441.5		1005	X	1
645.5		963.8	X	2
434.3		831.7	X	3
516.6		794.5	X	4
413.8		749.2	X	5
566.4		730.9	X	6
130.8		707.4	X	7
376.2		701.6	X	8
547.2		645.5	Y	9
634.9		639.7	X	10
302.5		634.9	Y	11
	701.6	626.4	X	12
	625.2	625.2	X	13
	553.1	566.4	Y	14
	462.4	553.1	X	15
	320.7	547.2	Y	16
	1005	539.6	X	17
	707.4	516.6	X	18
	539.6	462.4	X	19
	749.2	441.5	X	20
	730.9	434.3	X	21
	626.4	413.8	X	22
	639.7	376.2	Y	23
	963.8	320.7	X	24
	794.5	302.5	Y	25
	831.7	130.8	Y	26

N1	N2	Wmin	Wy	Wmax
11	15	110.235	124	186.765

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

I – 4.2 Etude de l'échantillon et choix du type de loi :

Le choix de la loi d'ajustement a des critères, ces critères de choix sont liés à un ajustement graphique, d'abord, en suite le test de dispersion. Les lois d'ajustement sont nombreuses, parmi lesquelles [2] :

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

I – 4.3 Ajustement de la série pluviométrique :

On soumet notre série pluviométrique sous des différentes méthodes d'ajustement, telle que la loi log-normale (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 et la figure :

Tableau I – 11 : Ajustement à une loi Log-normale				
Taille n=	26	Moy.log(x-xo)=	2.737482756	
xo=	0	E.T. log(x-xo)=	0.18344332	I.C. à (en%)= 95 U Gauss= 1.960

Valeurs de départ	Valeurs classées	Ordre de classement	Fréquence expérimentale	Variable réduite	Valeur expérimentale	Valeur théorique	Borne inférieure	Borne supérieure
441.5	130.8	1	0.019	-2.070	130.8	227.8727	155.7279	290.00118
645.5	302.5	2	0.058	-1.575	302.5	280.9316	204.9121	346.358
434.3	320.7	3	0.096	-1.304	320.7	314.976	237.4649	382.62727
516.6	376.2	4	0.135	-1.105	376.2	342.6088	264.229	412.35008
413.8	413.8	5	0.173	-0.942	413.8	367.0117	287.9954	438.92789
566.4	434.3	6	0.212	-0.801	434.3	389.5505	309.9692	463.83044
130.8	441.5	7	0.250	-0.674	441.5	410.9673	330.8036	487.87043
376.2	462.4	8	0.288	-0.558	462.4	431.73	350.9059	511.57639
547.2	516.6	9	0.327	-0.448	516.6	452.1693	370.5585	535.33834
634.9	539.6	10	0.365	-0.344	539.6	472.5424	389.9756	559.47671
302.5	547.2	11	0.404	-0.243	547.2	493.0678	409.3335	584.28038
701.6	553.1	12	0.442	-0.145	553.1	513.9466	428.7892	610.03143
625.2	566.4	13	0.481	-0.048	566.4	535.3776	448.4934	637.02445
553.1	625.2	14	0.519	0.048	625.2	557.5776	468.6077	665.59406
462.4	626.4	15	0.558	0.145	626.4	580.8279	489.3429	696.18026
320.7	634.9	16	0.596	0.243	634.9	605.4229	510.9098	729.2698
1005	639.7	17	0.635	0.344	639.7	631.7201	533.5603	765.46977
707.4	645.5	18	0.673	0.448	645.5	660.1832	557.6185	805.58005
539.6	701.6	19	0.712	0.558	701.6	691.438	583.519	850.69691
749.2	707.4	20	0.750	0.674	707.4	726.3706	611.8726	902.3921
730.9	730.9	21	0.788	0.801	730.9	766.3052	643.5855	963.04577
626.4	749.2	22	0.827	0.942	749.2	813.3653	680.0993	1036.5255
639.7	794.5	23	0.865	1.105	794.5	871.2986	723.9348	1129.7568
963.8	831.7	24	0.904	1.304	831.7	947.7375	780.1706	1257.089
794.5	963.8	25	0.942	1.575	963.8	1062.588	861.8671	1456.7933
831.7	1005	26	0.981	2.070	1005	1310.006	1029.356	1916.8979

Fréquence	U de Gauss	Valeur théo.	Borne inf.	Borne sup.	Valeur	Fréq. théo.	Pér. Ret.
0.8	0,001	779.547	653.949	983.51	779.5471	0,8	5,0
0.5	0,000	546.365	458.487	651.09	546.3649	0,5	2,0
0.2	-0,001	382.933	303.52	456.48	382.9333	0,2	1,3

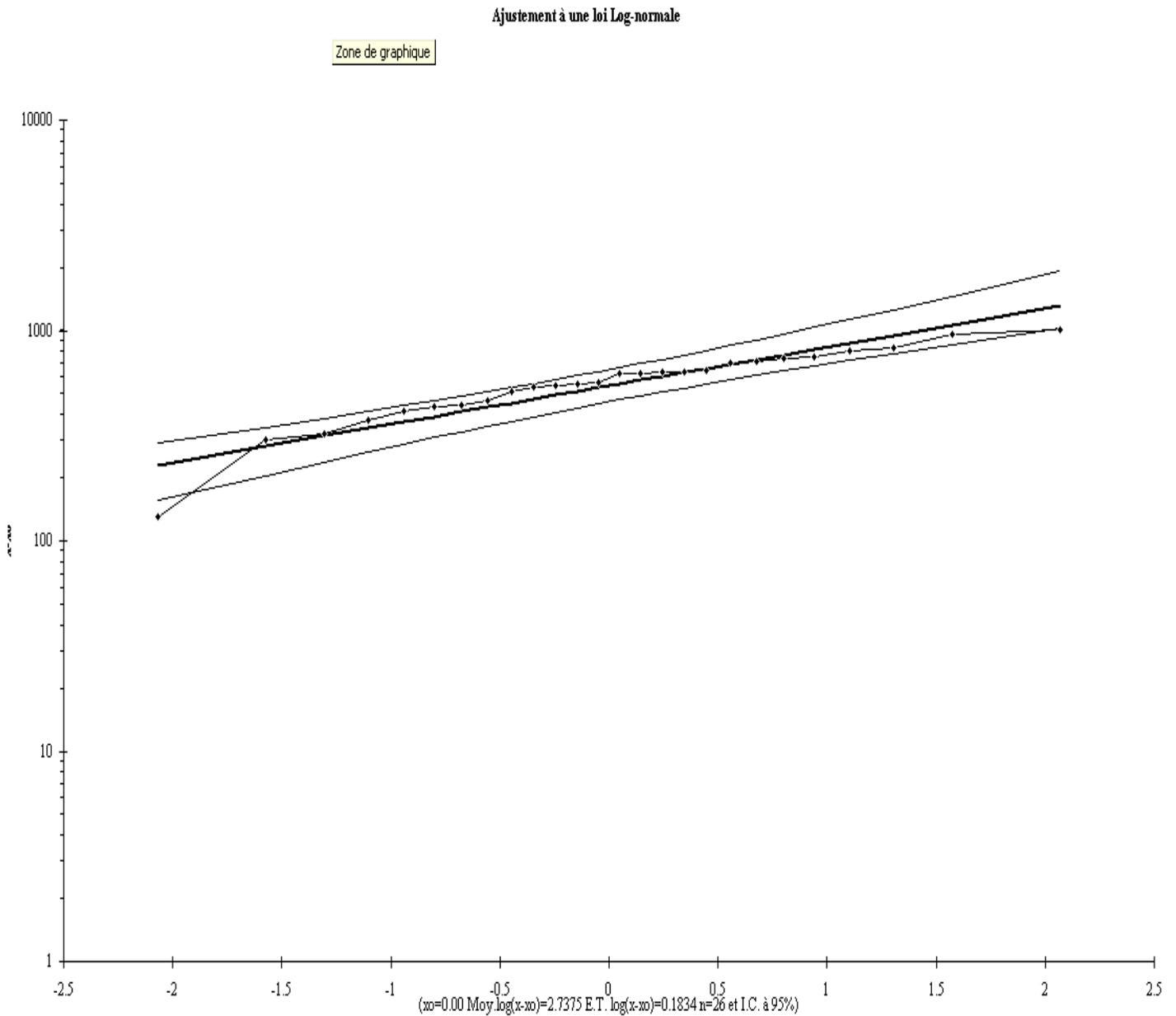


Figure I – 4 : Graphique de la loi log-normale (loi de Galton)

On voit que la droite est bien ajustée, alors nous la retenons pour l'estimation de la pluviométrie moyenne annuelle représentative de la région.

I – 4.4 Détermination de l'année de calcul :

Comme nous sommes dans une région sub humide 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% est de l'ordre de 382.93 mm, celle de 50% est de l'ordre de 546.36 mm avec un rapport $P_{80\%}/P_{50\%}=0.70$.

L'année de calcul est obtenue en appliquant la formule suivante :

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

Les résultats de calcul sont présentés sur le tableau suivant :

Tableau I – 12 : représentation de l'année de calcul.

Mois	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc
$P_{\text{moy mensuelle}}$ (mm)	79.6	61.3	58.4	51.0	44.2	7.9	2.2	3.0	30.6	52.8	86.9	109.2
$P_{\text{moy80\%}}$ (mm)	55.7	42.9	40.9	35.7	30.9	5.5	1.5	2.1	21.4	37.0	60.8	76.5

Source : ANRH (Blida)

D'après ce tableau, on voit que l'année de calcul a une saison humide avec un maximum des pluies moyennes mensuelle de 76.5 mm et une saison sèche en période d'été.

I – 5 Etude pédologique :

L'étude pédologique du périmètre a pour objectifs d'apprécier les potentialités des terres vis-à-vis de l'irrigation, en mettant l'accent sur une hiérarchie d'aptitude des différentes zones et sur l'existence de contraintes éventuelles (nécessité de drainage ou d'assainissement par exemple) [3] ; cette étude permettra donc ultérieurement d'éliminer du périmètre équipé des zones dont les potentialités naturelles seraient insuffisantes pour valoriser un réseau d'irrigation ; elle fournit un premier éclairage spécifique pour le choix judicieux de l'implantation d'une première phase de travaux ; de fournir à l'ingénieur d'irrigation les données fondamentales caractérisant les relations entre le sol et l'eau, à savoir dose d'arrosage et vitesse de filtration.

I – 5.1 Classification du sol de la région d'étude :

D'après la carte pédologique de Boumerdes, le sol de périmètre à étudier est de :

Classe : sol peu évalué.

Sous classe : non climatique.

Groupe : d'apport alluvial.

Sous groupe : modal.

Famille : alluvions récentes calcaire.

Série : profond.

Caractéristiques synthétiques :

Sol profond texture, limono-sableuse en superficie éléments grossiers, structure fragmentaire poly édrique fine à moyenne, fragile, activité biologique moyenne, effervescence à l'HCl.

Description du profil :

- Profil 6 :
Date : 21/03/1981.
Localisation : bord de l'Ouest à 20 m du village Oulad Ben Kassen.
Coordonnées Lambert : longitude 542.3 Est ; latitude 4066.8 Nord ; altitude 20 m.
Topographie : pente nulle (terrasse alluviale).
Végétation : graminées.
Roche mère : alluvions récentes.
Classification française : sol peu évalué non climatique d'apport alluvial modal. Soil-taxonomy : typic xorofihoven.

A₁₁ 0 – 17 cm : humide ; couleur : yellowish brown (10YR 4.5/4) ; tâche jaunâtre (10YR 6/7), peu fréquentes ; texture limono-sableuse ; 8 – 10 % d'éléments grossiers (graviers émoussés, cailloux arrondies) ; structure massive avec un début de structure polyédrique ; non plastique (état humide), non collant (trempé) ; poreux ; nombreuses radicelles à pénétration verticale ; activité biologique moyenne ; effervescence à l'HCl, calcaire sous forme diffuse ; transition peu nette régulière.

A₁₂ 17 – 38 cm : frais ; couleur : brown (10YR 4.5/3) ; texture argileuse ; structure fragmentaire polyédrique fine à moyenne ; plastique (état humide), collant (trempé) ; poreux ; racines moyenne et fine à pénétration verticale ; activité biologique moyenne ; vive effervescence à l'HCl, calcaire sous forme diffuse ; transition distincte et irrégulière.

C₁ 38 – 80 cm : humide ; couleur : brown (10YR 5/3.5) ; tâche rouge calcaire (10YR 6.5/7) à partir de 40 – 45 cm jusqu'à 80 cm ; texture argilo-sableuse ; 10 – 14 % d'éléments grossiers (graviers de quartz, arrondies et anguleux) ; structure partilaire à fragmentaire polyédrique fine, fragile ; peu plastique (état humide), peu collant (trempé) ; porosité moyenne ; racines moyenne et fine à pénétration latérale ; activité biologique moyenne ; vive effervescence à l'HCl, calcaire sous forme diffuse ; transition distincte et irrégulière.

C₂ 80 – 153 cm : couleur : brown (10YR 4.5/3) ; tâche noire (reste de décomposition des racines) ; structure fragmentaire polyédrique grossière, fragile ; peu plastique (état humide), peu collant (trempé) ; peu poreux ; quelque radicelles à pénétration verticales, racines moyennes à pénétration horizontale ; activité biologique faible ; effervescence à l'HCl, calcaire sous forme diffuse.

Tableau I – 13 : Les caractéristiques physico-chimiques du profil 6

N° Echantillon			1	2	3	4
Profondeur (cm)			0 – 17	17 – 38	38 – 80	80 – 153
Symbole			A ₁₁	A ₁₂	C ₁	C ₂
CaCO ₃	%	Total	7.9	7.9	3.1	10.8
PH1/1		Eau	7.70	8.0	8.15	8.35
		PH	7.1	7.1	7.2	7.2
c.biochimique	%	C	1.5	1.7	0.27	1.01
		MO	2.5	2.9	0.4	1.7
Granulométrie	%	A	10.2	45.5	35	34.3
		L	49.8	30.0	9.0	33.7
		Sf	20.0	10.4	8.49	20.0
		Sg	21.1	11.8	46.2	10.3
		C.T	L.S	A	A.S	A
Complexe adsorbant	meq/100g de sol	MO	0.7	0.6	0.7	1.6
		K	1.3	0.2	0.3	0.3
		Ca	9.6	16	6.8	12
		Mg	5.2	4.8	2.0	11.0
		S	16.8	21.6	9.8	24.9
		T	20	24	16	28
	%	V	87	90	61	89

I – 6 les ressources en eau :

La région de Corso compte plusieurs ressources souterraine et superficielle, tels que Oued Corso et Oued Boudouaou, et plusieurs forages et puits. Le périmètre d'étude est irrigué par les eaux non conventionnelles de la station d'épuration de Boumerdes, ces eaux sont pompées par une station de pompage, qui a les caractéristiques suivantes :

- HMT = 20 m

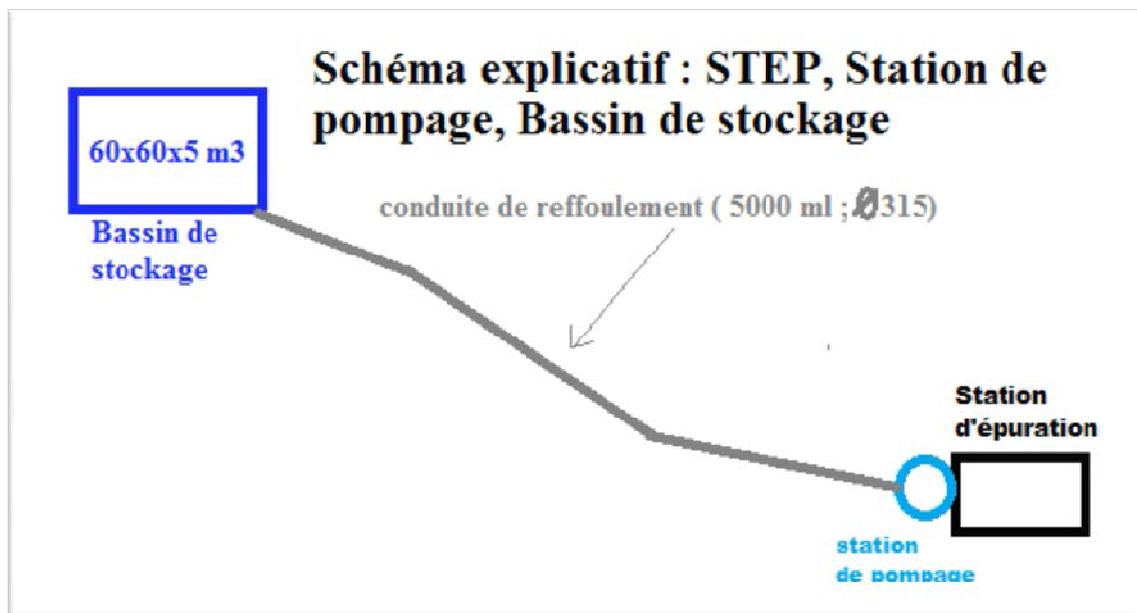
Cette station pompe les eaux vers un bassin de stockage par une conduite PVC de longueur de 5000 mL et un diamètre de $\varnothing 315$ mm. Le bassin de stockage a une capacité de 18000 m³.

