

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

**ECOLE NATIONALE SUPERIEURE DE L'HYDRAULIQUE
«ARBAOUI Abdellah »**

DEPARTEMENT GENIE DE L'EAU

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

**EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME
D'INGENIEUR D'ETAT EN HYDRAULIQUE**

Option : Conception Des Systèmes d'Irrigation et de Drainage

THEME :

**Réutilisations des eaux épurées de la station
d'épuration de Béni Messous pour l'irrigation des
terres du parc dounya (wilaya d'Alger)**

Présenté par :

M^r: AMIROUCHE Hamza

Promoteur :

M^r. O.RAISSI

Devant le jury composé de :

Président : M^r T.KHETTAL

**Examineurs : M^{me} S.LEULMI
M^{me} L. S.BAHBOUH
M^{me} H.BOUCAMA
M^r M.MESSAHEL**

Octobre /2011

Remerciements

- *Je tiens à remercier vivement tous ceux qui m'ont apporté un soutien pour l'élaboration de ce mémoire de fin d'études.*
- *Je tiens à exprimer mes plus vifs remerciements à mon promoteur Mr. Omar .RAISSI, pour ces multiples efforts et ces apports précieux afin de mener ce travail à terme.*
- *Toute ma gratitude pour mes parents et mes sœurs et mes frères pour leurs soutiens moraux et financiers.*
- *Je remercie Mme BAHBOUH pour sa disponibilité dans le laboratoire et de répondre a nos questions.*
- *Je remercie le président et les membres de jury qui me feront l'honneur de juger mon travail.*
- *Je tiens à présenter pour l'occasion tout mon respect à tous les enseignants qui ont contribué à ma formation du primaire jusqu'au cycle universitaire.*
- *Mes remerciements particuliers à Mr Amirouche Ismail, Directeur de la DRE d'Alger est ses collaborateurs*
- *Je remercie tous mes amis particulièrement, Chahine, Youcef, Hicheme, Ali, Khaled, Nabil....*
- *Enfin, à tous ceux qui m'ont soutenu de près ou de loin je leurs dis merci.*

Hamza

DEDICACES

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

 *A ma mère qui est un être cher et celle qui ma bercé d'un amour sincère.*

 *A mon cher père.*

 *A mes frères.*

 *A mes sœurs,*

 *A tous mes amis de l'ENSH ; spécialement (YOUCEF, CHAHINE, HICHEM, ALI,...)*

AMIROUCHE HEMZA

ملخص

هذا المشروع يهدف الى دراسة شاملة لاعادة استعمال المياه القذرة التي تم تصفيتها على مستوى محطة بني مسوس و تحديد الابعاد لشبكة توزيع المياه لري حظيرة دنيا. لهذا الغرض قمنا بدراسة دقيقة لنوعية المناخ التربة و المياه.

Résumé

Ce projet a pour objet de faire une étude complète de la réutilisation des eaux épurées au niveau de la step de Beni Messous, et de dimensionner le réseau pour l'irrigation de Parc Dounya.

Pour cela une étude précise de qualité du climat, du sol et d'eau a été faite.

Abstract

This project has the aim of studying the re-use of the dirty water which had been clarified in Beni Messous station. Moreover, it aims to make the dimmension of the net to distribute the water in order to irrigate Dounya Parc.

For this, a precise study of the quality of climate, soil and water had been made.

Sommaire

| | |
|----------------------------|---|
| Introduction Générale..... | 1 |
|----------------------------|---|

Chapitre I

Présentation de la zone d'étude

| | |
|---|----|
| Introduction..... | 1 |
| I. Localisation géographique..... | 1 |
| • parc Dounya..... | 1 |
| • La STEP de BENI MESSOUS..... | 2 |
| I.1. Cadre climatique..... | 3 |
| I.1.1. Les précipitations..... | 4 |
| I.1.2. La température..... | 4 |
| I.1.3. L'ensoleillement..... | 5 |
| I.1.4. L'évaporation..... | 6 |
| I.1.5. Les Vents..... | 7 |
| • La vitesse des vents..... | 7 |
| • La direction des vents..... | 7 |
| I.1. 6. L'humidité..... | 8 |
| I.1.7. L'évapotranspiration..... | 9 |
| I.2. Synthèse climatique..... | 10 |
| I.2.1. L'indice d'aridité de DEMARTON..... | 10 |
| I.2.2. Diagramme Ombrothermique..... | 10 |
| I.2.3. Classification du climat selon l'indice De MARTON..... | 11 |
| I.2.4. Diagramme D'EMBERGER..... | 12 |
| Conclusion..... | 14 |
| I.3- Caractéristiques sismiques..... | 14 |
| I.4 Hydrologie et hydrogéologie..... | 17 |
| I.4.1. Hydrologie..... | 17 |
| -L'oued Beni Messous..... | 18 |
| I.4.2. Hydrogéologie..... | 18 |
| • Au niveau régional..... | 18 |
| -La nappe du sahel..... | 18 |
| -La nappe du sahel..... | 18 |

Chapitre III

Station d'épuration de Beni Messous

| | |
|--|----|
| Introduction..... | 21 |
| II.1. Présentation de la STEP..... | 22 |
| II.2. Descriptif technique de la STEP..... | 22 |
| II.2.1. CONCEPT DE LA STEP:.. | 22 |
| II.3. DESCRIPTION DES OUVRAGES..... | 23 |

| | |
|---|----|
| II.3.1.Lingne de traitement des eaux : | 23 |
| 1. Un déversoir d'orage: | 23 |
| 2. Deux grilles fines : | 23 |
| 3. Un dessableur-déshuileur..... | 23 |
| 4. Deux sur presseurs: | 23 |
| 5. Di Contrôle des eaux en entrée..... | 24 |
| 6. Deux décanteurs primaires..... | 25 |
| 7. Deux bassins d'aération..... | 25 |
| 8. Répartiteur de débit | 26 |
| 9. Deux décanteurs secondaires..... | 26 |
| 10. Un poste de refoulement : | 28 |
| II.3.2 Ligne de traitement des boues..... | 29 |
| 1. Recirculation des boues activées: | 29 |
| 2. Pompes à boues en excès : | 29 |
| 3. Deux épaisseurs..... | 29 |
| 4. Deux stabilisateurs aérés | 30 |
| 5. Un local de déshydratation mécanique | 30 |
| -Évacuation..... | 31 |
| - Débitmètres de boues épaissies | 31 |
| 6. Station de préparation de polymère:..... | 31 |
| II.4 Situation actuelle des lagunes existantes de BENI MESSOUS..... | 37 |
| II.5. LES TRAITEMENTS TERTIAIRES..... | 38 |
| Introduction..... | 38 |
| II.5.1.Différents types de traitement tertiaire..... | 38 |
| 1.La filtration..... | 38 |
| 2. La désinfection..... | 39 |
| 3. La chloration..... | 39 |
| 4. La chloration-déchloration | 40 |
| 5. L'ozonation..... | 40 |
| 6. La radiation par ultraviolets (UV)..... | 41 |
| II.5.2 ETUDE DES VARIANTES POSSIBLES..... | 42 |
| A.SYSTEME DE TRAITEMENT TERTIAIRE..... | 42 |
| B. Descriptif des variantes..... | 43 |
| -Variante I : chloration – déchloration..... | 43 |
| -Variante II traitement par les ultraviolets (UV)..... | 43 |
| C. Comparaison entre les variantes de traitement..... | 44 |
| II.5.3. CHOIX DES VARIANTES..... | 46 |

Chapitre II Réutilisation des eaux usées épurées

| | |
|-----------------------------------|----|
| Introduction : | 47 |
| III.1 Composition des eaux usées: | 49 |
| 1-Les micro-organismes : | 49 |
| 2-Les virus: | 49 |
| 3-Les bactéries..... | 49 |
| 4-Les protozoaires: | 50 |

| | |
|---|----|
| 5-Les helminthes | 50 |
| 6-Les matières en suspension (MES):..... | 50 |
| 7-Les micropolluants:..... | 50 |
| 8-Les substances nutritives..... | 50 |
| III.2.Aspects techniques et sanitaires..... | 51 |
| III.2.1.L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) | 51 |
| Contraintes de type C:..... | 53 |
| Contraintes de type B:..... | 53 |
| Contraintes de type B..... | 53 |
| III.2.2. L'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO):..... | 56 |
| III.2.3. Surveillance de la qualité des effluents traités réutilisés en irrigation (FAO, 1985)..... | 57 |
| 1-La salinité:..... | 58 |
| 2-La conductivité électrique (ECw)..... | 58 |
| 3-Le rapport d'adsorption du sodium..... | 58 |
| 4-Les cations et les anions..... | 59 |
| 5-Les métaux lourds..... | 59 |
| 6-Nutriments de la plante..... | 59 |
| III.2.4. Comparaison entre les normes OMS et USEPA..... | 60 |
| III.3. LA REUTILISATION DES EAUX USEES EPUREES DANS LE BASSIN MEDITERRANIEN..... | 65 |
| III.4. Les techniques d'irrigations avec les eaux usées traitées..... | 67 |
| 1. Irrigation par goutte à goutte..... | 67 |
| 2. Irrigation souterraine..... | 68 |
| 3. Irrigation par micro asperseur..... | 68 |
| Conclusion..... | 68 |