Conclusion :

Dans ce chapitre on a traité les principales caractéristiques de périmètre à étudié, ça nous aidera à mieux connaître le terrain et qui nous facilitent la tâche, tels que la détermination des besoins en eau des cultures à irriguer, sans oublier le dimensionnement de réseau d'irrigation.

Les paramètres principaux à retenir de ce chapitre sont :

- Le terrain est d'une topographie plane, où la pente ne dépasse pas 0.2%.
- L'existence de deux saisons, saison humide et saison sèche (juin, juillet et août) représente la période d'irrigation (diagramme Ombrothermique de Gausson).
- Les analyses statistiques des données hydrologiques : la zone d'étude est caractérisée par une pluie moyenne annuelle de 546.4 mm et la pluie de 80% (P_{80%}) est de l'ordre de 382.9 mm.
- Pédologie : le sol est limono-sableux, sol perméable peu enrobés de colloïdes, sol filtrant, donc c'est un sol équilibré.



CHAPITRE II : ETUDE THEORIQUE SUR LA REUTILISATION DES EAUX USEES

Introduction :

La réutilisation des eaux usées épurées est une pratique très répandue ; Actuellement, l'eau usée traitée provenant des stations d'épuration existantes, lorsque celles-ci sont opérationnelles, dans les régions où les besoins en eau ne sont pas satisfaits. Etant donné la situation critique que vit l'Algérie en matière de ressources en eau, nous sommes dans l'obligation de trouver des solutions rapides à ces stations, car, si dans un passé non lointain, la ressource en eau non conventionnelle en Algérie était évoquée très timidement, aujourd'hui elle devient une solution alternative aux ressources conventionnelles qui se font de plus en plus rares. Pour utiliser ces eaux il faut les récupérer après un traitement au niveau des stations d'épuration, à les stocker et après on peut les utiliser pour l'irrigation.

II – 1 Objectifs de la réutilisation des eaux usées :

L'objectif majeur de la réutilisation des eaux usées épurées est non seulement de réaliser des économies d'eau et ainsi accroître la ressource disponible, mais aussi de protéger l'environnement. Donc, on peut dire que la réutilisation des eaux usées épurées est une action planifiée qui vise la production des quantités complémentaires en eau pour différents usages afin de combler des déficits hydriques.

L'intérêt porté par l'Algérie à la réutilisation des eaux usées en irrigation a pour origine des besoins en eau en forte augmentation, Les eaux usées représentent une des composantes de l'offre globale en eau au même titre que les eaux superficielles et souterraines.

II – 2 La réutilisation des eaux usées dans le monde :

L'utilisation des eaux usées en agriculture dans ce que l'on appelle les «champs d'épandage» a débuté à la fin du dix-neuvième siècle en Australie, en France, en Allemagne, en Inde, en Grande-Bretagne et aux Etats-Unis, et en 1904 en Mexique. Dans certaines régions tempérées, cette pratique, qui nécessitait des surfaces de plus en plus grandes est devenue

impossible, à mesure qu'augmentait le volume des eaux usées récupérées et que les terres disponibles à proximité des villes allaient en diminuant. Parmi les pays susmentionnés, seuls l'Australie (Melbourne), l'Inde, l'actuelle République fédérale d'Allemagne et le Mexique continuent à pratiquer l'épandage des eaux usées. Ailleurs, elles sont réutilisées de différentes manières. Leurs réutilisations indirectes, c'est-à-dire le captage de l'eau de rivières recevant des eaux usées, est pratiqué dans le monde entier.

Au cours des vingt dernières années, il y a eu un considérable regain d'intérêt pour l'utilisation des eaux usées pour l'irrigation dans les régions arides et semi-arides, où les autres sources d'approvisionnement en eau sont rares et où il est nécessaire d'accroître la production vivrière locale. Les responsables de la planification des ressources en eau ont fini par reconnaître l'utilité de cette pratique, à la fois pour la conservation de l'eau et le recyclage des éléments nutritifs, et pour éviter la pollution des eaux de surface et des eaux souterraines. Le public n'y a vu aucune objection dans la mesure où les précautions sanitaires nécessaires étaient prises. La réutilisation des effluents traités pour l'irrigation des cultures et pour l'arrosage des espaces verts urbains (comme les parcs ou les terrains de golf) s'est considérablement développée en Australie, en Amérique latine, en Afrique de Nord, en Espagne, dans les autres pays méditerranéens et aux Etats-Unis. Dans certains pays – Israël, Jordanie, Pérou, Arabie Saoudite – le gouvernement autorise la réutilisation de tous les effluents provenant des stations d'épuration, principalement pour l'irrigation.

Au cours des cinquante dernières années, de nombreux pays ont adopté des normes microbiologiques très strictes, fondées exclusivement sur des critères d'indicateur bactérien. Ceux qui en avaient les moyens ont opté pour le traitement tertiaire et se sont dotés d'installations pour le filtrage rapide dans le sable et la chloration des eaux usées ayant subi un traitement biologique secondaire. Dans plusieurs régions, il est envisagé d'ozoniser les effluents, même après ce traitement tertiaire, pour éviter tout risque pour les populations qui jouissent maintenant de très bonnes conditions de santé.

A l'heure actuelle, ces procédés coûteux, impliquant un traitement tertiaire, ne sont jugés nécessaires en aucun pays. Toutefois, la méconnaissance des risques réels pour la santé publique et l'adoption fréquente de normes inapplicables ont amené les pays plus pauvres à penser que la réutilisation des effluents pour l'irrigation est un procédé coûteux, nécessitant des moyens de traitement sophistiqués. Cela s'est traduit d'une part par l'absence de planification de l'utilisation des eaux usées là où des égouts ont été installés, et d'autre part, par l'utilisation incontrôlée, par

les agriculteurs des eaux usées brutes ou des effluents traités, déversés dans des canaux contenant des eaux de surface. Il est impératif, en particulier dans les régions arides et semi-arides, de considérer la réutilisation des eaux usées comme un mode d'évacuation possible, et non comme une solution exceptionnelle. Pour y parvenir tout en assurant la protection de la santé, il faut formuler des directives plus réalistes, tenant compte des connaissances épidémiologiques acquises au cours des dernières années.

II – 2.1 Quelques exemples de réutilisation dans le monde :

II – 2.1.1 L'Europe du Nord:

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

Ainsi, en Grande Bretagne, la recharge des nappes par des eaux usées traitées constitue une forme de recyclage des eaux. L'Allemagne est également concernée par l'irrigation avec des eaux usées urbaines. Dans ce pays on utilise les eaux usées urbaines pour l'irrigation de céréales, de betteraves, de pomme de terre ou des prairies.

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

II – 2.1.2 Le continent américain :

La réutilisation aux fins d'agrément est pratiquée depuis 1955 aux Etats-Unis. Outre l'arrosage de parcs, des terrains de golf et de jardins publics, on peut souligner comme exemple singulier la création de lacs artificiels alimentés en tout ou partie par des eaux usées épurées. Des études publiées en 1994 ont montré que les traitements poussés des eaux usées par des procédés à membranes étaient appropriés pour respecter les réglementations. (M. Trad Raïs et al, Sept 2003) En effet les réglementations concernant la réutilisation aux états unis sont très sévères, par exemple, 2.2 coliformes fécaux par 100 millilitres en 1993 (état de Californie). Ce qui est très loin de la réglementation imposée par l'organisation mondiale de la santé (OMS) qui est de 1000 coliformes fécaux par 100 millilitres. Dans ce pays 34 états disposent des réglementations ou des recommandations relatives à l'utilisation des eaux usées à des fins agricoles.

Sur le continent américain, cette pratique est également réalisée dans plusieurs pays d'Amérique du Sud ainsi qu'au Mexique. Par exemple, la ville de Mexico utilise les effluents traités par ses 16 stations d'épuration pour l'irrigation des parcs, des jardins publics et des équipements de loisirs. Il faut souligner que seulement 6% des eaux usées brutes sont épurés. En 1996, les eaux usées brutes de Mexico étaient encore utilisées en irrigation agricole et notamment dans le cadre du plus grand plan d'irrigation du monde (irrigation de 85000 hectares de maïs, d'orge et de tomates). Mais les critères sanitaires de la législation mexicaine concernant l'utilisation des eaux usées en agriculture ont été modifiés et reprennent désormais les recommandations de l'OMS (FAO, septembre 2003).

II – 2.1.3 Le bassin méditerranéen:

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

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

En Tunisie, au niveau industriel, le secteur n'est pas encore attiré par la réutilisation des eaux usées traitées (EUT). Il faut dire que la fin de la dernière décennie, « les sites industriels offrant une opportunité pour cette réutilisation ne sont pas encore identifiés ». Dans ce cadre, il s'agit d'évaluer la possibilité de substituer les ressources en eau conventionnelle par les eaux usées traitées (EUT), outre l'étude de faisabilité économique et technique de tels projets. Cela peut se faire par la coopération entre l'Agence de réutilisation des eaux usées traitées (EUT), l'ONAS et les bénéficiaires du côté industriel. Par contre, dans le secteur agricole, l'expérience est déjà en constante progression. « Le potentiel mobilisable des ressources en eau identifiées (1999) est de

quatre milliards de mètres cubes dont 80 % ou plus sont déjà mobilisées ». Ce volume « est potentiellement disponible sous forme d'eau usée traité (EUT) à partir du parc des 55 stations d'épuration existantes. Ils subissent un traitement secondaire et sont fournis gratuitement par l'ONAS ». « La principale filière de réutilisation des eaux usées traitées (EUT) est l'irrigation. Les périmètres irrigués par ces eaux couvrent actuellement une superficie totale d'environ 6400 ha. Les volumes réutilisés demeurent très variables d'une année à l'autre allant de 12,5 M m³ en 1994 à 35 M m³ en 1996.

Les principales cultures irriguées sont les cultures fourragères et les céréales – cultures à faible plus-value - qui couvrent plus de 2/3 de ces terres. Il y a aussi l'arboriculture et les cultures industrielles. Enfin, cette irrigation avec les eaux usées traitées (EUT) s'étend aux terrains de golf qui couvrent une superficie d'environ 6000 ha. Le volume total réutilisé sur l'ensemble de terrain de golf a été de 4 Mm³ en 1996. Ainsi, les principaux exploitants des eaux usées traitées (EUT) sont le Ministère de l'Agriculture et l'Agence Foncière du Tourisme (AFT). Cette dernière se charge de l'adduction des eaux usées traitées (EUT) pour l'arrosage des terrains de golf et de quelques jardins d'hôtels dans les grandes zones touristiques ». (Zargouni, 1999).

En Algérie, l'eau usée traitée provenant des stations d'épuration existantes, lorsque celles-ci sont opérationnelles, est rejetée dans les oueds, mais dans les régions où les besoins en eau ne sont pas satisfaits. Il serait donc illogique de continuer de déverser l'eau traitée dans les oueds. Actuellement le parc d'installation d'épuration se compose de 77 stations (secteur urbain 35, secteur industriel 34, secteur du tourisme 8). Les capacités de traitement installées sont estimées à la fin 1987 à près de 140 millions de m³ / an. Actuellement, la plupart des stations d'épuration sont à l'arrêt pour diverses raisons, notamment celle concernant la maintenance.

II – 3 Domaines de la réutilisation des eaux usées :

Les eaux usées représentent une des composantes de l'offre globale en eau au même titre que les eaux superficielles et souterraines. La majorité des projets de réutilisation des eaux usées concerne des utilisations agricoles. Pour ce secteur, la réutilisation des eaux améliore les rendements des cultures et apporte des bénéfices financiers. L'irrigation de cultures ou d'espaces verts est la voie la plus répandue de réutilisation des eaux usées urbaines. Au niveau mondial, c'est également la solution qui a le plus d'avenir à court et à moyen terme.

La réutilisation industrielle des eaux usées et le recyclage interne sont désormais une réalité technique et économique. Pour certains pays et types d'industries, l'eau recyclée fournit 85 % des besoins globaux en eau. Les secteurs les plus grands consommateurs en eau sont les centrales thermiques et nucléaires (eau de refroidissement) et les papeteries. La qualité de l'eau réutilisée est réglementée et dépend du type d'application ou de production industrielle. La part des eaux usées urbaines ne dépasse pas 15% du volume des eaux réutilisées en industrie. Aux Etats-Unis, par exemple, le volume des eaux résiduaires réutilisées en industrie est d'environ 790 000 m³/j, dont 68 % pour le refroidissement.

Les usages urbains et périurbains des eaux usées correctement traitées se développent rapidement et deviennent un élément fondamental de la politique de gestion intégrée de l'eau dans les grandes agglomérations. Plusieurs municipalités du Japon (pionnier des pays en voie de développement : 8 % du volume total des eaux usées réutilisées soit environ 8 millions de m³ par an) et des villes des Etats-Unis ont déjà construit des systèmes de distribution double : eau potable et eaux usées à réutiliser.

Les bénéfices obtenus sont importants. Il faut noter en premier, la réduction de la demande en eau potable qui peut atteindre 10-15 %, voire 40 % dans les zones résidentielles avec beaucoup d'espaces verts. Les usages les plus courants sont l'irrigation d'espaces verts (parcs, golfs, terrains sportifs), l'aménagement paysager (cascades, fontaines, plans d'eau), le lavage des rues ou des véhicules et la protection contre l'incendie. Une autre application importante est le recyclage en immeuble avec, par exemple l'utilisation de l'eau ménagère traitée pour le lavage des sanitaires. Les normes qui régissent la qualité des eaux usées destinées à de tels usages sont très sévères et voisines à celles en vigueur pour l'eau potable.

Pour les usages urbains, l'Afrique du Sud et l'Australie sont les pays dont les normes sont les plus sévères. Ils exigent respectivement une qualité d'eau potable et l'élimination totale des virus. Dans ce cas, les filières de traitement se rapprochent de celles de production d'eau réutilisée pour des usages potables.

Le progrès technologique du métier de l'eau permet de produire une eau de très bonne qualité, même à partir des eaux usées. De nombreuses études ont conclu à l'absence d'objection pertinente à la réutilisation des eaux résiduaires correctement traitées à des fins potables. Toutefois, les principales contraintes pour ce type d'usage sont psychologiques et culturelles

associées à la perception de l'eau usée comme dangereuse et malsaine. De ce fait, la tendance principale aujourd'hui est l'usage indirect, après un séjour temporaire de l'eau usée traitée dans le milieu naturel. En fonction de la destination de l'eau réutilisée, ce type de réutilisation peut être classé soit dans la catégorie de réutilisation potable, soit pour des usages non potables. Dans le premier cas, il faut souligner l'impact psychologique très positif de ce détour par le milieu naturel qui permet à l'eau destinée à la réutilisation de perdre son identité d'eau usée.

II – 4 Les risques de la réutilisation des eaux usées pour la santé :

Faute de données épidémiologiques adéquates, les directives et les normes en vigueur jusqu'à présent pour la qualité des eaux usées réutilisées étaient fondées essentiellement sur des critères microbiologiques. L'objectif était d'éliminer tous les organismes pathogènes d'origine fécale pour éviter les risques pour la santé résultant de la présence de micro-organismes contenus dans les excréments.

II – 4.1 Toxicité chimique :

La toxicité due aux composés chimiques (métaux lourds essentiellement) pourrait provenir de l'accumulation de ceux-ci dans les cultures (effet de concentration) et leur transmission aux consommateurs (humain ou bétail). Il faut également signaler que les quantités de métaux lourds apportés par les boues d'eaux résiduaires utilisées en agriculture sont nettement supérieures à celles apportées par les eaux usées. De ce fait, les problèmes dus aux éléments - traces minéraux ne devaient se poser que dans certaines situations particulières. Par contre, cet aspect doit être examiné de manière plus approfondie dans le cas d'épandage d'eaux résiduaires (effluent brut).

II – 4.2 Agents pathogènes :

Les eaux usées sont des milieux particulièrement favorables aux développements des microorganismes de tout genre, notamment en ce qui concerne les bactéries pathogènes et les virus. La composition microbiologie des effluents est extrêmement conditionnée par les modes de vie et les conditions sanitaires régionales. La contamination susceptible de se produire se situe à différents niveaux.

II – 4.3 Le consommateur :

La protection du consommateur passe par une réglementation de la qualité sanitaire des eaux utilisées pour l'irrigation. Il faut tout de même souligner l'absence d'étude portant sur les effets sanitaires liés à la REU, donc actuellement, il n'existe pas de normes bactériologiques bien définies relative à l'eau utilisée à des fins d'irrigation.

D'autre part, la qualité bactériologique dépend des cultures pratiquées. Pour certaines, un niveau de 104 à 105 bactéries coliformes sera acceptable. Pour d'autres, ce niveau pourra descendre à moins de 100 / 100 ml, nécessitant ainsi une désinfection de l'eau.

II – 4.4 Cultures légumiers :

Presque tous les cas d'épidémies cités dans la littérature concernent la consommation de végétaux crus et l'utilisation d'eaux résiduaires brutes, de matière de vidange ou de boues brutes. Compte tenu de l'efficacité des traitements d'épuration et de la désinfection, l'utilisation des eaux résiduaires sur des végétaux à consommer crus est inacceptable, quel que soit le stade de traitement.

II – 4.5 Cultures fourragères :

L'utilisation des eaux résiduaires urbaines sur prairies pâturées est possible sous réserve de respecter un délai entre épandage et pâturage. Les problèmes posés par les bactéries ne semblent pas majeurs, seuls les parasites risquent d'empêcher cette utilisation et de la réduire à des eaux traitées désinfectées. Par ailleurs il serait intéressant d'avoir des informations sur le devenir des agents pathogènes dans l'ensilage. L'utilisation des eaux résiduaires sur prairies de fauche ne semble pas poser de grands problèmes.

II – 4.6 Le personnel d'exploitation :

Pour le personnel d'exploitation, la prévention passe par une formation sur les précautions à prendre. Quelques études menées sur le risque sanitaire pour le personnel font ressortir que ce risque n'est pas plus élevé que pour le personnel travaillant sur les stations d'épuration.

II – 4.7 Le voisinage immédiat :

Il est à mentionné également qu'une épuration insuffisante peut aussi entraîner des nuisances pour le voisinage immédiat en ce qui concerne les odeurs et le développement de moustiques.

Il convint donc, dans la mesure du possible que les terrains agricoles utilisés soient suffisamment éloignés des habitations et en aval par rapport aux vents dominants, d'autant plus l'irrigation qui se fait par asperseurs les risques de contamination humaine par les bactéries ou virus transportés par les aérosols sont toujours possibles. Pour remédier à cela, il a été mis en place sur certaine réalisation, une zone morte autour du périmètre irrigué ou un rideau d'arbres protecteurs.

Conclusion :

La réutilisation des eaux usées est une technique en pleine expansion, principalement associée à l'agriculture. De nombreuses solutions techniques permettent de répondre aux normes de réutilisation existantes, en particulier aux directives de l'OMS sur l'irrigation restreinte et sans restrictions.

Dans les pays où les réserves actuelles d'eau douce sont, ou seront prochainement, à la limite du niveau de survie, le recyclage des eaux usées semble être la technique alternative la plus abordable, tant au niveau financier (les traitements extensifs sont les plus adaptés) qu'au niveau technique pour les réutilisations agricoles, industrielles et urbaines ne nécessitant pas une eau de qualité potable.

Les avantages de la réutilisation et du recyclage des eaux usées sont reconnus par de nombreux pays ; ils sont inscrits dans leurs schémas directeurs de l'eau et dans leur politique nationale.

CHAPITRE III : PRESENTATION DE LA STATION D'EPURATION DE BOUMERDES :

Introduction :

La pollution des eaux usées de diverses natures et de diverses origines se manifeste généralement sous quatre formes principales : elle peut être d'origine organique, toxique (minérale et organique) ou enfin être uniquement d'origine minérale par le rejet, par exemple de produits fertilisants.

A chacune de ces formes de pollution correspond nécessairement une modification du milieu récepteur qui se traduit indirectement et à plus ou moins long terme, par des conséquences néfastes sur l'individu. [2]

C'est le cas pour la station d'épuration de Boumerdes, dans le but de préserver le littoral de la zone côtière de la Wilaya sur 40 km de l'embouchure de Oued Corso à l'embouchure de Oued Isser, dix (10) stations de relevage sont implantées sur toute la côte pour relever plus de 10.000 m³/jour d'eaux usées et les transférer vers le lieu de leur traitement au niveau de la STEP de Boumerdes et la STEP de Zemmouri, deux (02) stations de relevage sont implantées à Thenia pour relever 1.500 m³/jour et les transférer vers la STEP de Thenia. Le volume d'eaux usées traité par les 03 STEP est de 5,2 Hm³/an dont 0,5Hm³/an sont réutilisées en irrigation.

III 1 situation de la station d'épuration de Boumerdes :

La station d'épuration de Boumerdes est située dans la commune de Boumerdes, environ 2 km de centre ville au Sud-ouest, à coté de oued Tatareg où il est prévue de rejeter les eaux usées épurées. Les eaux sont acheminées vers la STEP par un réseau de transfert important constitués de 08 stations de relevages (voir la figure III – 1 : schéma directeur d'assainissement de Boumerdes). Cette station d'épuration est construite dans le cadre de protection de littorale ; elle est réalisée en 1996 et mise en service en 2001. La STEP de Boumerdes à une capacité de 75000 Eq/hab (fonctionne à 80% de la capacité installé), elle produit 26000 kg/mois de boues et a un débit sortant de 5100 m³/j.



Figure III – 1 : Schéma directeur d'assainissement de Boumerdes.

III – 2 Définition de la pollution à traiter : [4]

L'eau à traiter a les caractéristiques suivantes :

- Volume journalier : 15 000 m³/j.
- Débit moyen 24 heures : 625 m³/h.
- Débit de pointe temps sec : 1 063 m³/h.
- Débit de pointe temps de pluie : 1 944 m³/h.
- DBO5 journalière : 4 050 kg/j.
- MES journalières : 5 250 kg/j

Tableau III – 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	5.60	255	23.25
DCO (mg/l)	320.20	20	479	48
N-NH4 (mg/l)	27.86	0.34	30.72	10.50
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	9.60	7.32	1.2
P-PO4 (mg/l)	4.65	2.53	5.5	4.46
PH	7.36	7.24	7.39	7.50
T°C	16.68	16.50	25.03	25.34
Cond. µs/s	-	-	-	-

Source : la STEP Boumerdes

Tableau III – 2 : Charges de la pollution éliminée.

Paramètres		MES (kg/mois)	DBO5 (kg/mois)	DCO (kg/mois)
Décembre	Entré de la STEP	76 028.48	13 746.65	21 471.65
	Sortie de la STEP	3 036.22	340.25	1 214.90
	Charge de la pollution éliminée	72 992.26	13 406.50	20 256.75
Juillet	Entré de la STEP	117 826.69	112 207.52	210 774.13
	Sortie de la STEP	5 057.54	8 065.65	16 651.68
	Charge de pollution éliminée	112 779.15	104 141.87	194 122.45

Source : La STEP Boumerdes

III – 3 Principe du traitement d'eau : [8]

La station d'épuration de Boumerdes adopte le principe de traitement biologique par les boues activées à faible charge, elle vise un rendement d'épuration plus de 88 %, l'eau épurée a une charge de 30 mg/l de MES, 30 mg/l de DBO5 et 90 mg/l de DCO.

Le traitement au fil de l'eau comporte les étapes suivantes :

- Arrivée des eaux, by-pass et bassin d'orage.
- Dégrillage.
- Dessablage et dégraissage.
- Aération biologique.
- Clarification.
- Désinfection de l'eau traitée.

III – 3.1 Arrivée des eaux et bassin d'orage :

Une partie des effluents est envoyée par pompage directement dans le canal d'alimentation du prétraitement par la station de relevage SR3 par une conduite de 600 mm, et la seconde partie dans la bêche de relèvement récupérant les eaux de la station par une conduite de diamètre de 600 mm gravitaire.

Ce post de relèvement permet de :

- L'alimentation du prétraitement en aval ;
- Le by-pass total des installations par manœuvre d'un batardeau contrôlant l'entrée générale de la station.

Un déversoir d'écrêtage alimente un bassin un bassin d'orage de tout débit supérieur au débit accepté par l'installation suivant le nombre de bassins d'aération en service. Deux pompes submersibles permettent de relever ces eaux vers le prétraitement, sur la base de vidange du bassin plein, laissant ainsi rapidement le volume disponible pour réguler le débit entrant, sans toutefois surcharger le traitement ultérieur.



Figure III – 2 : arrivée des eaux et bassin d'orage.

III – 3.2 Prétraitement :

III – 3.2.1 Dégrillage :

L'ensemble de dégrillage comporte un dégrilleur automatique fin du type à champ courbe, avec espacement entre barreaux de 20 mm, le dégrillage grossier ayant déjà assuré dans les stations de pompage en amont et par panier dans la fosse de relevage sur site.

Le refus sont évacués par convoyeur à vis vers une benne ou tout autre dispositif de stockage.

En cas d'avarie ou d'entretien sur le dégrilleur automatique, il est prévu un canal de by-pass équipé d'un dégrilleur de secours à champ droit à nettoyage manuel et espacement entre barreaux de 20 mm. Il est isolé par des batardeaux en aluminium à gestion manuelle.

Tous les canaux de dégrillage sont isolables par le même dispositif de batardeaux manuels en aluminium.



Figure III – 3 : Dégrilleur.

III – 3.2.2 Dessablage-dégraissage :

Les ouvrages circulaires de dessablages-dégraissage ont pour but :

- L'élimination par décantation de la plus grande partie des sables de dimensions supérieures à 150-200 μm .
- L'élimination d'une grande partie des matières flottantes (graisses, écumes, ...) en partie supérieure des ouvrages.

Ses caractéristiques hydrauliques sont les suivantes :

- La charge hydraulique au débit de pointe de temps sec est de 16.8 $\text{m}^3/\text{m}^2/\text{h}$
- Temps de séjour au débit de pointe de temps sec est de 8.3 mn

La rétention des particules sableuses contenues dans l'eau résiduaire urbaine est indispensable, car elle permet :

- D'éviter l'abrasion des engins mécaniques.
- D'éviter les surcharges dans les étapes suivantes du traitement, notamment en cas de pluie, où la quantité journalière de sable arrivant sur la station peut être multipliée de 3 à 7 fois.
- D'éviter l'accumulation de sables dans les étapes ultérieures de traitement.
- La quantité de sable piégé est de l'ordre de 15 à 40 mg/l.

L'élimination des graisses permet :

- D'améliorer la qualité visuelle de la surface des ouvrages ultérieurs.
- De limiter la quantité de flottants et graisses susceptibles de se coller, de s'agglutiner ou de flotter dans les ouvrages situés en aval et qui peuvent créer des problèmes de colmatages et de fermentation.
- La quantité de graisses piégées est de l'ordre de 5 à 15 mg/l.

III – 3.3 Ouvrage de répartition :

Un ouvrage de répartition permet d'aiguiller l'eau à traiter vers les différentes files de traitement par l'intermédiaire de batardeaux. Une lame de surverse sert de by-pass de l'aération en cas de sur débit.

III – 3.4 Bassin d'aération :

Les eaux prétraitées sont dirigés vers 3 bassins d'aération munis de turbines type « acti-rotor » permettant l'aération prolongée et la culture bactérienne à l'origine du traitement.

Les bassins reçoivent d'autre part la « liqueur mixte » constituée par la recirculation des boues provenant des clarificateurs finaux

- Nombre de bassins : 3.

- Volume unitaire : 3600 m³.
- Profondeur : 4.5 m.
- Nombre d'aérateurs : 9.



Figure III – 4 : bassin d'aération.

III – 3.5 Clarification finale et ouvrage de recirculation :

Les eaux sortantes des ouvrages d'aération sont dirigées vers 3 clarificateurs de diamètre 24 m. La base de dimensionnement étant de 0.8 m/h par pointe de temps sec, la surface requise est de 1330 m². Les boues décantées au fond de chaque ouvrage sont dirigées à l'aide d'un racleur vers un puits central de collecte. Elles sont reprises par une tuyauterie les acheminant vers la bêche de recirculation attenante aux bassins d'aération. Une partie des boues est recirculée en tête d'aération sous le nom de liqueur mixte et une partie est extraite pour être envoyée vers l'épaississeur.

Les eaux décantées sont recueillies par surverse dans une rigole périphérique pour être dirigées vers la désinfection et le canal de comptage.



Figure III – 5 : clarificateur.

III – 3.6 Canal de comptage et désinfection de l'eau traitée :

L'eau clarifiée transite vers un ouvrage en béton comportant un certain nombre de canaux en chicanes. Un premier canal permet la mesure du débit d'eau traitée.

Une série de canaux en chicane permet d'assurer un contact prolongé entre l'eau à désinfecter et l'eau chlorée.

Caractéristiques générales :

- Largeur des canaux : 1 m
- Volume total : 385 m³
- Temps de séjour au débit de pointe de temps sec : 20 mn

La dose de chlore prévue est de 9.5 g/m³ et est assurée par un ensemble de chloration à partir de chlore gazeux.

Remarque :

Actuellement la station ne suit pas le procédé de chloration, car la réutilisation des eaux usées épurées de cette station est pour des fins agricoles.

III – 3.7 Eau industrielle :

L'eau traitée est pompée avant son rejet par deux groupes de pompe :

- Un groupe permet de fournir de l'eau industrielle pour la presse et pour différents emplois dans la station.
- Un groupe est spécialement réservé pour alimenter en eau motrice la chloration.

L'eau industrielle service est gérée par pressostat de régulation.

L'eau industrielle moteur est dépendante de la mise en service de la chloration.

III – 4 Principe du traitement des boues :

Le traitement des boues issues de la décantation clarification comporte deux étapes :

- Un épaissement statique.
- Une déshydratation mécanique.

III – 4.1 Epaissement des boues :

Avant transfert en déshydratation, il est nécessaire d'épaissir au maximum les boues dans le but essentiellement de traiter de plus faibles volumes et donc d'avoir des ouvrages et équipements plus compacts.

L'épaissement n'est pas le « dépotoir » final du traitement de l'eau mais l'ouvrage intermédiaire indispensable entre la chaîne de traitement d'eau et la chaîne de traitement des boues.

Son but est de :

- Soulager le traitement de l'eau en captant au maximum les boues produites par cette chaîne de traitement en lui restituant une surverse peu chargée dite « claire » afin

d'éviter tous les stockages préjudiciables de boues dans les ouvrages de traitement d'eau.