Chapitre IV Appréciation des aspects quantitatifs et qualitatifs des eaux épurées

| | |
|---|----|
| Introduction..... | 68 |
| IV.1.Degré de traitabilité des effluents à la sortie de la STEP | 68 |
| IV.2.Appréciation des débits d'eaux épurées..... | 70 |
| IV.2.1.Résultats d'analyses physico-chimiques de la STEP:..... | 70 |
| IV.3. Prélèvement et échantillonnage | 74 |
| IV.4.Résultats analytiques et interprétations | 74 |
| a. Résultats des analyses | 74 |
| b.Interprétation des résultats | 79 |
| - Températures..... | 79 |
| - PH | 79 |
| -La salinité..... | 79 |
| -Conductivité | 80 |
| -Dureté | 80 |
| -Alcalinité..... | 80 |
| - Turbidité..... | 81 |
| - Demande biochimique en oxygène (DB05)..... | 81 |
| - Demande chimique en oxygène (DCO)..... | 82 |
| - Matières en suspension (MES)..... | 82 |

Liste des tableaux

Chapitre I

| | |
|--|----|
| Tableau I.1 : Moyennes mensuelles et annuelle des précipitations..... | 4 |
| Tableau I.2: Moyennes mensuelles et annuelles des températures..... | 4 |
| Tableau I.3 : moyennes mensuelles et annuelle de l'ensoleillement..... | 5 |
| Tableau I.4 : Moyennes mensuelles et annuelle de l'évaporation..... | 6 |
| Tableau I.5 : Moyennes mensuelles et annuelle de la vitesse des vents..... | 7 |
| Tableau I.6 : Fréquences et directions des vents..... | 7 |
| Tableau I.7: Moyennes mensuelles et annuelle de l'humidité..... | 8 |
| Tableau I.8 : Moyennes mensuelles et annuelle de l'évapotranspiration..... | 9 |
| Tableau I.9 : Indice d'aridité..... | 11 |
| Tableau I.11 : Quotient pluviométrique..... | 14 |
| Tableau I.12 : principaux séismes de forte magnitude..... | 16 |

Chapitre II

| | |
|---|----|
| Tableau II.1 : Données fondamentales de la STEP de BENI MESSOUS-2011..... | 21 |
|---|----|

Chapitre III

| | |
|---|----|
| Tableau III.1: Recommandations microbiologiques révisées de l'OMS pour une réutilisation des RUE en agriculture (Blumenthal et coll. 2000)..... | 55 |
| Tableau III.2 : Potentiel de fertilisation par l'eau usée (FAO/RNEA, 1992)..... | 58 |
| Tableau III.3 : Directives pour l'interprétation de la qualité de l'eau pour l'irrigation (FAQ 1985)..... | 59 |
| Tableau III.4 : Teneurs maximales d'élément à l'état de traces recommandées pour les eaux d'irrigation (FAO-1985)..... | 60 |
| Tableau III.5:Autre Réglementation dans le monde..... | 62 |

Chapitre IV

| | |
|---|----|
| Tableau IV.1 : Evolution des débits moyens des eaux usées brutes et épurées de la STEP de BENI MESSOUS..... | 68 |
|---|----|

| | |
|--|----|
| Tableau IV.2: Débits moyens des effluents bruts et épurés de la STEP de BENI MESSOUS Mesure effectuée in situ..... | 69 |
| Tableau IV.3: Débits moyens d'eaux épurées de la STEP de BENI MESSOUS..... | 70 |
| Tableau IV.4: Résultats d'analyses physico-chimiques des effluents de la STEP de BENI MESSOUS..... | 70 |
| Tableau IV.5: Résultats D'analyses des eaux usées de la step de beni Messous | 73 |
| Tableau IV.6: Caractéristiques des eaux usées brutes et épurées de la STEP de BENI MESSOUS..... | 73 |
| Tableau IV.7: Paramètres physicochimiques des eaux usées a la sortie de la step | 74 |
| Tableau IV.8: Résultats des l'analyses des eaux usées a la sortie de la step | 76 |
| Tableau IV.9: Résultats d'analyses Métaux Lourds : Source:(SEAAL-CNTC)..... | 77 |
| Tableau IV.10: Paramètres bactériologiques des eaux usées épurées de la step de beni Messous: Source:(SEAAL-CNTC)..... | 78 |

Chapitre V

| | |
|--|----|
| Tableau V-1: Ajustement à la loi de Gumbel..... | 88 |
| Tableau V-2: L'Année de calcul..... | 90 |
| Tableau.3: Evapotranspiration de référence de la zone de projet selo Penman&Monteith..... | 93 |
| Tableau V-4 : Les précipitations efficaces dans les zones de projet..... | 95 |
| Tableau V.5 : densité apparente de l'ensemble de type de sol en fonction de la texture..... | 96 |
| Tableau V.6 : Représentation de la texture et l'humidité pondérales à pf2,5 et pf4,2 des profils échantillonné et analysés..... | 97 |

Chapitre VI

| | |
|---|-----|
| Tableau VI.1 : résultats du profil de sol N°.1..... | 102 |
| Tableau VI.2: résultats du profil de sol N°.2..... | 103 |
| Tableau VI.3: résultats du profil de sol N°.3..... | 105 |
| Tableau VI.4: résultats du profil de sol N°.4..... | 106 |
| Tableau VI.5 : résultats du profil de sol N°.5..... | 107 |
| Tableau. VI.6 : résultats du profil de sol N°.6..... | 108 |
| Tableau : VI.7 : résultats du profil de sol N°.7..... | 109 |

Chapitre VII

| | |
|---|-----|
| Tableau VII.1 Vitesse limites supérieures et inférieures..... | 117 |
| Tableau VII.3 – Répartition des débits par tronçon..... | 118 |
| Tableau VII.4 – Répartition de la pression par Nœud..... | 120 |
| Tableau VII.5. Type et nombre de pompes..... | 125 |
| Tableau VII.6 : Caractéristiques des pompes..... | 126 |
| Tableau N°VII.7 : choix de diamètre de la borne..... | 127 |
| Tableau N°VIII.8 : choix des ventouses..... | 128 |

LISTE DES FIGURES

Chapitre I

| | |
|---|----|
| Figure I.01 : Carte de situation de la zone d'étude extrait de la carte d'Algérie (cheraga). ...2 | 2 |
| Figure I.02 : parc Dounya. Source :(Google Earth).....2 | 2 |
| Figure I.03 : La step de Béni Messous. Source :(Google Earth).....3 | 3 |
| Figure I.04 : Moyennes mensuelles et annuelle des précipitations.....4 | 4 |
| Figure I.05 : Moyennes mensuelles et annuelles des températures.....5 | 5 |
| Figure I.06 : moyennes mensuelles et annuelle de l'ensoleillement.....6 | 6 |
| Figure I.07 : Moyennes mensuelles et annuelle de l'évaporation.....6 | 6 |
| Figure I.08 : Moyennes mensuelles et annuelle de la vitesse des vents.....7 | 7 |
| Figure I.09: Répartition saisonnière Des vents.....9 | 9 |
| Figure I.10 : Moyennes mensuelles et annuelle de l'humidité10 | 10 |
| Figure I.11 : Moyennes mensuelles et annuelle de l'évapotranspiration.....10 | 10 |
| Figure I.12 : Diagramme bioclimatique d'EMBERGER14 | 14 |
| Figure I.13 : carte de sismicité de la région d'Alger17 | 17 |
| Figure I.14 : carte de zonage sismique du territoire18 | 18 |
| Figure I.15 : CARTE HYDROGEOLOGIQUES DE LA REGION D'ALGER.....21 | 21 |

Chapitre II

| | |
|---|----|
| Figure II.01 : Déversoir dorage et poste de dégrillage fin mécanisé24 | 24 |
| Figure II.02 : poste de dessablage-déshuilage25 | 25 |
| Figure II.03 : poste d'aération et de décantation primaire27 | 27 |
| Figure II.04 : poste de décantation secondaire28 | 28 |
| Figure II.05 : poste de stabilisation32 | 32 |
| Figure II.06 : poste d'épaississement32 | 32 |
| Figure II.07 : filtre à bandes33 | 33 |
| Figure II.08 : boues déshydratées et station de préparation de polymère.....33 | 33 |
| Figure II.09: différentes vues du site réservé pour la réalisation de la 2eme tranche de la step35 | 35 |
| Figure II.10 : schéma de la STEP de Beni Messous36 | 36 |
| Figure II.11 : Vue de la première lagune.....3 | 3 |
| Figure II.12 : installation les équipements d'ozonatio.....41 | 41 |
| Figure II.13 : vue d'une lampe UV41 | 41 |
| Figure II.14 : schéma représente la longueur d'onde utilise pour le traitement.....42 | 42 |

| | |
|--|----|
| Figure II.15 : schéma représente système de traitement tertiaire. chloration –déchloration.... | 43 |
| Figure II.16 : schéma représente système de traitement tertiaire. Ultraviolets (UV)..... | 44 |

Chapitre IV

| | |
|---|----|
| Figure IV.01 : Variation mensuelle du débit a la step de beni Messous .2010-2011..... | 69 |
| Figure IV.02 : Variation mensuelle de MES a la step de beni Messous .2010-2011..... | 71 |
| Figure IV.03 : Variation mensuelle de DBO5 et DCO a la step de beni Messous .201.2011.. | 72 |

Chapitre V

| | |
|--|----|
| Figure V.01: ajustement a une loi de Gumbel..... | 89 |
|--|----|

Chapitre VI

| | |
|------------------------------------|-----|
| Figure VI.1.carte Pédologique..... | 102 |
|------------------------------------|-----|

Chapitre VII

| | |
|---|-----|
| Figure VII.1. Tracé en plan des conduites de transfert STEP-R..... | 111 |
| Figure VII.1. Tracé en plan des conduites de transfert –R-PARC..... | 112 |
| Figure VII.3 Schéma de la variante d’adduction retenue pour le parc Dounya..... | 113 |
| Figure VII.4: Représentation graphique de la loi de débit..... | 116 |

Introduction Générale

L'Algérie est un pays semi aride et les changements climatiques risquent de diminuer le volume des précipitations déjà relativement faible. Les ressources hydriques en Algérie sont estimées à environ 19 Milliards de M³ et l'irrigation agricole représente le principal consommateur avec 70% du volume exploité.