- Fournir à la chaîne de traitement des boues un « produit » rassemblant le maximum de qualité tant en concentration qu'en « fraîcheur » afin d'assurer les conditions optimales de déshydratation.

L'épaississeur doit être considéré comme un ouvrage à part entière remplissant les mêmes fonctions qu'un décanteur (qu'il soit primaire ou secondaire), c'est-à-dire qu'il réalise une séparation solide liquide.

Caractéristiques dimensionnelles :

- Diamètre intérieur est de 13 m.

Caractéristiques fonctionnelles :

- La charge massique est : $30 \text{ kg/m}^2/\text{j}$.
- Volume journalier à transférer en déshydratation est de 792 m^3 .

Les boues épaissies sont reprises au fond de l'ouvrage pour être refoulées vers la déshydratation à l'aide d'une pompe à vitesse variable afin d'ajuster le débit de boues à déshydrater.

III – 4.2 Déshydratation mécanique des boues sur bandes presseuses :

Les boues épaissies sont d'abord floculées avant d'être envoyées sur une bande presseuse SUPERPRESS ST3. L'ajout des polymères en faible quantité est nécessaire afin d'améliorer des boues.

Caractéristiques générales de la SUPERPRESS :

- Largeur de bande est : 2 m.
- Capacité unitaire est : 150 kg MS/m/h .
- Temps de fonctionnement journalier avec une SUPERPRESS en service est : 13.6 h.
- Consommation de polymère moyenne est : 20 kg/j .
- Siccité des boues déshydratées est : $15 \pm 1\%$.
- Masse journalière des boues produites est : 4 t/j boues sèches.

La poste automatique de préparation et de dosage de polymère liquide à partir de polymère en poudre et d'eau potable (l'eau potable alimente aussi la dilution secondaire du polymère).

Le débit d'eau de lavage de la SUPERPRESS est de $20 \text{ m}^3/\text{h}$, à 5 bars en eau industrie.

III – 5 Description des équipements :

III – 5.1 Dégrilleur à grille courbe :

Le dégrilleur est monté dans un canal de 1 mètre de large ; il est composé d'une grille courbe en acier galvanisé.

Le fonctionnement du râteau de dégrillage est asservi :

- A une minuterie permettant un réglage cadence-durée.
- A un contacteur à flotteur monté en partie amont et enclenchant le nettoyage du champ de grille en cas de colmatage intempestif du champ entre deux commandes automatiques.

III – 5.2 Dessaleur-dégrilleur cylindrique :

Les ouvrages de dessablage-dégraissage sont alimentés par une entrée centrale, parcourt tout l'ouvrage et sort à l'autre extrémité à travers un orifice immergé, puis passe sur un déversoir aval de maintien d'eau.

a – Dégraissage :

Afin de maintenir en suspension les matières organiques et qu'elles ne se déposent pas avec les sables au fond du bassin, les dessableurs sont brassés à l'air en permanence. Ce brassage est réalisé par insufflation d'air à partir d'une soufflante immergée. Un racleur permet de récupérer les graisses qui sont dirigées vers une trémis (pour chaque ouvrage).

b – dessablage :

Le sable ainsi que les matières lourdes sont recueillis à la partie inférieure des bassins. Le mélange eau-sable est relevé au moyen d'air lift.

Les air-lifts sont alimentés par un groupe électro compresseur d'air. L'air lift remonte le mélange eau-sable et le déverse par l'intermédiaire d'une tuyauterie dans un extracteur laveur qui en assure à la fois son essorage et son relevage après égouttage li long d'un plan incliné à l'extrémité duquel le sable égoutté tombe dans une benne ou tout autre dispositif de stockage.

III – 5.3 Aération biologique :

L'eau provenant du prétraitement est dirigée vers 1, 2 ou 3 aérateurs suivant le débit : 5000, 10000 ou 15000 m³/j.

Elle subit un traitement biologique par aération. L'air est fourni par trois actirotors qui peuvent être réglée en cadence durée et en régulation O₂ pour les actirotors en amont. Une mesure d'oxygène est effectuée et commande de la marche ou l'arrêt des actirotors sélectionnées par deux seuils bas et haut.

Dimensionnement :

A l'entrée de l'aération, nous avons un rapport MES/DBO5 = 1.30.

L'aération est de type prolongée. Les boues ainsi produites sont stabilisées et permettent un traitement de boues simplifié.

Les critères de l'eau à la sortie sont les suivantes :

MES.....30 mg/l.....450 kg/j.

DBO5.....30 mg/l.....450 kg/j.

La pollution carbonée à éliminer est donc de 3600 kg/j.

L'aération prolongée implique :

$C_m = 0.076 \text{ kg DBO/kg.j.}$

$C_v = 0.38 \text{ kg DBO/m}^3\text{.j.}$

Concentration : 5 g/l.

La demande d'oxygène est de deux types : O₂ pour réduire la DBO5 et O₂ pour la respiration suivant la formule suivante :

$O_2 = a'.Le + b".S$

$Le = 3600 \text{ kg DBO5/J}$

$S = 54000 \text{ kg MS/j}$ $10800 \text{ m}^3 \text{ à } 5 \text{ g/l.}$

Facteurs de respiration : $a' = 0.66$; $b' = 0.053$.

Facteur de correction (température, altitude et type aération) : $T = 0.807$.

Le besoin horaire net est donc de 272 kg O₂/h.

En appliquant le coefficient de pointe DBO5 de 1.08 les besoins sont donc de 369 kg.

Suivant la capacité d'oxygénation des aérateurs la puissance absorbée sera de 204.7 KW.

Le brassage nécessaire à la bonne homogénéisation des bassins est de 35 W/m³.

La puissance totale absorbée sera de 378 KW, fourni par 9 machines de 45.3 KW.

La production de boues sera estimée de 1.08 kg MS/kg de DBO5.

III – 5.4 Clarificateur-pont racleur :

Les décanteurs sont constitués de trois ouvrages en béton de diamètre intérieur de 24 m et de hauteur latérale d'eau de 2.60 m. ils sont équipés chacun d'un pont racleur radial à entraînement périphérique comprenant :

- Une passerelle avec garde-corps.
- Une roue à bandage en caoutchouc.
- Un pivot central avec couronne à bagues.
- Un motoréducteur muni d'un limiteur de couple pour la sécurité de fonctionnement.
- Un raclage de fond.
- Un dispositif de récupération des flottants.

Les racleurs de fond sont fixés sous la passerelle pivotant sur la colonne centrale de l'ouvrage et récupère les boues qui sont dirigées vers l'ouvrage de recirculation.

Les flottants pouvant se trouver à la surface sont repris par une lame de surface qui le guide progressivement vers un puits de reprise des flottants situé en un point de la périphérie de l'ouvrage.

Les eaux clarifiées sont recueillies par surverse sur un déversoir circulaire constitué de lames crénelées en acier galvanisé.

III – 5.5 Fosses de recirculation :

Une bache de recirculation attenante aux aérations contient les deux pompes de recirculation des boues appelées « liqueur mixte » ainsi que la pompe d'extraction des boues vers épaisseur. Ces pompes sont réglables par cadence durée séparément suivant les besoins de site.

III – 5.6 Canal de comptage et chloration :

L'eau clarifiée est dirigée vers une bache de contact dimensionnée pour 20 mn de temps de rétention à plein débit, soit un volume de 385 m³. La première partie de l'ouvrage sert de canal de comptage et pour asservissement de l'injection de chlore. Le dosage maxi est de 10 g/m³ soit une capacité maximale de dosage de 10.65 kg/h qui sera réalisé par deux chlorateurs de 9.5 kg.

III – 5.7 Epaisseur :

L'épaississement est constitué d'un ouvrage en béton de diamètre intérieur de 13 m et est équipé d'un pont racleur diamétral à entraînement central supporté par une colonne centrale en béton armé. L'accès au centre se fait par une passerelle elle-même construite en béton armé. Les boues sont admises dans la partie centrale de l'ouvrage et guidées vers le fond à l'aide d'un déflecteur métallique.

Le pont racleur est équipé :

- D'un ensemble de raclage de fond et lames d'épaississement en acier galvanisé.
- Motoréducteur muni d'un limiteur d'effort pour la sécurité de fonctionnement.
- De déversoir en tôle galvanisée pour retour en tête de surnageant.

Les boues épaissies sont reprises au fond de l'ouvrage à l'aide d'une pompe à rotor excentré pour être refoulées vers la déshydratation.

III – 5.8 SUPERPRESS ST 3 :

La boue est introduite avec un polyélectrolyte dans un flocculateur équipé d'un agitateur vertical à vitesse réglable et se déverse sur la première toile dans une zone d'égouttage.

Dans cette première partie de parcours, la boue est hersée par des peignes puis répartie sur toute la largeur de la toile par un réseau.

Le sillonnage par les herses et le léger compactage par le rouleau améliore le drainage libre des boues.

Après l'égouttage, la boue est prise entre les deux toiles et soumise à une compression progressive dans une entrée en forme de coin suivie d'un enroulement sur un tambour perforé de grand diamètre jusqu'au serrage dû à la mise sous tension des toiles.

Les deux toiles passent en suite sur une série de rouleaux de renvoi de petit diamètre qui augmentent la pression d'essorage en même temps qu'un effet de cisaillement rompt la structure de la boue, ouvre des canaux d'essorage de gâteau et améliore la déshydratation finale.

En sortie les deux toiles se séparent après le rouleau d'entraînement et le gâteau est dégagé par deux racloirs pour évacuation sur une bande transporteuse.

Le centrage de chacune des toiles est automatique et est assuré par un rouleau à déplacement angulaire à commande pneumatique.

Les deux toiles sont lavées en continu au moyen de rampes de pulvérisateurs d'eau sous pression dans des enceintes fermées.

Le filtrat et l'eau de lavage sont évacués gravitairement.

Des réglages simples permettent d'adapter le fonctionnement de filtre aux caractéristiques des boues :

- Tension des toiles par vérins pneumatiques à pression réglable.
- Vitesse d'entraînement des toiles par variateur de vitesse mécanique à commande manuelle.
- Vitesse de rotation de l'agitateur du flocculateur par variateur de vitesse mécanique à commande manuelle.

Le filtre est équipé de sécurités pour arrêt immédiat dans les cas suivantes :

- déviation trop importante des toiles suite à une défaillance du centrage.
- Manque d'air comprimé de tension des toiles et manque d'eau de lavage.

III – 6 Rejet :

Le rejet des eaux usées épurées de la station de Boumerdes se fait dans l'oued Tatareg avec une concentration d'effluent ne doit pas dépasser :

- DBO5 = 30mg/l.
- DCO = 90 mg/l.
- MES = 30 mg/l.

Donc avec un taux d'épuration de plus de 88%.

III – 7 Qualité des eaux épurées et possibilité de la réutilisation :

III – 7.1 Problème de salinité :

Parmi les différents caractères physico-chimiques d'une eau, la salinité en constitue l'aspect le plus important en irrigation. Deux paramètres permettraient d'apprécier, pour une étude sommaire, les risques dus à la salinité. Ces deux paramètres sont la conductivité électrique et le SAR (Sodium Absorption Ratio). Mais comme on n'a pas tous les analyses pour notre eau, on utilise que la conductivité électrique.

La conductivité électrique CE est de 1.3 ds/m. Par le diagramme de classification des eaux d'irrigation on dit que notre eau a moyenne salinité (voir l'annexe II).

III – 7.2 PH d'eau d'irrigation :

Le pH de l'eau d'irrigation devrait se situer entre 5,5 et 8,5. À ces valeurs, la solubilité de la plupart des micro-éléments est optimale. Le PH de notre eau est de 7.39, cela veut dire que notre eau est neutre.

III – 7.3 Normes de la qualité des eaux destinées à l'irrigation :

L'agriculture représente le plus gros consommateur des ressources en eau. Ces ressources, suivant les régions dont elles proviennent, et leur contact éventuel avec des sources de pollution ont des caractéristiques très diversifiées. Les valeurs acceptables pour les différents éléments trouvés dans l'eau d'irrigation, ce sont des valeurs souhaitables lorsque l'eau est utilisée de façon continue. Les seuils pourraient être plus élevés lorsque l'eau est utilisée seulement en période de sécheresse. En revanche, des échantillonnages de sol, devraient, dans ce cas, se faire plus fréquemment afin d'éviter l'accumulation d'éléments indésirables dans le sol.

Voire l'annexe II

Conclusion :

L'eau épurée de la station d'épuration de Boumerdes est classée à une moyenne salinité (C2), cela veut dire que cette eau peut faire quelques dégâts sur les cultures sensibles. Pour les autres éléments, elle repend aux normes exigées pour la réutiliser dans l'agriculture.

CHAPITRE IV : LES BESOINS EN EAUX DES CULTURES IRRIGUEES :

Introduction :

L'estimation des besoins en eau d'un hectare de chaque culture envisageable sur le périmètre utilisera les données résultant des études climatologiques[8]. 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.

Le but de ce chapitre est de calculer volume d'eau nécessaire pour l'irrigation, débit de dimensionnement, programmation des apports d'eau (pilotage des irrigations) ; en basant sur les informations définies proues et conditionnant plusieurs facteurs tels que : les cultures concevables, les systèmes agronomiques, l'eau vacante et les méthodes d'irrigation.....etc.

IV – 1 Les cultures adaptées à la zone d'étude :

Avant le calcul des besoins, il faut étudier l'évolution de la contribution culturelle de la situation existante et celle projetée dans le périmètre, ce passage sert à augmenter les surfaces occupées par les cultures lucratives. Les cultures retenues doivent présenter une combinaison harmonieuse entre elles afin de bien conditionner la réussite technique et financière de notre système de culture.

Pour l'établissement du calendrier cultural adaptable aux diverses condition du périmètre, nous avons tenu compte de la vocation agroalimentaire de la région, des disponibilités des moyens de production et aussi de la demande commerciale traduisant les profils des agriculteurs, et comme on est dans le cas de la réutilisation des eaux usées épurées, en tenant compte des normes algériennes de la REUE (réf : journal officiel N°41 du 15 juillet 2012, arrêté interministériel du 2 janvier 2012 fixant les spécifications des eaux usées épurées utilisées à des fins d'irrigation et la liste des cultures pouvant être irriguées avec des eaux usées épurées). Voir les annexes

a) Arboriculture :

L'arboriculture fruitière est plus ou moins développée, on site les vignes qui occupent le total de la superficie de notre périmètre, avec 5 ha qui sont programmés pour l'année prochaine.

IV – 2 Calendrier d'occupation des sols :

Le calendrier ci-dessous (tableau IV – 1) représente la répartition d'occupation des sols relativement aux cycles culturaux retenus pour le projet :

Tableau IV – 1: Le calendrier cultural

	Culture	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou	
Arboriculture	vigne	←												→

IV – 3 Les Besoins en eau du périmètre :

Les besoins en eau des cultures, peuvent être définis comme étant la hauteur d'eau consommée par l'évapotranspiration de la culture qui est apportée à la plante dans des moments propices, afin de mettre celle-ci dans les meilleures conditions d'humidité requises, pour obtenir son rendement maximal. Le calendrier est la principale étape pour quantifier les besoins en eau du périmètre, invoquant les différentes cultures qui occupent le sol.

L'évaluation des besoins en eau du périmètre est basée sur la détermination des besoins de chaque culture retenue dans le calendrier agronomique. Pour cela on définit:

IV – 3.1 Evapotranspiration réelle ou de culture (ETR ou ETC):

C'est la valeur réelle de l'évapotranspiration. Le plus souvent, elle est inférieure à l'évapotranspiration de référence, puisque le sol n'est pas en permanence à sa capacité de rétention. En plus, elle est considérée variable pendant la période de végétation. L'évapotranspiration d'une culture, ET_c , se calcule en multipliant l'évapotranspiration de référence ET_o par un coefficient cultural, K_c .

$$ET_c = K_c \times ET_o$$

Avec:

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

Pour mieux codifier la ressource, nous calculeront l'évapotranspiration de culture " $ET_{culture}$ ", après avoir déterminé les coefficients culturaux " K_c ". Les besoins en eau des cultures nets, BEC , sont déterminés par la relation suivante :

$$BEC = (P_{eff} + RFU) - ET_{culture}$$

Dans la quelle :

BEC : Besoins en eau des cultures nets en (mm).

P_{eff} : Pluies efficaces en (mm).

IV – 3.2 L'évapotranspiration potentielle de référence (ETo) :

Par définition, l'évapotranspiration potentielle (ETP) est la consommation d'eau, sous l'action conjuguée de l'évaporation du sol et de la transpiration des plantes, d'un couvert végétal en plein développement occupant le sol en totalité, et sous les conditions optimales d'alimentation en eau sans l'influence d'aucun facteur limitant.

Donc pour mieux prédire l'évapotranspiration, on a introduit une valeur de référence que l'on définit comme étant le taux de l'évapotranspiration d'une surface du Gazon vert, ayant une hauteur uniforme de 8 à 15 cm, poussant activement, ombrant complètement le sol et ne manquant pas d'eau.

Pour augurer cette évapotranspiration de référence, on utilise des méthodes basées sur les variables climatiques telles que :

- Méthodes des lysimètres.
- Méthodes des stations expérimentales.
- Méthodes directes de l'évaporation.
- Méthodes empiriques.

Plusieurs formules aussi ont été proposées pour donner une estimation de l'ETP, parmi eux, on site :

- Les formules combinées : de Penman originale (1963) et de FAO Penman-Monteith (1994).
- Les formules basées sur la température : de Blaney-Criddle (1950), Turc, Jensen-Haise, Hargreaves et Thornwaite.
- Les formules basées sur la radiation : de FAO-Radiation, Christiansen - Hargreaves (1969), Christiansen - Samani (1985).
- Les formules basées sur l'humidité relative de l'air : d'Ivanov (1954) et d'Eagleman (1967), - FAO Class A.

Concernant notre projet, le calcul des besoins en eau des cultures est effectué à l'aide du logiciel appelé CROPWAT version 8, dans le but de calculer l'évapotranspiration potentielle selon la méthode empirique la plus appropriée de M^r Penman&Monteith modifiée.

La méthode de Penman-Monteith est très utilisée et considérée comme le modèle offrant les meilleurs résultats et le minimum d'erreurs ; La formule complexe de Penman-Monteith (1965) incorpore de nombreux paramètres, qui sont mesurables ou bien calculables à partir de données météorologiques et agronomiques. Les données météorologiques utilisées comportent par exemple, les variations de température, d'humidité et de pression atmosphérique, la latitude, altitude, durée d'ensoleillement, force du vent. Cette formule se présentant comme suit :

$$ET_o = C \times [w \times R_n + (1 - w) \times F(u) \times (e_a - e_d)]$$

ET_o : représente l'évapotranspiration de référence, exprimée en mm / jour.

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

R_n : rayonnement net évaporation équivalente exprimé en mm/ jr

F(u) : fonction liée au vent.

e_a : tension de vapeur saturante à la température moyenne de l'air, en millibars.

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

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

Dans le tableau ci-dessous, nous représentons l'évapotranspiration de référence ET_0 , calculée à l'aide du logiciel CROPWAT. 8, selon la formule de Penman-Monteith, modifiée :

Tableau IV – 2 : Evapotranspiration de référence selon la méthode Penman & Monteith

mois	Min Temp	Max Temp	Humidité	Vent	Insolation	Radiation	ET_0
	°C	°C	%	m/s	heures	M/m ² /jour	mm/j
Janvier	9.5	16.2	67	3.5	5	8.6	2.11
Février	9	15.9	68	3.5	6.4	12.1	2.39
Mars	10.6	17.5	62	3.1	7	15.7	3.16
Avril	12.2	19.4	60	3.6	8.2	20.1	4.19
Mai	14.9	21.5	65	3	8.6	22.3	4.48
Join	18.4	24.9	64	2.6	10.1	24.9	5.26
Juillet	21.1	27.6	56	2.8	10.3	24.9	6.06
Aout	22.2	29.1	61	2.7	9.5	22.5	5.58
Séptembre	19.9	26.6	69	2.8	8.5	18.6	4.23
Octobre	17.3	24.6	67	2.6	7.4	14.1	3.24
Novembre	12.8	19.6	67	3.3	5.4	9.4	2.43
Decembre	10.4	17	66	3.8	4.6	7.7	2.21

IV – 3.3 La pluie efficace:

Elle est définie comme étant des précipitations qui est effectivement utilisée par la culture après déduction des pertes par ruissellement de surface et par percolation profonde. La pluie efficace est utilisée pour déterminer le besoin d'irrigation de la culture concernée.

Ces pertes sont estimées de 20 % de la pluie tombée. Les valeurs moyennes mensuelles de P_{eff} sont regroupées dans le tableau suivant :

Tableau IV – 3 : valeurs moyennes mensuelles des pluies efficaces.

MOIS	janv	fév	mars	avr	mai	juin	juillet	aout	sep	oct	nov	dec	Total annuel
P80% (mm)	55.7	42.9	40.9	35.7	30.9	5.5	1.5	2.1	21.4	37.0	60.8	76.5	410.9
P_{eff} (mm)	50.7	40	38.2	33.7	29.4	5.5	1.5	2.1	20.7	34.8	54.9	67.1	378.5

IV – 3.4 Efficience de l'irrigation :

On désigne par efficience ou par efficacité d'un système le rapport entre les quantités d'eau effectivement utilisées et les quantités dérivées en tête de l'aménagement. La différence entre les deux volumes indique les pertes.

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

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

Tels que :

E_i: Efficience d'irrigation en (%)

E_e : Efficience de transport (%)

E_d : Efficacité de type de distribution en (%)

E_u : Efficacité de l'uniformité de la distribution.

L'évaluation exacte des pertes est très difficile et même presque impossible, suite des multiples variables qui interviennent. Et pour cela on prend une efficience globale, produit entre les trois efficiences décrites ci-dessus égalé à 0,75.

IV – 3.5 Besoins nets en eau d'irrigation:

C'est la quantité qui doit être effectivement consommée par la plante. Les besoins en eau des différentes cultures ont été fait a la main, en effet l'utilisation de CROPWAT.8 nous donne parfois des résultats erronés, car certaines données sont pas adaptées a notre climat.

Le calcul des besoins des cultures nécessite le calcul de la réserve facilement utilisable RFU, cette dernière est calculée par la formule suivante :

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

Avec :

H_{cc} : Humidité à la capacité au champ;

H_{pf} : humidité du sol au point de flétrissement ;

Y :

Z : Profondeur d'enracinement (m) ;

d_a : Densité apparente ;

Nous avons émis l'hypothèse suivante pour le calcul manuel :

Comme la texture de sol est limono-sableuse, la valeur de la réserve utile (RU) étant d'après la littérature de 120 mm/m (voire l'annexe), on prend Y égale à 2/3, ce qui nous donne la réserve facilement utilisable en appliquant la formule suivante :

$$RFU = RU * Y$$

Ça nous donne une valeur de RFU qui égale à 80 mm/m, donc pour un enracinement de 1.2 m, la RFU devienne 96 mm.

Pour le calcul, si le bilan est positif il n’y’a pas lieu d’irriguer. Le volume d’eau nécessaire à l’irrigation est égal au déficit trouvé c'est-à-dire dans le cas ou le bilan est négatif. Ce volume s’exprime en mm ou en m³/ha sachant que 1mm =10 m³/ha.

Tableau IV – 4 : les besoins en eau mensuelles des cultures.

Mois	Kc	ETM	Pe _{eff}	RFU	B	B
	coeff	mm	mm	mm	mm	m ³ /ha
Jan	0.2	13.1	50.7	96	-133.618	0
Fev	0.25	16.7	40	96	-119.27	0
Mar	0.3	29.4	38.2	96	-104.812	0
Avr	0.5	62.9	33.7	48	-66.85	0
Mai	0.7	97.2	29.4	48	19.816	198.16
Juin	0.8	126.2	5.5	0	24.74	247.4
Juill	0.8	150.3	1.5	0	148.788	1487.88
Aout	0.75	129.7	2.1	0	127.635	1276.35
Sep	0.65	82.5	20.7	0	61.785	617.85
Oct	0.5	50.2	34.8	0	15.42	154.2
Nov	0.35	25.5	54.9	96	-29.385	0
Dec	0.2	13.7	67.1	96	-149.4	0
Total						4461.84

VI – 4 Besoins totaux brut en eau d'irrigation :

Pour les besoins totaux nets de notre culture on utilise la formule suivante :

$$B_{\text{brut}} = \frac{B_{\text{net}}}{E_i}$$

Avec :

B_{brut} : besoins en eau des cultures en tenant compte de l’effet science d’irrigation.

B_{net} : besoins en eau des cultures effectivement consommées.

E_i : Efficience d'irrigation en %.

Tableau IV – 5 : les besoin totaux brut de culture.

culture	superficie	B net	Ei	B brut	B brut	B brut totale
	ha	mm/mois		mm/mois	m3/ha.mois	m3
vigne	81	148.788	0.75	198.384	1983.84	160691.04

Pour le calcul des besoins brut on a prit que le mois de pointe (juillet) pour la comparaison avec le débit de la station d'épuration.

Conclusion :

L'intermédiaire des variables pluies (mesurée) et ETP (calculée) nous permettre l'évaluation quantitative des besoins en eau d'irrigation, donc l'information météorologique.

Après une analyse des données climatologiques et une étude hydrologique, on a fait le calcul des besoins en eau des cultures pour la zone d'étude, pour une période sèche de trois mois, où l'irrigation est indispensable, et on a remarqué que la source d'eau (la station d'épuration de Boumerdes ; eaux usées épurées ;) est largement suffisante pour l'alimentation en eau de ce périmètre, telle que la STEP donne un débit de **5100 m³/j** et donc **158100 m³/mois** et on a les besoins de mois de pointe qui est égale à **149000 m³/mois**.

CHAPITRE V : DIMENSIONNEMENT ET CALCUL DE RESEAU D'IRRIGATION

Introduction :

En ce chapitre, notre objectif est de dimensionner le réseau d'irrigation, et pour cela, le dimensionnement des différents équipements qu'il met en jeu en trois niveaux : Les ouvrages de transport, Les réseaux de distribution, L'irrigation à la parcelle, donc il faut dimensionner tous les diamètres ainsi que les longueurs et les débits qui passent par ces conduites de réseau d'irrigation.

V – 1 Classification des techniques d'irrigation:

Les techniques d'irrigation sont nombreuses, on peut citer :

V – 1.1 Irrigation à la parcelle : irrigation de surface[7]

On classe généralement les différentes techniques d'irrigation de surface en trois groupes principaux : irrigations par submersion, irrigations par ruissellement, irrigations par rigoles d'infiltration.

- **Les irrigations par submersion** : consistent à introduire rapidement l'eau dans des bassins convenablement délimités par de petites digues arasées à l'horizontale, puis à laisser cette eau s'infiltrer dans le sol.

- **Les irrigations par ruissellement** : l'eau ruisselle en nappe mince sur toute la surface à irriguer et s'infiltré progressivement.

- **Les irrigations par rigoles d'infiltration** : l'eau ne ruisselle que sur une partie du sol, dans des sillons préalablement aménagés, et s'infiltré latéralement et verticalement. L'irrigation à la raie est particulièrement adaptée aux cultures en ligne. L'irrigation par corrugations (microsillons) en constitue une variante adaptée aux cultures couvrantes.

V – 1.2 Irrigation à la parcelle : irrigation par aspersion

Avec l'aspersion, l'eau d'irrigation est amenée aux plantes sous forme de pluie artificielle, grâce à l'utilisation d'appareils d'aspersion alimentés en eau sous pression.

V – 1.3 Irrigation à la parcelle : irrigation localisée

On appelle irrigation localisée les systèmes qui consistent :

- à répartir l'eau d'irrigation sur la parcelle par un réseau de conduites à fixes sous faible pression ;

- à localiser l'apport d'eau au voisinage des plantes cultivées : seule une certaine fraction du volume du sol, exploitable par les racines, sera humidifiée.

Les débits apportés à chaque zone humidifiée sont faibles (quelques litres à quelques dizaines de litres par heure, selon les systèmes). L'irrigation s'effectue à faible dose et forte périodicité (souvent journalière). Plusieurs techniques se sont développées :

- l'irrigation localisée par goutteurs ;
- l'irrigation localisée par rampes perforées fixes ;
- l'irrigation localisée par aspersion (micro-jet, micro-aspersion).

V – 2 Choix des techniques d'irrigation :

Parmi les différentes options techniques qui sont à envisager lors de l'élaboration d'un projet d'irrigation, le choix de la technique d'irrigation constitue un point primordial. D'abord parce que l'adéquation de celle-ci aux conditions du milieu naturel et du milieu socio-économique conditionne la réussite de notre projet.

Ce choix repose sur des divers critères et de contraintes qui ont été étudiés par Hlavec (1995) :

- topographie pente du terrain géométrie de la parcelle.
- ressource en eau (qualité, quantité, débit dont on dispose).
- nature de culture.
- nature de sol (perméabilité).
- facteurs sociologiques et culturels.
- facteur économique.
- rentabilité de l'opération.

On peut ajouter à ces critères les normes et les exigences algériennes de la REUE (réf : journal officiel N°41 du 15 juillet 2012, arrêté interministériel du 2 janvier 2012 fixant les spécifications des eaux usées épurées utilisées à des fins d'irrigation et la liste des cultures pouvant être irriguées avec des eaux usées épurées). Voir les annexes

V – 3 Avantages et les inconvénients des techniques d'irrigation: [5]

V – 3.1 Irrigation à la parcelle : irrigation de surface

Avantage :

- techniques anciennes, bien connues ;
- coût d'investissement faible à la parcelle pour l'agriculteur ;
- pas d'apport énergétique extérieur ;
- alimentation des nappes phréatiques ;
- augmentation de la biodiversité ;

Inconvénients :

- temps de main d'œuvre pour la répartition et la surveillance important ;
- coûts importants en cas d'ouvrages d'art (aqueduc, galerie)
- "pertes" d'eau importantes dans les canaux selon la nature du sol : nécessité d'étanchéifier les lits des branches principales ;
- lieu de points de distribution fixe, parcellaire relativement figé ;
- nécessité un terrain plat ou un nivellement ;
- faible efficacité ;
- estimation du volume réellement consommé difficile ;
- pollution possible par déversement.

V – 3.2 Irrigation à la parcelle : irrigation sous pression**Avantage :**

- efficacité améliorée pour l'aspersion, très bonne efficacité pour l'irrigation localisée ;
- pas de pertes d'eau dans les conduites de transport (si entretien régulier) ;
- parcellaire non figé ;
- technique adaptée à tout type de sol ;
- possibilité de lutte anti-gel ;
- automatisation possible pour l'irrigation localisée.

Inconvénients :

- investissement pour l'agriculteur important ;
- besoins énergétiques importants en cas de pompage ;
- technique plus récente, nécessite des compétences multiples ;
- maintenance des installations collectives onéreuse ;
- faible dimension des buses d'aspersion ou des goutteurs nécessitant une eau filtrée ;
- infiltrations moindres, donc alimentation des nappes phréatiques moins marquée ;
- biodiversité faible sur le réseau de distribution.

V – 3.3 irrigation par aspersion :**Avantages :**

- Applicable dans la plupart des cultures et terrains.
- Moins de main-d'œuvre nécessaire par rapport aux méthodes d'irrigation par inondation ou ruissellement

Inconvénients :

- Trop affectée par le vent.
- Moins adaptée à l'eau saline.

- Coût d'installation et d'entretien plus élevé par rapport aux méthodes d'irrigation par inondation ou ruissellement.

V – 3.4 irrigation localisé :

Avenages :

- Possibilité d'ajouter des engrais directement dans l'eau.
- Efficacité plus élevée.
- Peut être utilisée dans tous les types de terrain.
- Plus adaptée à l'eau saline.