En Algérie, les rejets annuels d'eaux usées urbaines sont estimés à 750 millions de M³. Un programme important de réalisation des systèmes d'épuration (boues activées lagunage) a été réalisé ou en cours de réalisation dont l'objectif principal est la valorisation des eaux épurées et des boues produites et ce, par la création d'importantes périmètres d'irrigation. La réutilisation des eaux épurées constitue une alternative triple objective :

- Répondre au besoin en eau, qui ne cesse d'augmenter,
 - Préserver l'eau souterraine et de surface,
 - Assurer la protection de l'environnement

Les eaux usées sont fortement chargées en polluants et en contaminants divers, ce qui pose le problème des risques sanitaires liés à une REUE. Davantage, la réutilisation nécessite un dispositif de transport et de distribution de l'eau usée épurée, du site de la STEP vers le site d'utilisation. La protection de ce dispositif d'un risque de colmatage et la protection du personnel face à un risque sanitaire potentiel requièrent un traitement complémentaire.

Le présent mémoire caractérise, les pollutions résiduelles contenues dans l'effluent épuré rejeté au milieu naturel et les dangers sanitaires associés. Il aborde ensuite les objectifs de la réutilisation et les niveaux de qualité à atteindre pour pouvoir recycler l'eau et comment des traitements adéquats permettent de réduire cette charge en polluants.

Enfin, au dimensionnement du réseau de distribution des eaux Épurées de la station de la ville de Beni Messous afin d'irriguer les terres de parc Dounya

CHAPITRE I

CHAPITRE I

Présentation de la zone d'étude

Introduction

Ce 1^{ère} chapitre est une présentation générale du site d'étude (parc Dounya...), Du point de vue situation géographique et conditions climatiques. L'étude détaillée des principaux facteurs climatiques, vont nous permettre de déterminer le type de climat caractérisant la zone d'étude.

L'analyse des différents facteurs climatiques du parc est indispensable pour une conception d'un réseau d'irrigation, puisque ses réseaux sont à la base de divers calculs, tels que : le calcul des besoins en eau des cultures

I. Localisation géographique

- **parc Dounya**

Le parc Dounya est situé le long de l'axe autoroutier Est-Ouest de la ville d'Alger, véritable poumon pour la capitale, dans une zone où les vents sont si importants et si violents par moments.

Le site retenu pour recevoir le futur parc Dounya se localise sur le territoire de trois communes de la wilaya d'Alger à savoir ; Ouled Fayet, El Achour et Dely Brahim. Il s'étend sur une superficie de 800 hectares, dont 75% espace vert, répartie comme suit :

Commune de Dely Brahim, 210 hectares.

Commune de Ouled Fayet, 143 hectares.

Commune d'El Achour, 447 hectares

Le littoral représente, dans ce secteur, l'une des plus importantes régions touristiques de la zone du projet. La région a une importante fonction de détente et de loisirs pour l'ensemble du bassin versant.



Figure .I.1 Carte de situation de la zone d'étude extrait de la carte d'Algérie (cheraga)
Echelle:1/500.000 Source:(NEE)

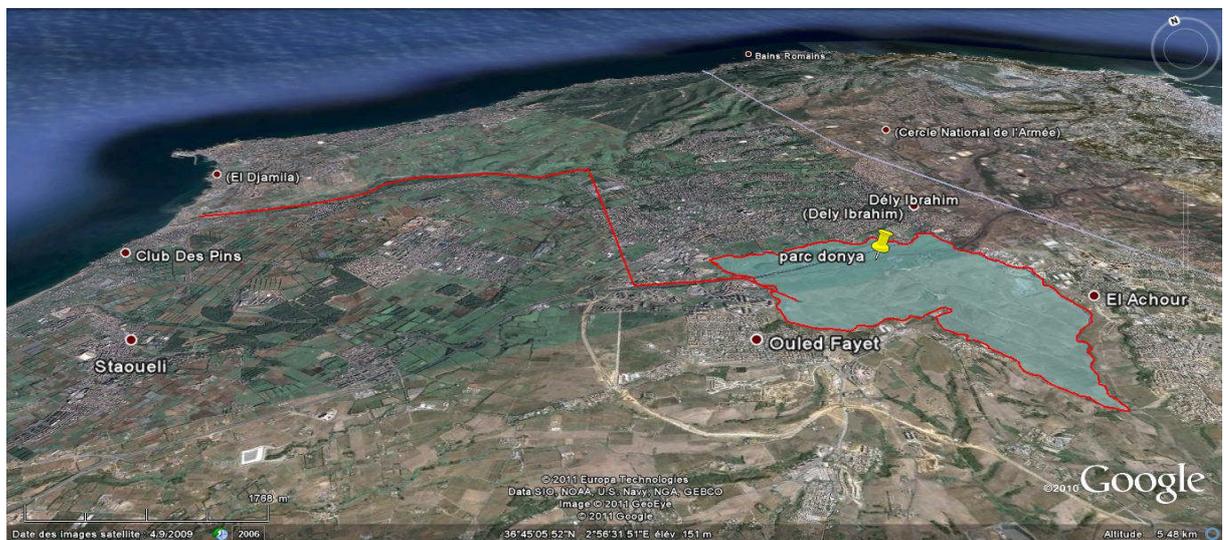


Figure .I.2. Parc Dounya (Source Google Earth)

- **La STEP de BENI MESSOUS**

La STEP de BENI MESSOUS est destinée à épurer les eaux usées de la partie Ouest de la wilaya d'Alger. Elle est située sur la route nationale N°11, en bordure de la mer à une côte du terrain variant de 7 à 10 NGA environ. La STEP est délimitée par la mer Méditerranée, à l'Ouest, par l'Oued Béni Messous et au Sud et la RN 11 reliant

Ain Benian à Staoueli à l'Est la station dépuracion de beni Messous. Cette dernière occupe une superficie totale d'environ 17 ha

Le paysage local se caractérise par une bande côtière inclinée vers l'Ouest, en direction de la mer. Le site de la STEP s'étend sur un terrain légèrement en pente, partant d'une altitude de 15 à 4 m au niveau de la plage.

Les environs de la STEP subissent une exploitation intensive en tant que zone périurbaine de loisirs et de détente pour l'agglomération d'Alger. La zone située au Nord de la STEP est répertoriée comme zone d'expansion touristique.

Cette station a une spécificité particulière, celle d'être implantée dans un site à vocation Touristique et à développement urbain très important.



Figure I.3. La Step de Béni Messous (Source Google Earth)

I.1. Cadre climatique

Comme la zone d'étude est dépourvue de station météorologique, l'analyse des paramètres climatiques est basée sur les données de la station la plus proche, celle de Dar El Beida présentant les mêmes caractéristiques de la région d'étude.

- Caractéristiques de la station de référence (Dar El Beida) :

| | |
|------------------|---------------|
| <i>Indicatif</i> | <i>390</i> |
| <i>Latitude</i> | <i>36°41</i> |
| <i>Longitude</i> | <i>03°13E</i> |
| <i>Altitude</i> | <i>25 m</i> |

Source :(ONM)

Les principaux paramètres météorologiques se présentent comme suit :

I.1.1. Les précipitations:

Tableau N°I.1 : Moyennes mensuelles et annuelle des précipitations

| <i>Période 1994-2008</i> | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|--------|
| Mois | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D | M.A |
| P (mm) | 73,56 | 54,27 | 45,47 | 48,66 | 29,15 | 5,80 | 4,50 | 9,50 | 26,99 | 51,12 | 89,37 | 77,80 | 516,19 |

Source : ONM

D'après ce tableau, on remarque que la valeur maximale des précipitations est enregistrée au mois de Novembre (89,37 mm), tandis que le minimum est atteint au mois de Juillet (4,5 mm). La pluviométrie moyenne annuelle pour cette station est de 516,19 mm.