Inconvénients :

- Coût initial plus élevé.
- Nécessité de filtrer l'eau pour minimiser le risque de colmatage.
- Les racines se concentrent dans la zone humidifiée, si le bulbe est trop petit : enracinement insuffisant, influence donc sur les rendements, et stabilité des arbres (arrachés par vent violent).

Conclusion :

Après avoir étudié les différents systèmes d'irrigation, tels que leurs avantages et inconvénients, on peut dire que l'irrigation localisée est la plus adaptée pour notre périmètre d'étude, à cause de la salinité de l'eau d'irrigation, et les installations d'irrigation localisée sont d'autant moins coûteuses que la densité des pieds à arroser est plus faible. Les cultures arbustives (vergers, vignes) se prêtent bien à ce type d'irrigation avec un écartement entre rampes de l'ordre de 4 à 7 m.

V – 4 Irrigation localisée:

L'irrigation localisée apporte l'eau nécessaire directement au pied des végétaux. Ce sont des systèmes très utilisés en maraîchage, en arboriculture et en horticulture. Le plus connu de ces principes est sans doute le "goutte à goutte".

Le goutte à goutte est une pratique qui consiste à réaliser des apports précis dans le temps et l'espace par la mise en œuvre d'un réseau relativement dense de distributeurs de débits variables (de 0,6 à 4L/h). Les goutteurs « bas débit » utilisés en vigne sont de 0.6 l/h, 1 l/h, et 1.6 l/h.

Dans ce système l'utilisation avec les eaux usées réduit les risques de contamination des ouvriers et des plantes par les germes et évite la dispersion des odeurs dans l'atmosphère.

Le réseau d'irrigation localisée à la parcelle comprend schématiquement :

- la canalisation d'approche alimentée par la prise d'eau ;
- les portes-rampes ou canalisations secondaires, isolées de la canalisation d'approche par des vannes ;
- les rampes équipées des arroseurs (goutteurs ou ajutages et biefs) et assurant une couverture totale.

À l'origine du réseau, l'unité de tête comporte :

- l'appareillage hydraulique de régulation (éventuellement inclus dans la borne du réseau collectif) avec régulateur de pression et limiteur du débit ;
- un injecteur d'engrais éventuel ;
- une unité de filtration ; en irrigation au goutte à goutte, la filtration doit être fine, car le plus petit diamètre d'écoulement des goutteurs est de l'ordre de 0,5 à 1 mm selon les modèles ; les risques d'obstruction ou de colmatage des orifices constituent le problème majeur de cette technique d'irrigation ;
- et, de plus en plus fréquemment en arboriculture, un programmeur permettant d'automatiser tout ou partie des irrigations.

V – 5 Dimensionnement d'un îlot type :

L'îlot d'irrigation est défini comme étant la plus petite entité hydraulique desservie par une borne d'irrigation.

V – 5.1 Choix de l'îlot type :

Pour le choix de l'îlot, se fait par l'îlot qui présente le plus de contrainte, on cite le plus éloigné par rapport à la source principale et le plus haut sur le plan topographique, ce qui nous permet de vérifier les pressions calculées des bornes et à la source sont suffisantes.

Pour cela, on prend l'îlot type, celle qui se présente à l'extrémité Ouest avec une superficie de 38 ha.

V – 5.2 Caractéristiques des conduites de réseau d'irrigation :

La détermination des caractéristiques de réseau d'irrigation se fait à la base d'un calcul d'optimisation, en tenant compte des éléments et des hypothèses suivantes :

- Le débit à la borne.
- La longueur des tronçons de conduite.
- Les cotes piézométriques des bornes.
- Les vitesses limites (minimale et maximales) à respecter dans chaque conduite.
- La loi des pertes de charge.
- La pression au niveau de la borne la plus défavorisé.

V – 5.3 La méthodologie de dimensionnement de réseau d'irrigation :

Pour faciliter le travail, on se base sur les éléments et les hypothèses suivantes pour le calcul de réseau d'irrigation (détermination des diamètres) :

- Le tracé du réseau (la longueur de chaque tronçon).
- Le débit à transiter sur chaque tronçon.
- La surface des îlots desservis par le tronçon.
- Les pertes de charges totales dans le tronçon.
- Les conditions limites aval ; la charge minimum à assurer aux bornes.
- Les conditions limites amont ; la côte charge disponible à l'entrée du réseau.
- Les côtes de terrain naturel des bornes.

V – 5.4 Calcul du débit maximum journalier :

Dans ce cas, on parle de débit caractéristique, il se calcule par la formule suivante :

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

Avec :

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

S : la superficie totale à irriguer est égale à 81 ha ;

Pour le débit spécifique, il est déterminé à partir des besoins en eau de mois de pointe par la formule suivante :

$$q_s = \frac{B_m}{T \cdot t \cdot 3.6 \cdot K}$$

Avec :

B : Besoins mensuels maximum net en m³/ha.

T : Temps d'irrigation par jour.

t : Durée d'irrigation en jours.

K : Coefficient d'efficience globale du système d'irrigation = 0,75.

Application numérique :

Le mois de pointe est juillet ; $t = 31$ j.

La durée d'irrigation est $T = 20$ h.

Les besoins mensuelles maximale est $1478.9 \text{ m}^3/\text{ha}$.

Le débit spécifique est $q_s = 0.88 \text{ l/s/ha}$.

On voit que le débit spécifique $q_s = 0.88 \text{ l/s/ha}$ est bien inférieure à 1.5 l/s/ha , donc il est valable.

Alors, pour le débit caractéristique sera de valeur de 71.28 l/s .

V – 5.5 Besoins d'irrigation des cultures en irrigation localisée:

Avant de calculer les besoins en eau des cultures en irrigation localisée, il faut calculer les besoins journalier, tel que ce calcul se fait pour le mois de pointe :

$$B_j = \frac{\text{besoins de mois de pointe}}{\text{nombre de jours}}$$

Donc :

$$B_j = \frac{149}{31} = 4.8 \text{ mm/j.}$$

Pour le calcul des besoins des cultures en tenant compte de coefficient de réduction, on utilise la formule suivante :

$$B_{jl} = B_j * K_r$$

Avec :

K_r : le coefficient de réduction qui égale à

$$K_r = C_s + 0.5 (1 - C_s) \dots\dots\dots (\text{Freeman et Grazoli})$$

$$K_r = C_s/0.85 \dots\dots\dots (\text{Keller-Karmeli})$$

$$K_r = 0.1 + C_s \dots\dots\dots (\text{Decroix})$$

Avec : C_s : Couverture du sol

Pour ce calcul, on utilise la formule de Grazoli (pour la vigne $C_s = 0.6$), qui nous donne :

$$K_r = 0.8$$

Donc :

$$B_{jl} = 0.8 * 4.8 = 3.84$$

V – 5.6 Calcul de la dose d'irrigation :**1 – La dose d'irrigation nette pratique :**

Le besoin d'irrigation, B_{net} , est le volume (ou la hauteur) d'eau d'irrigation théoriquement nécessaire pour obtenir une production normale sur l'ensemble de la surface cultivée (à l'exclusion des pertes et de la contribution des autres ressources). [5]

$$D_p = (HCC - HPF)Y.Z.P\%$$

Avec :

HCC : humidité à la capacité au champ.

HPF : humidité au point de flétrissement.

Y : degré de tarissement admis.

Z : profondeur d'enracinement.

P% : pourcentage du sol humidifié.

En fonction de la texture du sol, on a les caractéristiques hydriques suivantes (voire l'annexe) :

La texture de sol est limono-sableuse :

$$HCC = 0.14 ; HPF = 0.06$$

$$Y = 2/3$$

$$Z = 120 \text{ cm.}$$

$$P\% = \text{fct} (Sr, Sh, Sa, Spd, n).$$

Sr : Ecartement entre rangs d'arbre;

Sh : Largeur de la bande humidifiée;

Sa : Espacement des arbres sur les rangs.

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

n : Nombre de pointe de distribution par arbre;

P% : on la prend pour une valeur de 70% (voir l'annexe)

Donc, on aura une valeur de :

$$D_p = 44.8 \text{ mm}$$

2 – La dose d'irrigation brute :

Ce qui concerne les besoins en eau brut, Bbrut, est les besoins pratiques des cultures en tenant compte des pertes et les besoins de lessivage mais à l'exclusion de la contribution des autres ressources.

$$D_{brut} = \frac{D_{net.r}}{E}$$

Avec :

E : L'efficacité de l'arrosage, dépend de la texture du sol et le type de système d'irrigation (irrigation localise pas beaucoup des pertes), on la prend pour une valeur de 85%.

APPLICATION NUMERIQUE :

3 – Fréquence des arrosages :

Le calcul de fréquence des arrosages se fait par la formule suivante :

$$F = \frac{D_{nette}}{ETM_r} = \frac{44.8}{3.84} \approx 12 \text{ j}$$

4 – Durée d'arrosage :

$$\theta = \frac{d_{brute} * S_g * S_r}{n * q_g}$$

APPLICATION NUMERIQUE :

$$\theta = \frac{52.7 * 1 * 2}{1 * 1.5} = 70 \text{ h}$$

L'irrigation journalière est de 6 h/j.

L'écartement entre les rampes, on l'a prend $S_r = 2 \text{ m}$.

Pour l'écartement entre les gouteurs est $S_g = 1 \text{ m}$, avec un débit de $q_g = 1.5 \text{ l/h}$.

5 – Nombre de poste :

$$N_S = \frac{24 \times f}{\text{tps de travail}} = \frac{24 \times 12}{20} = 14 \text{ postes}$$

6 – Surface de la parcelle:

$$S_p = \frac{\text{Surface totale}}{\text{nombre de poste}} = \frac{38}{14} = 2.71 \text{ ha}$$

7 – Surface de la rampe :

$$A_r = L_r * S_r = 134.09 * 2 = 268.18 \text{ m}^2$$

Avec :

L_r : longueur du poste (m)

8 – Nombre des rampes :

$$N_{rampe} = \frac{\text{surfaceduposte}}{\text{surfacedelarampe}} = \frac{134.09 * 202.33}{27100} = 101 \text{ rampe}$$

9 – Nombre des goutteurs par rampe :

$$N_g = \frac{\text{longueur de la rampe}}{\text{espacement entre arbre}} = \frac{134.09}{1} \approx 134 \text{ goutteurs.}$$

10 – Débit d'une rampe :

$$Q_{post} = N_g \cdot q_g$$

$$Q_{poste} = 1.5 * 134 = 201 \text{ l/h}$$

Les résultats de calcul sont récapitulé dans le tableau suivant :

Tableau V – 1 : calcul des besoins pour la vigne

calcule des paramètres hydrauliques	Unité	valeur
besoin nette	mm	147.89
RFU	mm	96
surface total	ha	81
largeur de la rampe	m	134.09
longueur de poste	m	202.34
la distance entre la rampe	m	2
la distance entre les cultures	m	1
besoin journalier	mm/j	3.84
besoin journalier /0.85	mm/j	4.52
dose pratique	mm/mois	44.8
la dose brute	mm/mois	52.7
fréquence d'arrosage	j/mois	12
La dure d'arrosage par heur	heur	6
nombre de poste	poste	14

Tableau V – 2 : données générales :

Culture	Vigne
Espacement entre arbres	1m
Espacement entre rangs	2m
Caractéristique de goutteur	1.5 l/h
Pression nominal	10mce
Espacement des goutteurs	1 m

V – 6 Calcul hydraulique :**V – 6.1 Débit :**

$$Q_r = Q_g N_g / r$$

$$Q_{pr} = Q_r \cdot N_r$$

Avec :

- Q_r : Débit de rampe.
- Q_g : Débit de goutteur.

- Ng/r : Nombre des goutteurs par rampe.
- Nr : Nombre des rampes.
- Qpr : Débit de porte-rampe.

V – 6.2 Perte de charges

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

Dans une canalisation assurant un service d'extrémité

$$j_{PEBD} = 0,478.D^{-4,75}.Q^{1,75}.L$$

$$j_{PVC} = 0,452.D^{-4,76}.Q^{1,75}.L$$

Dans une canalisation assurant un service en route

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

Où :

L : la longueur de la conduite ;

Q : débit (l/h) ;

D : diamètre intérieur de la canalisation (mm) ;

NB

Ph_l : perte de charge linéaire.

Ph_s : Perte de charge singulière.

Ph_t : Perte de charge totale.

V – 6.3 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.

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

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

$$Pdc(sing) = 2 * 0.1 = 0.2 \text{ mce}$$

$$Pdc(sing) = 0.2 \text{ mce}$$

$$Pdc(\text{linéaire}) = 2 - 0.2 = 1.8 \text{ mce}$$

$$Pdc(\text{linéaire}) = 1.8 \text{ mce}$$

La répartition de la perte de charge est :

1/3 sur la porte rampe et 2/3 sur les rampes.

V – 6.4 Calcul des diamètres des portes rampes, rampes :

Les vitesses admises sont comprise entre 0.5 m/s et 1.5 m/s. On détermine le diamètre des conduites selon la condition des pertes de charges :

Tableau V – 3 : Caractéristiques de la rampe

Cultures	L r (m)	Ng	Qr (l/h)	Ph ₁ (m)	D _{cal} (mm)	D _n (mm)	Ph ₁ (m)
Vigne	134.09	134	201	1.2	13.17	16	0.477

Les valeurs de pertes de charges sont inférieures à 1.2 mce (la valeur maximale). Théoriquement on trouve D_n=13.17 mm, ce diamètre ne trouve pas au marché donc on adapte D_n = 16 mm.

On recalculera les pertes de charge des rampes. On voit que les pertes de charges sont inférieures aux pertes de charge maximale.

Tableau V – 4 : Caractéristiques de la porte rampe

Cultures	L pr (m)	Nr	Qpr (l/h)	Ph ₁ (m)	D _{cal} (mm)	D _n (mm)	Ph ₁ (m)
Vigne	202	101	20301	0.6	91	90	0,63

V – 6.5 Calcul de la canalisation principale :

La vitesse de l'eau devra être inférieure à 1.5m/s. Le cas le plus défavorable $v=1.5\text{m/s}$.

Pour le calcul de diamètre de la conduite on utilise la formule (1), et on le normalise, après la normalisation on vérifie la vitesse avec le diamètre de la conduite principale normalisé, par la formule de débit (formule (1)).

$$Q = V * S \dots \dots \dots (1)$$

APPLICATION NUMERIQUE :

Tableau V – 5 : caractéristiques de la conduite principale

	Unité	Vigne
Nombre de postes irrigués par jour	-	2
Débit de porte rampe	l/h	20301
Débit de la conduite principale	l/h	40602
Diamètre calculé de la conduite principale (formule (1))	mm	107.22
Diamètre normalisé de la conduite principale	mm	110
Vitesse pour le diamètre normalisé	m/s	0.73

Pour une vitesse de 1.25 m/s, le diamètre calculé par la formule (1) est de 107.22 mm ; on normalise ce diamètre à **110 mm**.

Avec le diamètre normalisé la vitesse sera de 0.73 m/s, donc la vitesse est proche de 1.5 m/s, c'est vérifier.

Conclusion :

Le dimensionnement d'un réseau d'irrigation ne contient pas que le calcul des dimensionnements de ce réseau mais aussi le bon choix de la technique d'irrigation la plus adapté pour les données de notre périmètre d'étude, la façon de distribuer l'eau ; pour finir, la dose d'irrigation, la durée d'arrosage, la fréquence, le débit nécessaire,...etc. représente le calcul de base pour un îlot. Le calcul sera de la même manière pour les autres îlots.

CHAPITRE VI : ORGANISATION DE CHANTIER

Introduction :

En ce présent chapitre, on détermine, coordonne et on mise en œuvre des moyens nécessaires pour la réalisation et l'exécution des travaux dans les meilleures conditions et dans les plus brefs délais.

VI – 1 Exécution des travaux :

VI – 1.1 Exécution de la tranchée :

L'installation des conduites d'irrigation nécessite les opérations suivantes :

- Implantation du tracé de la conduite.
- Exécution de la tranchée.
- Aménagement du lot de pose des conduites.

La largeur de la tranchée doit être égale au diamètre extérieur de la conduite augmentée de 0,5m dans le but de permettre aux poseurs de travailler à l'aise, et d'effectuer sans gêne les différentes opérations de raccordements des tuyaux.

VI – 1.2 Assise de la conduite :

Lorsque l'excavation des tranchées est terminée, on doit les remplir par une couche de 10 à 20cm de sable ou de gravier fin, dans le but de maintenir la conduite dans l'axe de tranchée et soutenir le poids du sol situé au dessus de la conduite.

VI – 1.3 Pose de la canalisation dans la tranchée :

Les tuyaux seront posés dans les tranchées creusées à l'aide d'appareil de levage. L'assemblage des conduites se fait à l'aide des manchons.

VI – 1.4 Epreuve d'essai de pression :

Pour éviter de laisser ouverte une très grande longueur de tranchée, on aura soin de remblayer au fur et à mesure que l'on pose les tuyaux.

Avant cela, il est indispensable de s'assurer par un essai de l'étanchéité des joints. Les essais partiels sont effectués sur une longueur de 150 à 200m à cet effet nous adopterons une pression de 6 bars pour l'épreuve (le béton pouvant résister jusqu'à une pression de 20 bars).

VI – 2 Engins nécessaires pour l'exécution des travaux :

- Pelle excavatrice pour le terrassement de la tranchée.
- Bulldozer ou un chargeur pour le remblayage.
- Camions pour le transport des tronçons des conduites.

VI-3 Implantation du tracé des tranchées sur le terrain :**VI – 3.1 Matérialisation :**

On matérialise l'axe de la tranchée sur le terrain avec des jalons placés en ligne droite et espacés de 50 m. On effectue ce travail en mesurant sur le plan leurs distances par des repères fixés où des bornes. La direction des axes et leurs extrémités sont ainsi bien déterminée.

VI – 3.2 Nivellement :

Le nivellement est la mesure des différences d'altitudes entre deux ou plusieurs points situés sur une pente uniforme. Lorsque le terrain compte des obstacles on procède au nivellement par cheminement et par un simple calcul, on détermine la hauteur de chaque point ainsi la profondeur de tranchée en ce point.

VI – 4 Excavation des tranchées :

Pour se faire, il faut passer par les deux étapes suivantes :

VI – 4.1 Enlèvement de la couche végétale :

L'opération de décapage des terres végétales sur des faibles profondeurs. Le volume de la couche à décapé donnée par la formule suivante :

$$V_{cv} = L * b * e$$

Avec :

V_{cv} : volume de la terre décapée en (m³).

L : longueur total des tranchées en (m).

b : largeur de la couche végétale en (m).

e : épaisseur de la couche en (m), e = 10 cm.

Pour la réalisation de cette opération, On opte pour un bulldozer ou un angledozer.

VI – 4.2 Excavation :

Selon les caractéristiques du terrain l'excavation sera réalisée mécaniquement. La profondeur minimale de la tranchée à excaver atteint 1 m pour :

- Garder la fraîcheur de l'eau pendant les grandes chaleurs.
- Protéger la canalisation contre le gel.

La largeur de la tranchée doit assurer l'accès pour l'homme puisse travailler sans difficulté et elle augmente avec les diamètres des conduites à un mètre de plus.

L'excavation des tranchées s'effectue par tronçon successif en commençant par les points hauts pour assurer s'il y a lieu un écoulement naturel des eaux d'infiltrations.

Pour la réalisation de cette opération, on opte pour une pelle mécanique. Donc

L'excavation nécessite la détermination de plusieurs paramètres tels que la profondeur de la tranchée (Htr) et la largeur de la tranchée (b).

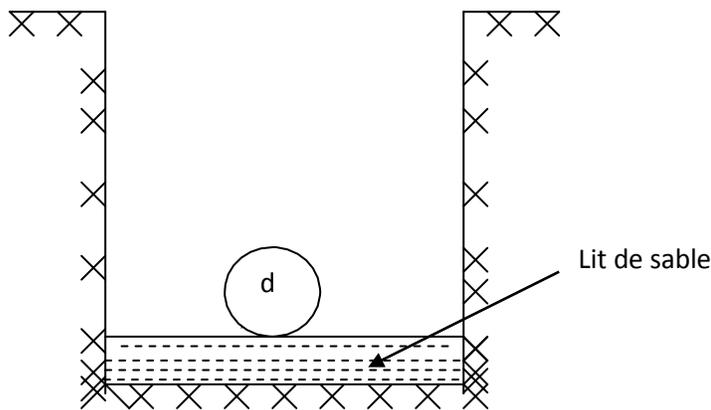


Figure VI - 1: Schéma d'une tranchée

1 – La profondeur (Htr) :

La profondeur de la tranchée dépend du diamètre de la conduite, elle est donnée par la formule suivante :

$$\mathbf{Htr = D + h + h_1}$$

Avec :

Htr : profondeur de la tranchée (m).

D : diamètre de la conduite (m).

h : hauteur de la génératrice supérieure de la conduite à la surface du sol.

On prend : $h=0,8$ m.

h_1 : épaisseur du lit de pose $h_1 = 0,1$ m.

D'où : $Htr = 0,9 + D$ (m).

2 – Largeur de la tranchée :

La largeur de la tranchée sera calculée en fonction du diamètre de la conduite on laisse 30 cm d'espace de chaque côté de la conduite.

$$b = D + 0,6 \text{ m.}$$

avec :

b : largeur de la tranchée (m).

D : diamètre de la conduite (m).

3 – Section de la tranchée:

Les sections des tranchées sont :

$$\text{Str} = b \cdot \text{Htr}$$

Avec :

Htr : profondeur total de la tranchée (m) ;

b : largeur du fond du tranchée (m) ;

4 – Volume à excaver :

Le volume d'excavation est :

$$\text{VD} = \text{Str} \cdot L = (b \cdot \text{Htr}) \cdot L$$

Avec :

- VD : Volume du déblai (m³).
- Str : La section du tranché (m²).
- L : La longueur du tranché (m).
- b : La largeur de la tranché (m).
- Htr : La hauteur du tranché (m).

Tableau VI-1. Calcul du volume du déblai:

D (mm)	L (m)	b (m)	Htr (m)	Str (m2)	V Deblai(m3)
110	1522	0.71	1.00	0.71	1080.62
Prt rampe 90	2828	0.69	1.00	0.69	1951.32
Volume total					3031.94

VI – 5 Détermination de la capacité du godé :

A travers ce volume calculé, nous déterminons la capacité du godet pour notre pelle :

Tableau VI-2 . Capacité du godet en fonction du volume de terrassement :

volume du terrassement par une pelle	≤10000	≥10000	>20000	>100000
capacité du godet (m3)	0.25-0.35	0.5-0.65	1-1.25	1.5

On voit que le volume total est inférieur à 10000 m³, on opte pour une pelle avec une capacité du godet égale de 0.25 à 0.35 m3.

VI – 6 Rendement d’exploitation de la pelle choisie :

Le rendement de la pelle est donné par la relation en m3/h :

$$R_p = \frac{3600 * q * K_r * K_t}{K_f * T_c}$$

Avec :

q : capacité du godet, on la prend 0.35 m3.

Kr : coefficient de remplissage du godet Kr = 0,8 - 0,9 on prend Kr = 0,8.

Kt : coefficient d’utilisation du temps dépend de la nature du sol et de l’habilité du conducteur: varie entre (0,7- 0,9), on prend Kt = 0,8

Kf : coefficient de foisonnement du sol Kf = 1,2.

Tc : la duré d’un cycle de remplissage du gobet Tc= (15-30) s, on prend Tc = 25 s.

AN : **R_p=26.88 m³ /h.**

Si on prend une durée de travail de 8 heures par jour **R p = 251.04 m3/j.**

VI – 7 Lit de sable :

Le long de l'adduction, la conduite doit être posée sur un lit de sable de 15 cm d'épaisseur

$$V_s = b * e * L$$

Avec :

V_s : volume du lit de sable (m³) ;

e : épaisseur du lit de sable, $e = 15$ cm ;

L : longueur de la tranchée (m).

Les résultats de calcul du volume du lit de sable figurent dans le tableau suivant :

Tableau VI – 3 : Calcul du volume du lit de sable.

Tronço	b	e(m)	L(m)	V(m3)
Pr	0.69	0.15	2828	292.7
Principale	0.71	0.15	1522	162.093
Volume total				454.793

VI – 8 Volume de la conduite

Après l'exécution des déblais de la tranchée et la mise en place du lit de sable, il y a la pose des conduites dont la connaissance de la section est importante pour la détermination du volume des remblais.

$$S_c = \pi * D^2 / 4 \quad , \quad V_c = S_c * L$$

Avec :

S_c : section de la conduite (m²).

D : diamètre de la conduite (m).

V_c : volume de la conduite (m³) .

Tableau VI – 4 : Calcul du volume de la conduite :

Tronç	D	SC (m2)	L	V (m3)
Pr	90	0.0064	2828	18.0992
C.Principal	110	0.0095	1522	14.456
Volume total				32.5552

VI – 9 Le volume des remblais :

Le volume des remblais est :

$$V_r = V_{exc} - V_s - V_c$$

Avec :

V_r : volume du remblai

V_{exc} : volume du déblai (volume excavé) V_{cond} : volume occupé par la conduite.

V_s : volume du lit de sable.

Tableau VI – 5 : Volumes des travaux dans notre zone d'étude:

Désignation	Unité	Quantité	Prix unitaire (DA)	Montant
1- terrassement				
Déblais	m3	3031.94	600	1819.164
Pose de lit du sable	m3	454.8	2000	909.6
Remblaiement des tranchées avec du tout venant	m3	2290.122	500	1145.061

VI – 10 Les étapes de la planification :

La planification est le processus de la ligne de conduite des travaux à réaliser, elle comprend des étapes suivantes :

VI – 10.1 Collection des informations :

L'établissement d'une synthèse d'analyse des informations acquises par des études comparatives permet l'usage correct du plan de réalisation de notre projet.

VI – 10.2 Décomposition du projet :

C'est une partie importante, car chaque projet peut être analysé de diverses manières, nous attribuons à chaque tâche un responsable et ses besoins en matériels.

VI – 10.3 Relations entre les tâches :

Il existe deux relations essentielles entre les tâches lors de la réalisation; l'une porte sur un enchaînement logique et l'autre sur un enchaînement préférentiel.

1 – Les paramètres de la méthode C.P.M :

Les paramètres indispensables dans l'exécution de cette méthode sont les suivants :

DCP	TR
DFP	DCPP
DFPP	MT

Avec :

TR : T de réalisation.

DCP : Date de commencement au plus tôt. DCPP : Date de commencement au plus tard.

DFP : Date de finition au plus tôt.

DFPP : Date de finition au plus tar.

MT : Marge totale.

2 – Le calcul du réseau :

Le calcul du réseau s'effectue en deux (2) étapes :

a) Calcul aller :

En calcul les dates au plus tôt seulement, l'opération « A » est le commencement du réseau à un temps : $t = 0$, on a les relations suivants :

$$\mathbf{DCPi + TR = DFPi}$$

$$\mathbf{DCPj = DFPi}$$

Pour la dernière opération en pose par convention :

$$\mathbf{DCP = DCPp, \text{ et : } DFP = DFPP.}$$

Dans le calcul aller, si on a deux (2) opérations qui s'achève et donne naissance à une nouvelle opération, cette dernière commence à une date au plus tôt maximale entre les deux (2) dates de finition au plus tôt.

La marge totale est :

$$\mathbf{MT = DFPPi - DFPi. \text{ Ou : } MT = DCPpi - DCPi}$$

Pour la dernière opération on a : $\mathbf{MT = 0}$.

b) Calcul retour

En calcul les dates au plus tard seulement :

$$\mathbf{DFPPi = DCPpj}$$

$$\mathbf{DFPPi - TRi = DCPpi}$$

Pour le calcul retour quand on a une opération qui termine et donne deux (2) opérations qui commencent à la date de finition au plus tard de l'opération qui est terminée, est le minimum entre les deux (2) dates de commencement au plus tard.

3 – Le chemin critique :

C'est le chemin le plus long dans un réseau, qui donne la durée totale du projet « DTP » reliant les opérations possédant la marge totale nulle.

Donc pour trouver le chemin critique il suffit juste de vérifier cette condition :

$$\mathbf{MT = 0 \text{ et } TR = DTP.}$$

VI – 10.4 Attribution de la durée des différentes opérations

Les principales opérations à exécuter sont :

- A . Piquetage (7 jours)
- B . Décapage de la couche de goudron (si elle existe) ou celle de la végétation (3 jours).
- D . Exécution des tranchées et des fouilles pour les regards (12 jours).
- C . Aménagement du lit de pose (14 jours).
- E . La mise en place des canalisations en tranchée (15 jours).
- F . Assemblage des tuyaux (15 jours).
- G . Faire les essais d'étanchéité pour les conduites et les joints (7 jours).
- H . Remblai des tranchées (7jours). J

Le calcul du réseau s'effectue par la méthode des nœuds.

Remarque :

Le calcul de délai de réalisation se fait par un seul poste pas par toute la surface

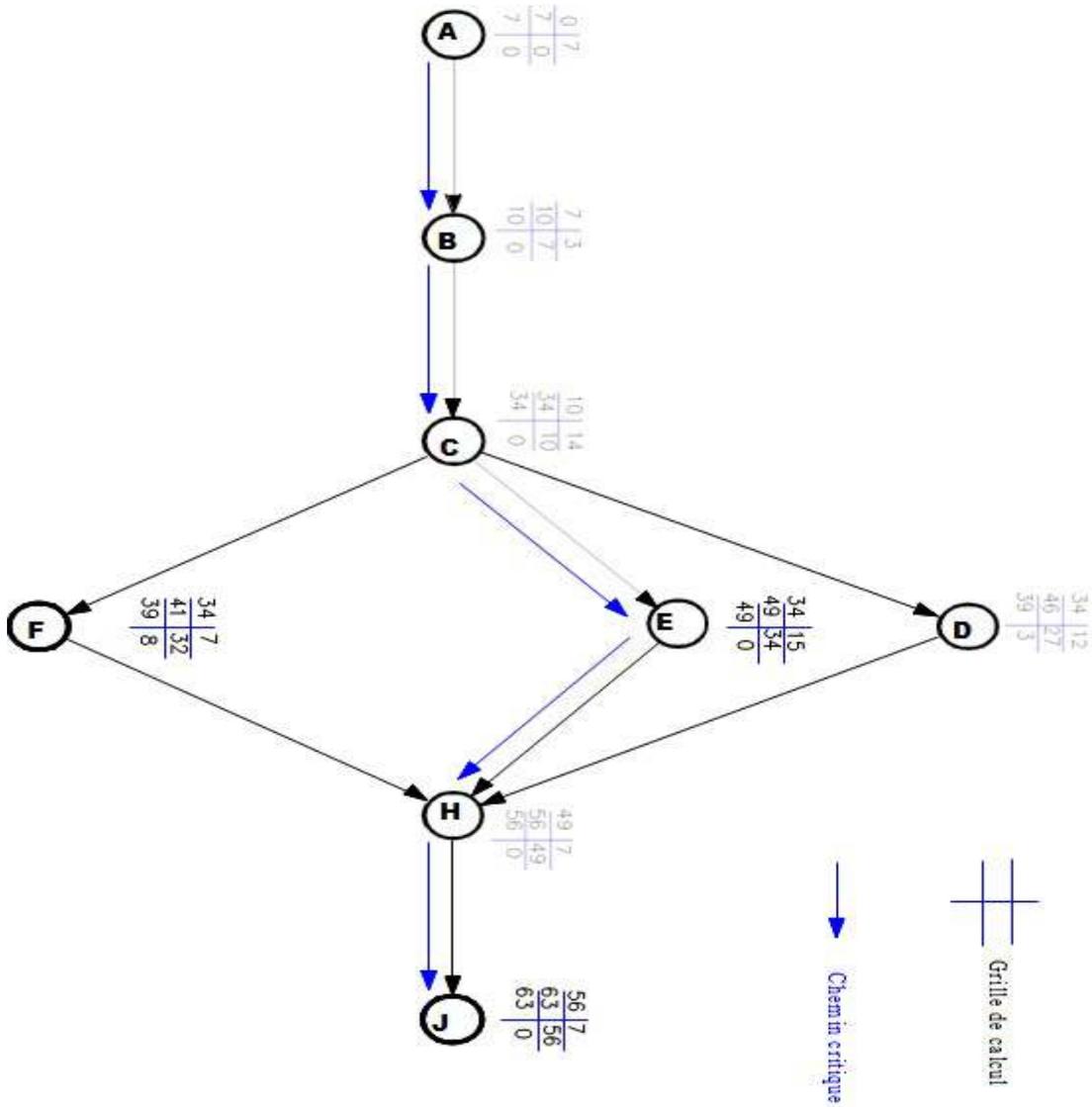


Figure VI – 2 : schéma de la méthode des nœuds

Conclusion:

Ce chapitre nous a permis de calculer la durée du projet, qui est de 63 jours après de définir tous les volumes des travaux nécessaires pour l’élaboration du chantier, donc on peut dire que l’organisation de chantier est nécessaire avant le commencement des travaux.