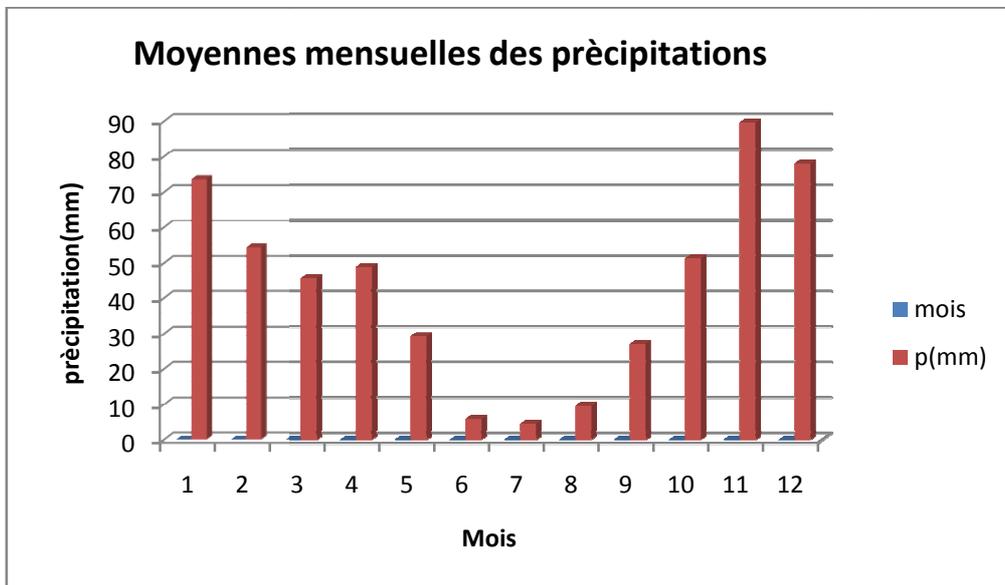


Figure I.4 : Moyennes mensuelles et annuelle des précipitations

I.1.2. La température:

Tableau N°I.2: Moyennes mensuelles et annuelles des températures

| <i>Période : 1994-2008</i> | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Mois | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D | M.A |
| T max | 16,95 | 17,59 | 19,87 | 21,73 | 25,07 | 29,06 | 31,8 | 32,64 | 29,55 | 26,54 | 20,9 | 17,83 | 24,13 |
| T moy | 10,82 | 10,79 | 13,37 | 15,34 | 18,93 | 22,84 | 24,75 | 26,34 | 23,43 | 20,26 | 14,91 | 11,18 | 14,75 |
| T min | 7,58 | 5,24 | 6,62 | 8,18 | 11,66 | 15,27 | 17,7 | 19,03 | 16,39 | 13,47 | 8,72 | 6,42 | 11,36 |

Source : ONM

- On remarque que la température Moyennes diminue pendant les trois mois d'hiver (Décembre, Janvier, Février) et atteint un minimum de 10,82°C en Janvier, elle augmente pendant les mois d'été (Juin, Juillet, Août, Septembre) et atteint le maximum

de 26,34°C en Août. La moyenne annuelle est de 14,75°C.

La proximité de la mer a une influence directe sur le micro climat, ainsi la forte chaleur est rafraîchie et humidifiée par la brise d'été et la mer réchauffe la terre pendant les hivers rigoureux.

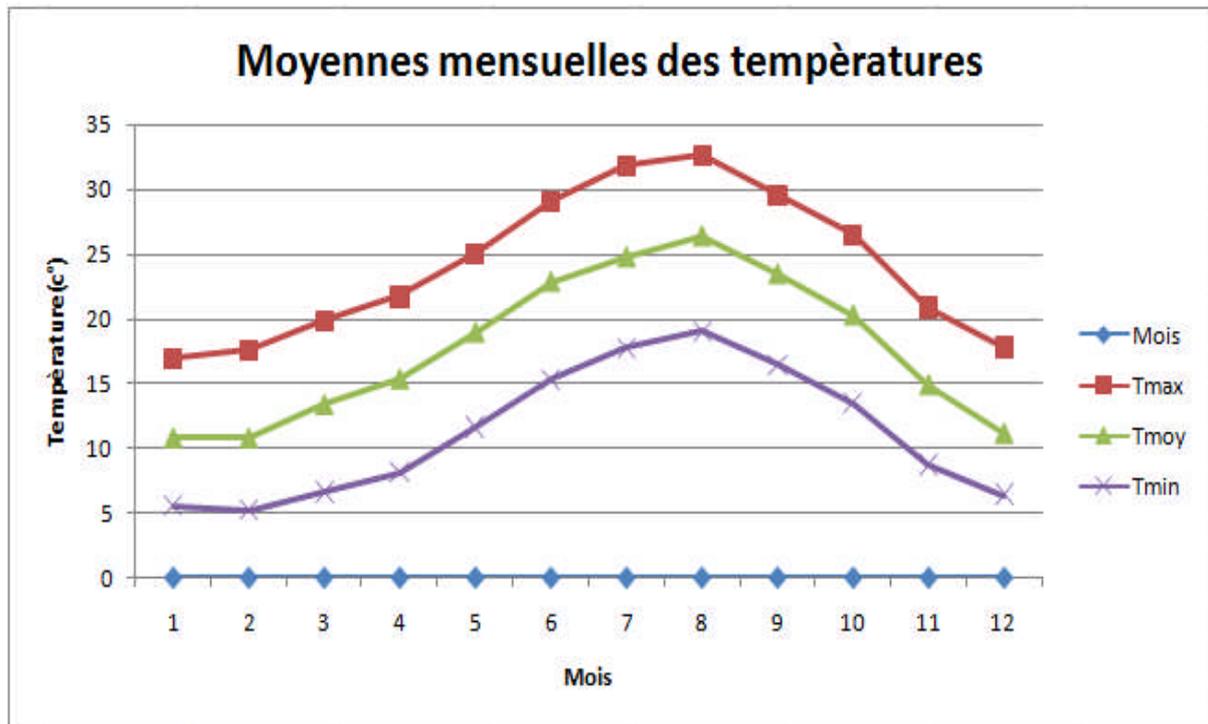


Figure .I.5 : Moyennes mensuelles et annuelles des températures

I.1.3. L'ensoleillement:

Tableau N°I.3 : moyennes mensuelles et annuelle de l'ensoleillement

Période : 1994-2008

| Mois | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D | M.A |
|----------------------|------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Ensoleillement (h/j) | 6,04 | 6,57 | 7,22 | 7,4 | 8,31 | 10,3 | 7,25 | 9,85 | 7,55 | 6,56 | 6,07 | 5,13 | 7,35 |

Source : ONM

On peut remarquer que les valeurs les plus importantes sont enregistrées en période allant du mois de Mai au mois d'Août, la valeur la plus élevée est celle du mois de juin (10,3 h/j).

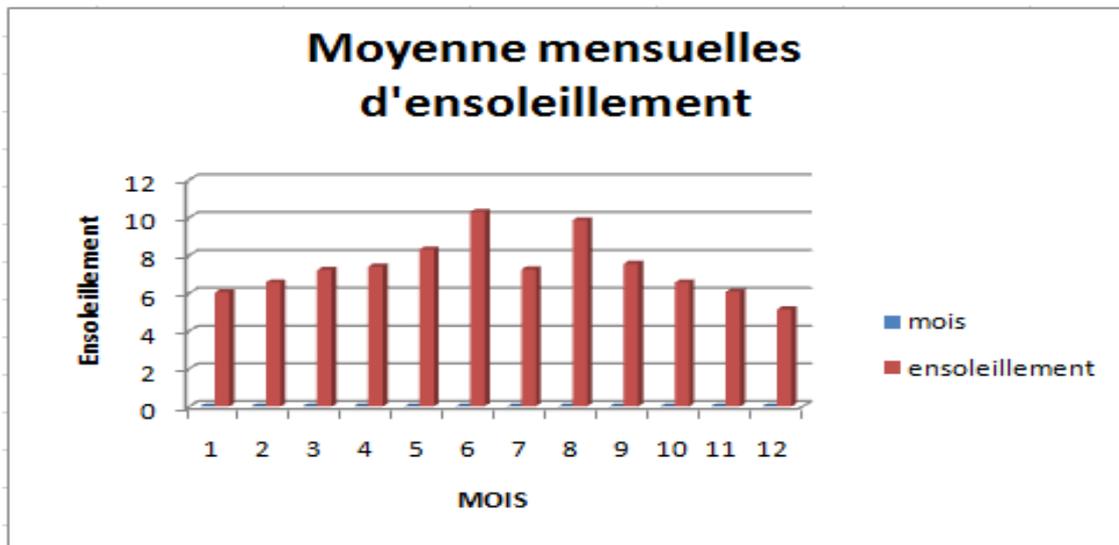


Figure .I.6 : moyennes mensuelles et annuelle de l'enseillement

I.1.4. L'évaporation

Tableau N°I.4 : Moyennes mensuelles et annuelle de l'évaporation

Période 1994-2008

| Mois | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D | M.A |
|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|--------|
| Evaporation (mm) | 40,00 | 48,07 | 61,27 | 64,87 | 81,10 | 93,50 | 107,17 | 111,00 | 92,07 | 67,60 | 55,90 | 46,50 | 868,68 |

Source : ONM

Le tableau ci-dessus montre que l'évaporation est importante en été. Elle atteint son maximum au mois d'Août avec une valeur de 111 mm. Le minimum est enregistré au mois de Février avec une valeur de 48,07 mm, celle de la moyenne annuelle est de 868,68 mm.

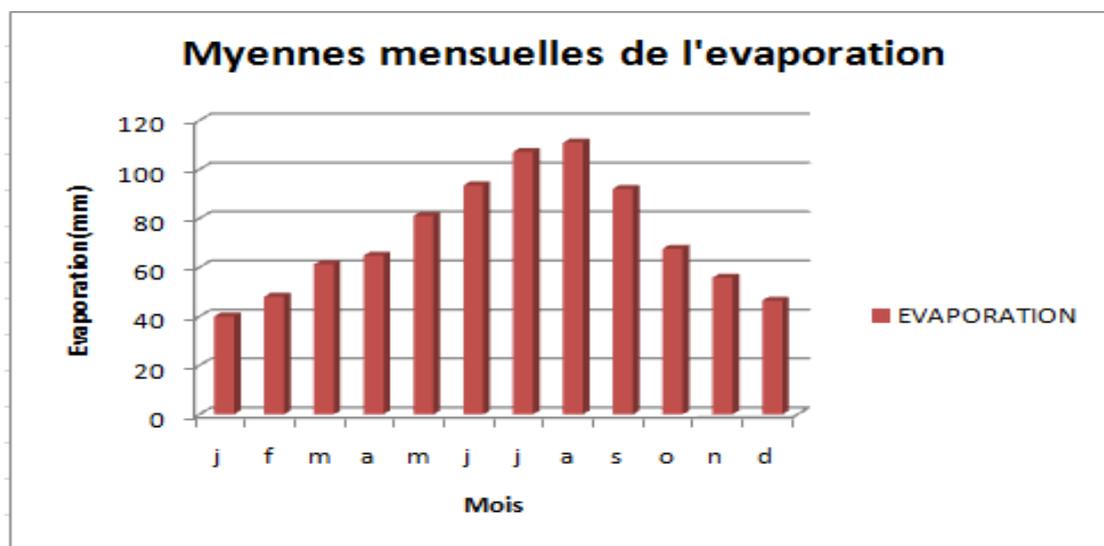


Figure .I.7: Moyennes mensuelles et annuelle de l'évaporation

I.1.5. Les Vents:

- La vitesse des vents

Tableau N°I.5 : Moyennes mensuelles et annuelle de la vitesse des vents

| Mois | <i>Période : 1994-2008</i> | | | | | | | | | | | | |
|----------------|----------------------------|------|------|------|------|------|------|------|-----|------|------|------|------|
| | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D | M.A |
| V (moy) m/s | 1,74 | 2,35 | 2,81 | 2,52 | 2,51 | 2,74 | 2,68 | 2,39 | 2,3 | 1,76 | 2,17 | 2,05 | 2,32 |

Source : ONM

D'après ce tableau, on remarque que la valeur maximale des vitesses des vents est enregistrée au mois de mars (2.81 m/s), tandis que le minimum est atteint au mois de Janvier (1.74 m/s). La vitesse moyenne du vent est inférieure à 3 m/s pour toute l'année.

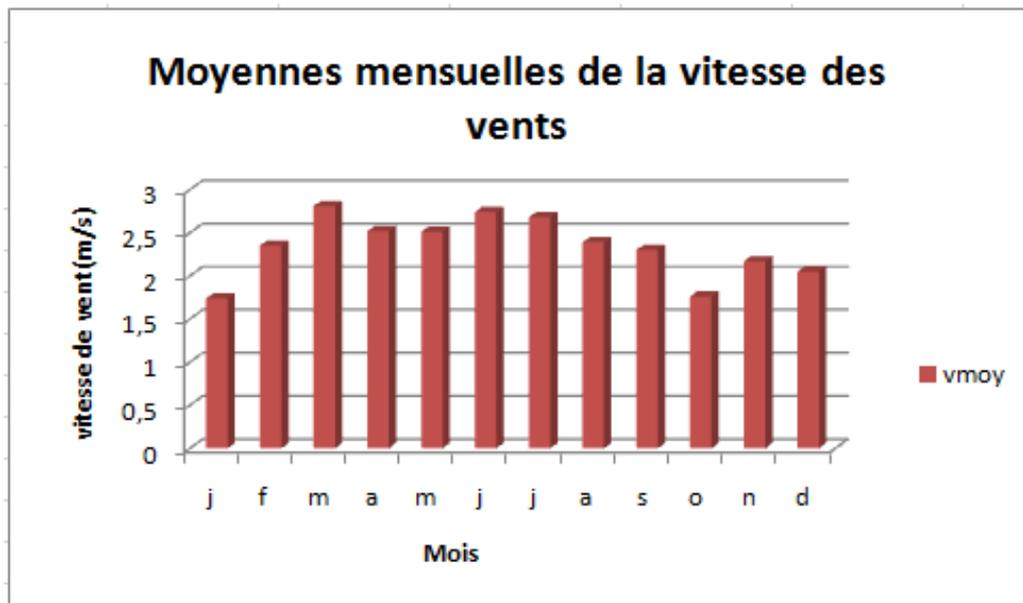


Figure I.8 : Moyennes mensuelles et annuelle de la vitesse des vents

- La direction des vents:

Tableau N°I.6 : Fréquences et directions des vents

| Direction Saison | N | NE | E | SE | S | SO | O | NO |
|------------------|------|------|-----|-----|------|------|------|-----|
| Hiver | 7 | 3,8 | 2,6 | 1,8 | 11,5 | 25,3 | 15,5 | 5,4 |
| Printemps | 14,3 | 12,8 | 7,1 | 1 | 5,7 | 14,4 | 11,5 | 7,3 |
| Eté | 19,3 | 22,2 | 5,1 | 1 | 3 | 7,1 | 5,6 | 5,7 |
| Automne | 11,3 | 11,2 | 4,4 | 1,3 | 8,4 | 17,2 | 9,5 | 7,3 |

Source: ONM

D'après ce tableau I.6 ressort du tableau ci-dessus que durant l'Eté, la dominance des vents est de direction Nord (Nord, Nord-Est). Pour l'Automne, l'hiver et le printemps, la dominance des vents est de direction Sud (Sud-Ouest,)

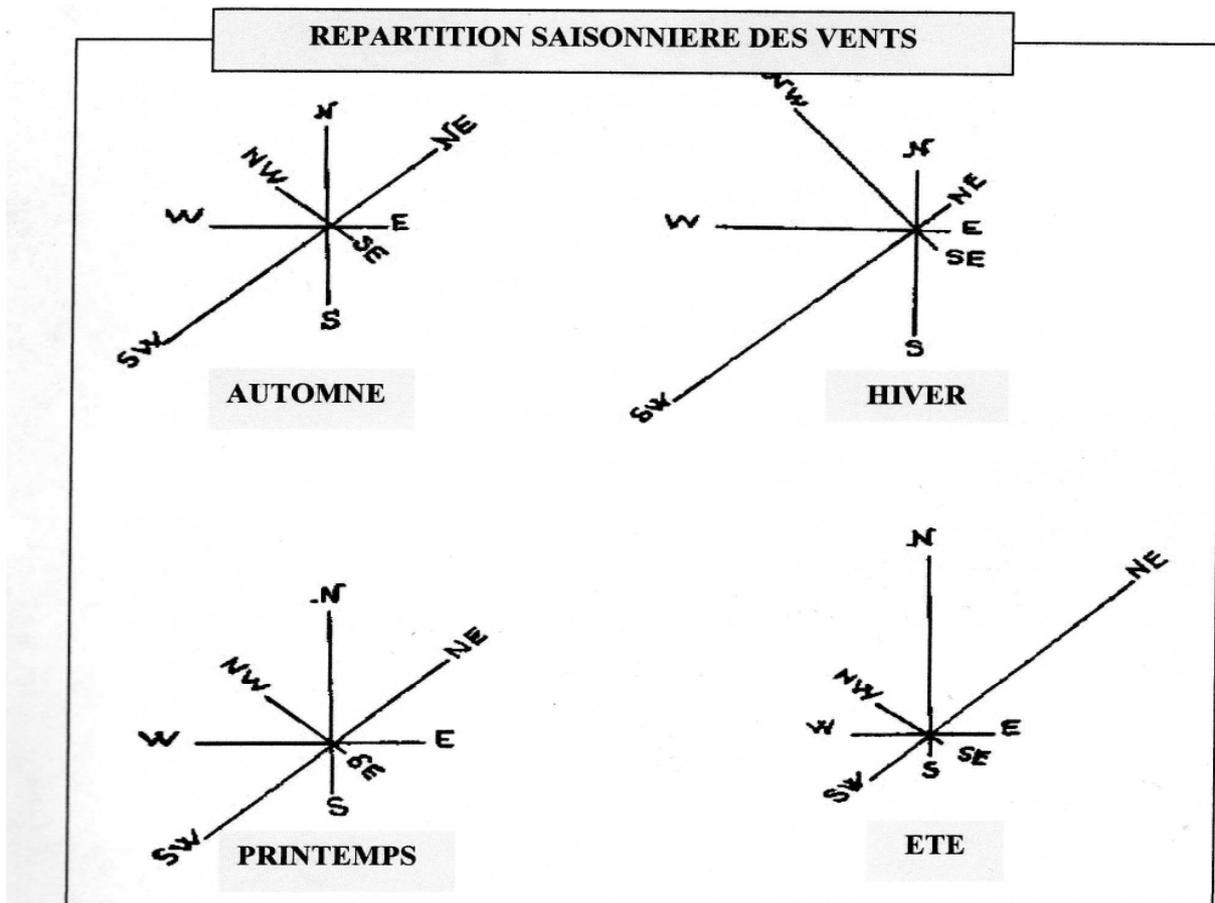


Figure .I.9: Répartition saisonnière Des vents

Source: ONM

I.1. 6. L'humidité

Tableau N°I.7: Moyennes mensuelles et annuelle de l'humidité

Période : 1994-2008

| Mois | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D | M.A |
|------|-------|------|-------|-------|------|-------|-------|----|-------|------|------|------|------|
| Hu % | 75,25 | 73,4 | 73,65 | 75,75 | 69,1 | 66,75 | 65,65 | 66 | 67,15 | 75,3 | 79,3 | 80,1 | 72,1 |

Source : ONM

D'après ce tableau Le taux d'humidité relative de l'air dans le Sahel varie entre 65,65 et 80 %. Il diminue en direction des montagnes. En outre, l'humidité est plus faible vers midi que le matin et le soir. La valeur moyenne annuelle d'humidité est 72,1 %.