CONCLUSION GENERALE :

Les bénéfices de ce projet ne résident pas seulement dans la préservation du milieu et de la ressource, mais aussi dans la nature des eaux usées. En effet, elles contiennent des éléments fertilisants (azote, phosphore et potassium) ainsi que des oligoéléments (fer, cuivre, manganèse, zinc, etc.) qui sont bénéfiques pour les cultures, et qui peuvent augmenter significativement le rendement. Donc les bénéfices sont doublés, tels que :

- Au niveau économique, car en plus d'une préservation quantitative de la ressource, l'agriculteur fait des économies d'engrais ;
- Au niveau écologique, car en plus de la diminution des rejets d'eaux usées dans le milieu naturel (oueds, mer, lacs etc.), permet également une dépollution agricole (non utilisation d'engrais azotés).

En cette étude :

Les eaux usées épurées de la station d'épuration de Boumerdes sont des eaux moyennement salées et avec un pH neutre, cela veut dire que notre eau reprend aux normes exigées pour la réutiliser dans l'agriculture.

Après avoir calculé les besoins en eaux des cultures à irriguer, on a prouvé que le débit qui provient de la STEP de Boumerdes est largement suffisant pour l'alimentation du périmètre d'étude.

La meilleure technique pour l'irrigation des arbres de point de vue économique en eau est l'irrigation localisée, avec l'utilisation des équipements qui présentent plusieurs avantages dans le domaine exploitation. D'autre part, on peut dire que cette technique d'arrosage est plus adaptée dans notre pays d'après le contexte actuel de la sécheresse des dernières années et le développement au niveau de l'économie nationale.

Enfin, on ajoute que la technique de la réutilisation des eaux usées est peut être adapté pour le remplissage artificiel de la nappe en mois où il n'aura pas des irrigations.

BIBLIOGRAPHIE :

- [1] **TOUAIBIA, B.** (2004). Manuelle pratique d'hydrologie. ENSH Blida, pp 35
- [2] **MEYLANE, P.** Hydrologie fréquentielle, pp 87-90
- [3] **ARAGNO, M.** Le sol vivant. Vesoul France
- [4] notice d'information, ONA Boumerdes
- [6] **GAID, A.K.** (1984). Epuration biologique des eaux usées urbaines. Tome 1. Ben Aknoun Alger
- [7] **CLEMENT, R.** (10/05/1978). Systèmes d'irrigation. C5 250 Version 1, pp 4-9
- [8] **CLEMENT, R.** (10/05/1978). Programme d'irrigation. C4 250, pp 2-7

Site web :

- [5] **Techniques d'irrigation sous pression**, Chapitre 4, Conception des systèmes, a1336f04
Direction de l'Hydraulique de la Wilaya de Boumerdes, Rapport sur l'assainissement dans la Wilaya de Boumerdes
Service des Etudes Economiques, du Traitement de l'Information Economique et Sociale et de la Gestion, Monographie de la Wilaya de Boumerdes année 2009, Edition 2010, pp 7
- REMINI, B.** (Juin 2010). La problématique de l'eau en Algérie du nord. ISSN 1112-3680, n° 08, pp 27-46

Annexes

ANNEXE 1 :



Climogramme pluviométrique d'EMERGE

ANNEXE II :

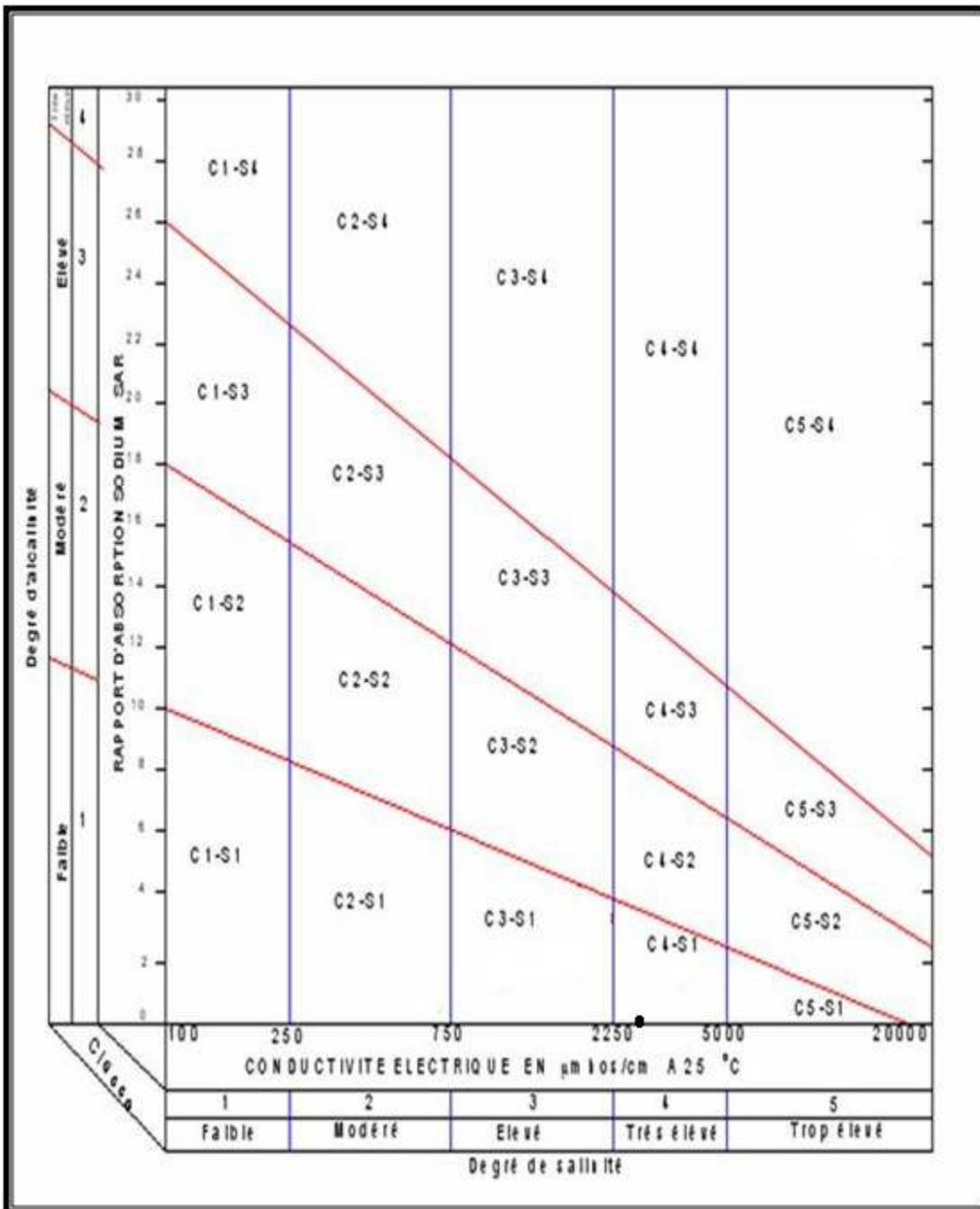


Diagramme de classification des eaux d'irrigation

ANNEXE
SPECIFICATIONS DES EAUX USEES EPUREES
UTILISEES A DES FINS D'IRRIGATION

I. PARAMETRES MICROBIOLOGIQUES

GROUPES DE CULTURES	PARAMETRES MICROBIOLOGIQUES	
	Coliformes fécaux (CFU/100ml) (moyenne géométrique)	Nématodes intestinaux (œufs/l) (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 fruitiers (1). Cultures et arbustes fourragers (2). Cultures céréalières. Cultures industrielles (3). Arbres forestiers. Plantes florales et ornementales (4).	Seuil recommandé <1000	<1
Cultures du groupe précédent (CFU/100ml) utilisant l'irrigation localisée (5) (6).	pas de norme recommandée	pas de norme recommandée

(1) 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.

(2) Le pâturage direct est interdit et il est recommandé de cesser l'irrigation au moins une semaine avant la coupe.

(3) Pour les cultures industrielles et arbres forestiers, des paramètres plus permissifs peuvent être adoptés.

(4) 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.

(5) Exige une technique d'irrigation limitant le mouillage des fruits et légumes.

(6) A condition que les ouvriers agricoles et la population alentour maîtrisent la gestion de l'irrigation localisée et respectent les règles d'hygiène exigées. Aucune population alentour.

2. PARAMETRES PHYSICO - CHIMIQUES

	PARAMETRES	UNITE	CONCENTRATION MAXIMALE ADMISSIBLE	
Physiques	pH	—	6.5 ≤ pH ≤ 8.5	
	MES	mg/l	30	
	CE	ds/m	3	
	Infiltration le SAR = 0 - 3 CE	3 - 6	ds/m	0.2
		6 - 12		0.3
12 - 20		0.5		
20 - 40		1.3		
Chimiques	DBO5	mg/l	30	
	DCO	mg/l	90	
	CHLORURE (Cl)	meq/l	10	
	AZOTE (NO3 - N)	mg/l	30	
	Bicarbonate (HCO3)	meq/l	8.5	
	Aluminium	mg/l	20.0	
Eléments toxiques (*)	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	
	Cobalt	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	
	Lithium	mg/l	2.5	
	Manganèse	mg/l	10.0	
	Mercuré	mg/l	0.01	
	Molybdène	mg/l	0.05	
	Nickel	mg/l	2.0	
	Sélénium	mg/l	0.02	
	Vanadium	mg/l	1.0	
	Zinc	mg/l	10.0	

(*) : Pour type de sols à texture fine, neutre ou alcalin.

Arrêté interministériel du 8 Safar 1433 correspondant au 2 janvier 2012 fixant la liste des cultures pouvant être irriguées avec des eaux usées épurées.

Le ministre des ressources en eau,

Le ministre de l'agriculture et du développement rural,

Le ministre de la santé, de la population et de la réforme hospitalière,

Vu le décret présidentiel n° 10-149 du 14 Jomada Ethania 1431 correspondant au 28 mai 2010 portant nomination des membres du Gouvernement ;

Vu le décret exécutif n° 05-464 du 4 Dhou El Kaada 1426 correspondant au 6 décembre 2005 relatif à l'organisation et au fonctionnement de la normalisation ;

Vu le décret exécutif n° 07-149 du 3 Jomada El Oula 1428 correspondant au 20 mai 2007 fixant les modalités de concession d'utilisation des eaux usées épurées à des fins d'irrigation ainsi que le cahier des charges-type y afférent ;

Arrêtent :

Article 1er. — En application des dispositions de l'article 15 du décret exécutif n° 07-149 du 3 Jomada El Oula 1428 correspondant au 20 mai 2007, susvisé, le présent arrêté a pour objet de fixer la liste des cultures autorisées pouvant être irriguées avec des eaux usées épurées conformément à l'annexe jointe.

Art. 2. — Le présent arrêté sera publié au *Journal officiel* de la République algérienne démocratique et populaire.

Fait à Alger, le 8 Safar 1433 correspondant au 2 janvier 2012.

Le ministre
des ressources en eau

Le ministre de l'agriculture
et du développement rural

Abdelmalek SELAL

Rachid BENAÏSSA

Le ministre de la santé,
de la population et de la réforme hospitalière
Djamel OULD ABBES

ANNEXE

LISTE DES CULTURES POUVANT ETRE IRRIGUEES AVEC DES EAUX USEES EPUREES

Groupes de cultures pouvant être irriguées avec des eaux usées épurées	Liste des cultures
Arbres fruitiers (1)	Dattiers, vigne, pomme, pêche, poire, abricot, nêfle, cerise, prune, nectarine, grenade, figue, rhubarbe, arachides, noix, olive.
Agrumes	Pamplemousse, citron, orange, mandarine, tangerine, lime, clémentine.
Cultures fourragères (2)	Bersim, maïs, sorgho fourragers, vesce et luzerne.
Culture industrielles	Tomate industrielle, haricot à rames, petit pois à rames, betterave sucrière, coton, tabac, lin.
Cultures céréalières	Blé, orge, triticale et avoine.
Cultures de production de semences	Pomme de terre, haricot et petit pois.
Arbustes fourragers	Acacia et atriplex.
Plantes florales à sécher ou à usage industriel	Rosier, iris, jasmin, marjolaine et romarin.

(1) L'irrigation avec des eaux usées épurées est permise à condition que l'on cesse l'irrigation au moins deux (2) semaines avant la récolte. Les fruits tombés au sol ne sont pas ramassés et sont à détruire.

(2) Le pâturage direct dans les parcelles irriguées par les eaux usées épurées est strictement interdit et, ce afin de prévenir toute contamination du cheptel et par conséquent des consommateurs.

Caractéristiques hydriques de quelques sols

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

Valeurs minimales et maximales de Z pour diverses cultures

Cultures	Z m
Tomates	1 - 1,2
Cultures maraîchères	0,3 - 0,6
Agrumes	1 - 1,2
Arbres fruitiers à feuilles caduques	1 - 2
Vigne	1 - 3

Tableau N° 1 : Les valeurs de Kc de chaque culture

No.	Name of the person					Remarks
	1	2	3	4	5	
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50

Tableau N° 2 : Guide d'estimation de p

GUIDE D'ESTIMATION DE P																
<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.)</p>																
Espacement entre rampes S, 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, 3d 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	13	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	

Tableau N°3 : humidités pondérales en % du poids sec

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

Les valeurs de K_c de chaque culture

2. COEFFICIENTS CULTURAUX (K_c)

CULTURE	Stades de développement de la culture					Durée totale de la période végétative
	Initial	Développement	Maturaison	Arrivée à maturité	Récolte	
Banane	0,4-0,5	0,7-0,85	1,0-1,1	0,9-1,0	0,75-0,85	0,7-0,8
Banane tropicale	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
Maïs doux	0,3-0,5	0,7-0,8	1,05-1,2	1,0-1,15	0,95-1,1	0,8-0,95
Maïs grain	0,5-0,5*	0,7-0,85*	1,05-1,2*	0,8-0,95	0,85-0,6*	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	0,8-0,85
Poisson, 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	0,75-0,8
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	0,75-0,8
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	1,0-1,2	0,75-0,8	0,5-0,6	0,85-1,05
Tournesol	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
Patate	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	0,95-1,2	0,65-0,75	0,2-0,35	0,8-0,9
Luzerne	0,3-0,4				1,05-1,2	0,85-1,05
Agrumes						0,65-0,75
Agave						0,85-0,9
Oliver						0,4-0,6

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

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

Guide d'estimation de p

GUIDE D'ESTIMATION DE P															
(p = pourcentage de sol humide 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.)															
Espacement entre rampes S, 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, 3d 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	0,5	0,7	1,0	0,8	1,0	1,3	1,0	1,3	1,7	1,3	1,6	2,0
	Pourcentage de sol humide p %														
0,8	38	48	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	13	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

Humidités pondérales en % du poids sec

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

Les diamètres normalisés