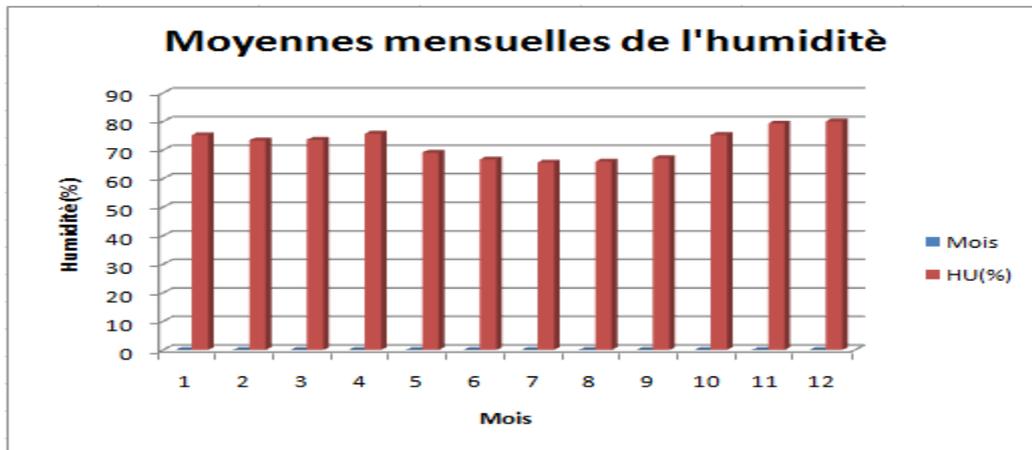


Figure I.10 : Moyennes mensuelles et annuelle de l'humidité

I.1.7. L'évapotranspiration :

Tableau N°I.8 : Moyennes mensuelles et annuelle de l'évapotranspiration

Période : 2001-2008

| Mois | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D | M.A |
|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|------|------|------|------|--------|
| ET | 14,9 | 31,1 | 55,2 | 68,3 | 85,6 | 123,4 | 120,3 | 110,8 | 78,9 | 50,8 | 27,5 | 17,8 | 784,63 |

Source : ONM

D'après ce tableau sur les huit (08) ans d'observation, l'évapotranspiration mesurée présente un maximum de 123 mm en Juin et un minimum de 14.9 mm enregistré en Janvier. Le total annuel de l'évapotranspiration moyenne est de 784,63 mm.

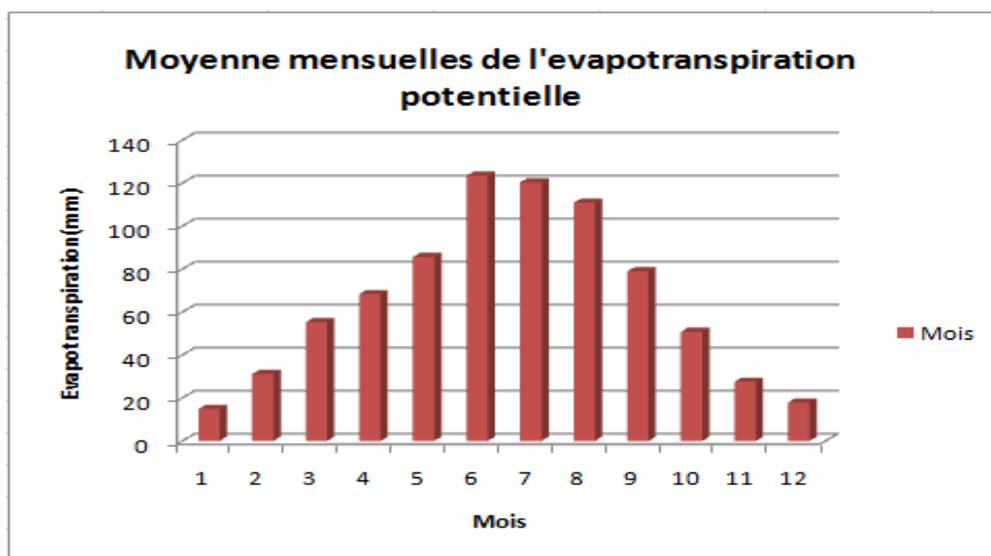


Figure I.11 : Moyennes mensuelles et annuelle de l'évapotranspiration

I.2. Synthèse climatique:

A travers les deux facteurs importants du climat, la température et la pluviométrie, trois paramètres peuvent être déterminés :

- L'Indice d'aridité minimum
- Le Diagramme Ombrothermique
- Le Climagramme d'EMBERGER

I.2.1. L'indice d'aridité de DEMARTON :

Il est défini par la formule suivante:

$$I = 12 P / (T + 10)$$

Avec :

P : Pluviométrie moyenne mensuelle

T : Température moyenne mensuelle

I : Indice d'aridité

Tableau N°I.9 : Indice d'aridité

| Mois | Jan | Fev | Mar | Avr | Mai | Juin | Juill | Août | Sep | Oct | Nov | Dec |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|------|------|-------|-------|-------|
| I (°C) | 42,40 | 31,33 | 23,35 | 23,04 | 12,09 | 2,11 | 1,55 | 3,10 | 9,69 | 20,27 | 43,05 | 44,07 |

Le tableau ci-dessus met en évidence deux catégories :

- Une saison humide et longue s'étale d'Octobre au mois de Mai dont la valeur maximale est celle du mois de décembre (44.07°C).
- Une saison sèche et courte s'étale de Mai à Septembre dont la valeur minimum est celle du mois de Juillet (1,55°C).

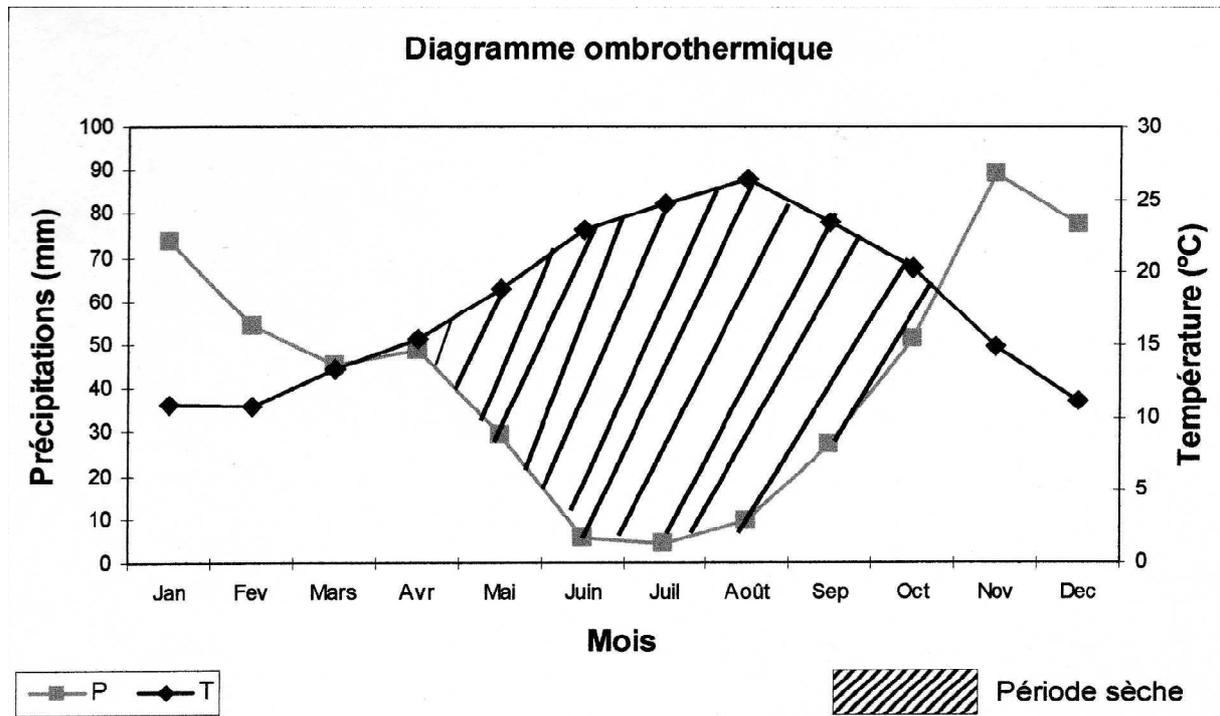
I.2.2. Diagramme Ombrothermique :

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

en degrés centigrades.

Quand la courbe de température est au-dessus de celle des précipitations, la zone délimitée représente la zone sèche.

Etabli pour la station de Dar El Beida, il ressort une période sèche qui s'étale du mois de Mars jusqu'au mois d'Octobre.



I.2.3. Classification du climat selon l'indice De MARTON:

L'indice d'aridité De MARTON est un paramètre de classification du climat afin de nous permettre de savoir si l'irrigation est indispensable ou pas par rapport au type de climat.

L'indice d'aridité est donné par l'expression :

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

Avec :

IA : indice De MARTON

P : précipitation annuelle totale de la région en mm/an

T : température moyenne annuelle en °c

Tableau I.10: classification de climat selon MARTON

| VALEURS DE I | TYPE DE CLIMAT | IRRIGATION |
|--------------|---------------------|-----------------------|
| I<5 | désertique | Indispensable |
| 5<I<10 | Très sec | Indispensable |
| 10<I<20 | Sec | Souvent indispensable |
| 20<I<30 | Relativement humide | Parfois utile |
| I>30 | Humide | Inutile |

Pour : P=516,19mm
T=14.75 °C

On aura :
$$I_{\bar{A}} = \frac{516.19}{14.75 + 10} = 21$$

Selon l'indice d'aridité calculé, on constate d'après la classification ci-dessus que la région est soumise à un régime Relativement humide, où l'irrigation est Parfois utile.

I.2.4. Diagramme D'EMBERGER:

Son calcul se base essentiellement sur les températures et les précipitations. Ce quotient n'est applicable qu'aux climats de type méditerranéen. Mis au point par EMBERGER (1930), il s'exprime par la formule :

$$Q2 = 2000 P / (M2 - m2)$$

Avec :

P : pluviométrie moyenne annuelle (mm).

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

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

En utilisant les deux valeurs Q2 et m, EMBERGER a défini les étages bioclimatiques qui sont reconnus par référence à un diagramme comportant un réseau de lignes séparatrices dans un espace orthonormé portant en ordonnées Q2 et en abscisse le m (Figure01).

Le calcul du quotient pluviométrique donne les valeurs suivantes :

Tableau N°I.11 : Quotient pluviométrique

| Précipitations (mm) | m (°K) | M (°K) | Q2 | Etage bioclimatique |
|---------------------|--------|--------|--------|---------------------|
| 516,19 | 283,82 | 299,34 | 114,07 | Sub-humide |

A l'analyse de la figure 1, on constate que la région se caractérise par un climat sub humide très chaud.

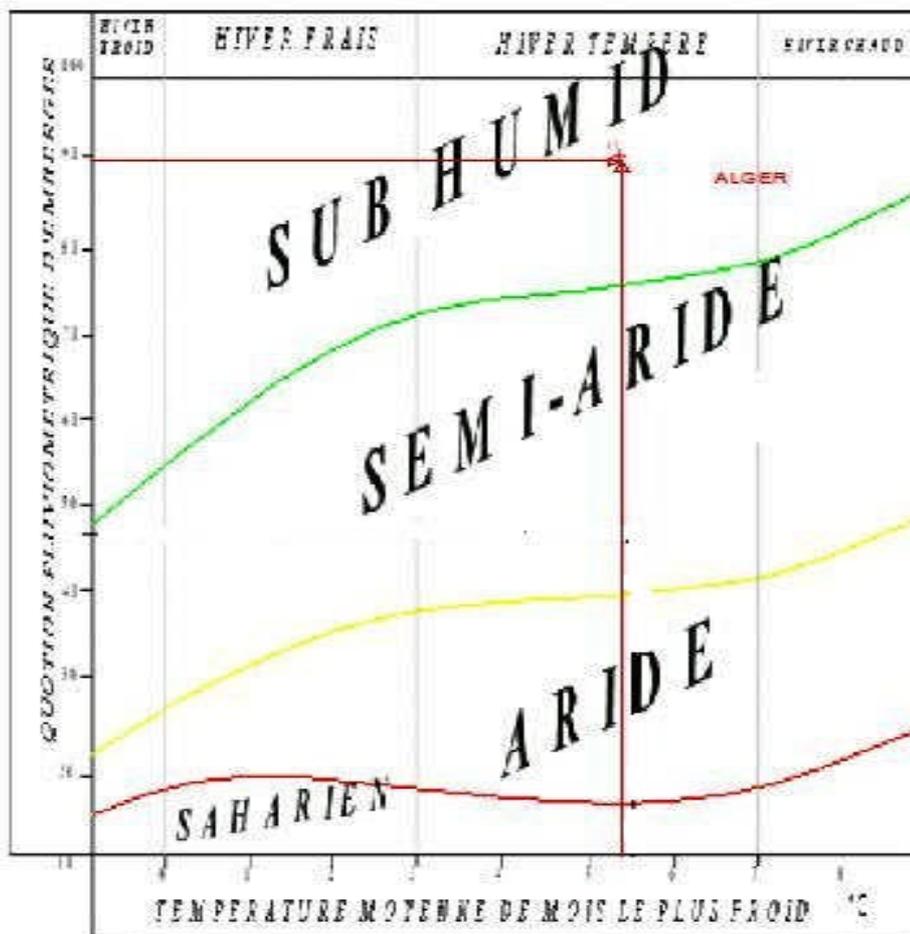


Figure I.12 Diagramme bioclimatique d'EMBERGER

Conclusion :

Le climat dans la région d'Alger peut être caractérisé comme typiquement méditerranéen. Les étés sont secs et chauds avec des températures moyennes mensuelles allant jusqu'à 26° environ. Les hivers sont frais et humides ; dans le mois le plus froid, au mois de Janvier, la température moyenne est d'environ 11°.

L'humidité relative observée est modérée pendant toute l'année avec une valeur moyenne autour de 72%. En Décembre, la moyenne journalière atteint le maximum soit 80%, elle ne descend pas en moyenne en dessous de 65%. L'influence de la méditerranée, combinée à celles des vents de terres et de mer, se traduit par de grandes variations du taux d'humidité de l'air qui reste en moyenne assez élevé.

L'évaporation moyenne est de 869 mm avec un maximum de 111 mm au mois d'Août et un minimum de 40 mm en Janvier. L'évaporation (ET) dans la région, étant de 784 mm. La pluie moyenne observée est de 777 mm

I.3- Caractéristiques sismiques:

Les communes du projet se trouvent sur le bourrelet Nord du sahel. L'activité sismique de la région d'Alger est localisée essentiellement dans le bassin néogène de la Mitidja. Dans cette région, d'importants séismes se sont produits au cours de l'histoire, causant des dégâts matériels et humains. C'est notamment le cas du séisme de 1365, de 1716 et du séisme de Blida en 1825. Les principaux séismes de forte magnitude qui ont frappés la région d'Alger (1365-2005) sont représentés dans le tableau suivant : [3]

Tableau N°I.12 : principaux séismes de forte magnitude

| Lieu | Date | 11M | M | Victimes |
|------------|------------|------|-----|--------------------|
| Alger | 03/01/1365 | X | - | Plusieurs victimes |
| Alger | 10/03/1673 | - | - | - |
| Mitidja | 03/02/1716 | X | - | 20.000 |
| Blida | 02/03/1825 | X | - | 7000 |
| Djidjelli | 22/08/1856 | X | - | - |
| Gouraya | 15/01/1891 | X | - | 38 |
| Tipaza | 29/10/1989 | VIII | 6,0 | 22 |
| Boumerdes- | 21/05/2003 | X | 6,8 | 2300 |

Les études effectuées dans le bassin de la Mitidja montrent que la tectonique active se manifeste le long des bordures Nord et Sud du bassin par de nombreuses failles et plis failles à jeu inverse de direction NE-SW (pli-faille du sahel), recoupés par des accidents conjugués de direction NW-SE, qui déforment peu à peu ces versants et surélèvent la Région littorale. [9]

La région d'Ouest d'Alger où se sont produits les séismes du 29 octobre 1989 (Ms : 6,0) et du 4 septembre 1996 (Ms : 5,7), est marquée par la présence de l'anticlinal du sahel, structure majeure de près de 60 km de longueur et d'orientation NE-SW. [9]

Cette région présente des déformations tectoniques récentes qui affectent les niveaux plio-quadernaires (faille F1). Des décrochements de direction NW-SE, localisés principalement dans la région d'Attatba et de Mahelma, affecte l'anticlinal du sahel. [9]

En Mer, l'extension marine de la faille du Chenoua (faille F2) ainsi que l'accident de Khayr Eddine, récemment cartographiés par la campagne Maradja, représente deux autres structures majeures de la région d'Alger.

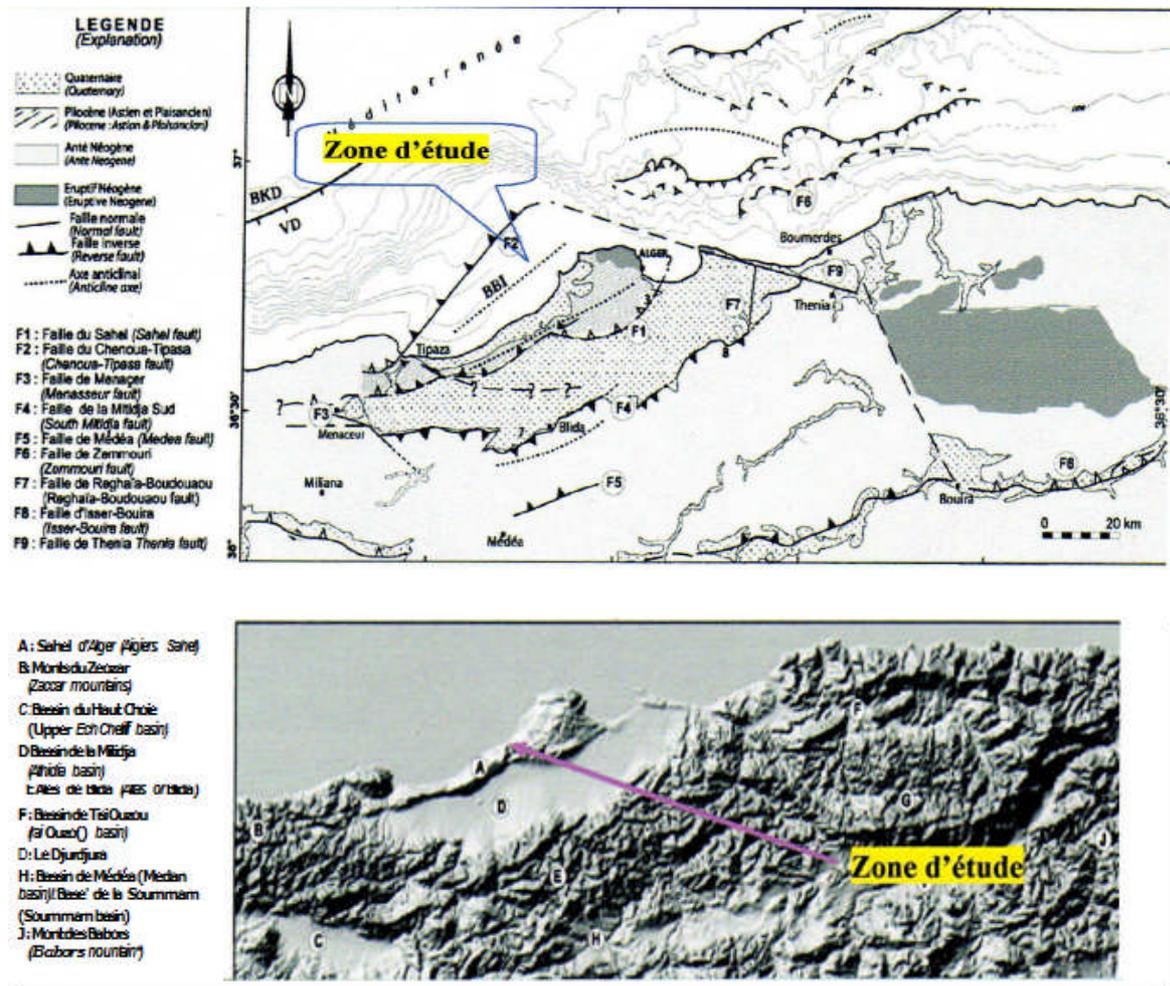


Figure I.13:carte de sismicité de la région d'Alger (source RP.A 2003)

Un Zoning sismique actualisé a été établi par le Règlement Parasismique Algérien (R P.A 2003) suite au séisme du 21 Mai 2003 qui a touché la région de Boumerdes et ses environs.

Cinq zones de sismicité croissante ont été établies au niveau national (Voir carte de zoning sismique ci-après), soit :

- Zone 0 : Sismicité négligeable
- Zone I : Sismicité faible
- Zone IIa et IIb : Sismicité moyenne
- Zone III : Sismicité élevée

Cette nouvelle classification, situe notre zone d'étude dans la Zone sismique III qui est de sismicité élevée.

Comme pour la région de Boumerdes Zemmouri (Boudiaf, 1996 et 1998) où le séisme du 21 mai 2003 a montré que nos villes sont et seront toujours vulnérables, L'état des connaissances actuelles dans le domaine des géosciences appliquées ou fondamentales ne permet pas de prévoir avec certitude les périodes de retour ou la prédiction à court terme des événements sismiques futurs. Par conséquent des actions préventives, beaucoup plus rentables et réalistes, à court, moyen et long terme, doivent être entreprises pour la protection des hommes et des infrastructures économiques et sociales existantes. Le promoteur devra tenir compte du règlement parasismique Algérien.

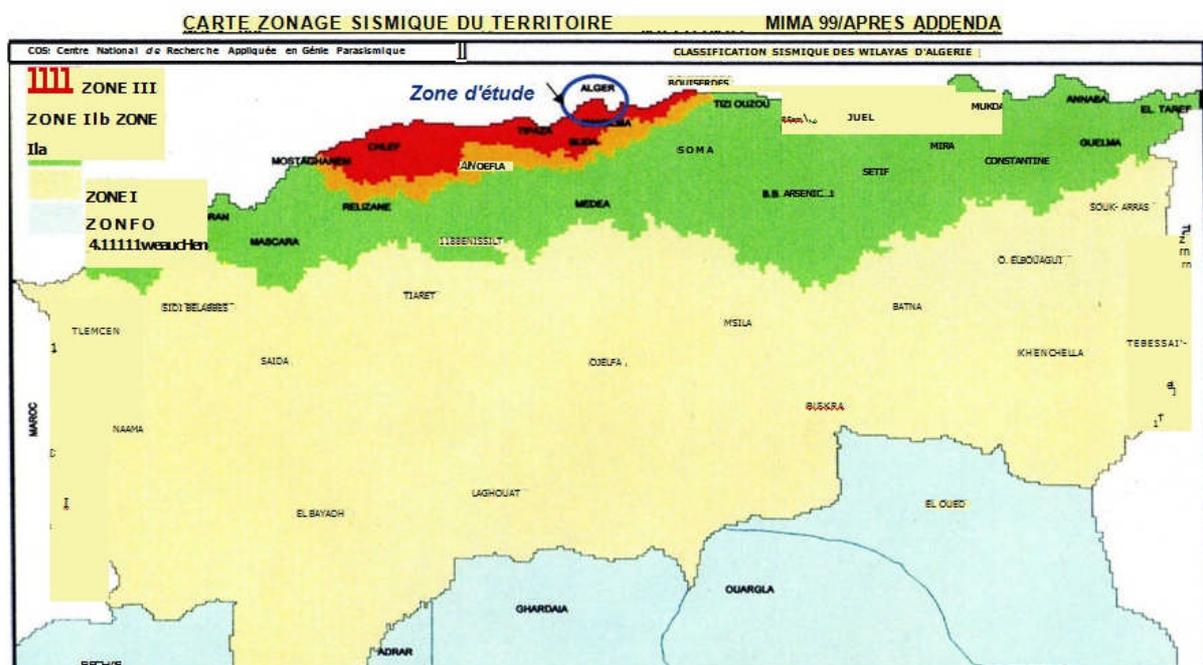


Figure I.14: carte de zonage sismique du territoire

algérien

I.4 Hydrologie et hydrogéologie:

I.4.1. Hydrologie:

La région étudiée est caractérisée par des oueds pérennes qui ont un débit d'étiage extrêmement faible :

- l'Oued Beni Messous qui draine le plateau de Chéragua-Ain Benian
- l'Oued Bridja qui prolonge l'oued Faouara (oued à réseau égorgé) dans la région de Bouchaoui

-L'oued Beni Messous : est le plus grand oued côtier, son bassin est clairement délimité sur le versant Ouest du sahel. C'est le réceptacle de toutes les eaux usées domestiques et industrielles.

L'oued Beni Messous descend vers l'Ouest en direction de CHERAGA puis tourne à droite pour terminer sa course entre Ain Benian et Staoueli. Par sa longueur 11,5 Km et son débit, c'est le moins important du massif de Bouzareah. Il coule au milieu de petites collines et sur un plateau qui le borde. Dans la partie haute de son cours, il traverse des vergers, des vignobles et des jardins maraîchers. Son embouchure traverse des marécages et se termine au milieu des sables, dans une forêt de roseaux et de lauriers roses.

Le littoral près de l'embouchure de cet oued présente l'une des plus importantes régions touristiques de la zone de projet.

I.4.2. Hydrogéologie

- **Au niveau régional**

Les eaux souterraines se manifestent sous forme de sources ou de nappes aquifères. L'eau est localisée dans les fissures, diaclases et fractures. On peut définir deux ensembles de réserves aquifères :

- **La nappe du sahel** : est constituée par des dunes, poudingues et grés et par des sables plus ou moins argileux et rubéfiés. Ces formations géologiques forment un bar aquifère alimenté essentiellement par la pluviométrie et par une circulation diffuse souterraine.
- **La nappe du sahel**: les interstices se trouvant dans les grés constituent une roche favorable à l'emmagasinement de l'eau, mais l'essentiel se trouve entre l'astien et le plaisansien dont ce dernier constitue la couche plancher permettant de garder une nappe de 5 m de hauteur, des sources de résurgence peuvent apparaître en surface à certains endroits.

La carte hydrogéologique de la wilaya d'Alger dressée en 1952, décrit des faciès géologiques et identifie des zones dont la perméabilité des sols et donc le niveau d'infiltration de l'eau dans le sol, est différente.

La très grande majorité des sols de la wilaya d'Alger est composée de marnes. La région d'étude se situe dans les zones I et II à savoir :

Zone I : Une frange côtière avec des formations dunaires consolidées. Elle couvre approximativement les communes de Zéralda et Staoueli, mais également les communes de Ain Taya, El Masa et Heroua à l'Est, ainsi que les communes de Hamma El anasser et Hussein Dey au centre. La perméabilité est bonne. Le risque de glissements de terrain est quasi nul.

Zone II : Une zone de marnes et argile bleues du Pliocène inférieur qui s'étend sur tout ou partie des communes de Chéraga, Ouled Fayet, El Achour, Draria, Baba Hssen, Mahelma, Rahmania et Douira. La perméabilité des sols est très faible et les sols sont relativement stables. Cependant, cette zone reste potentiellement sensible aux glissements de terrain induits par des activités humaines susceptibles de remettre en cause cette stabilité : travaux publics modifiant la topographie (construction d'habitations, ouverture de routes, creusement de tranchées pour les réseaux divers).

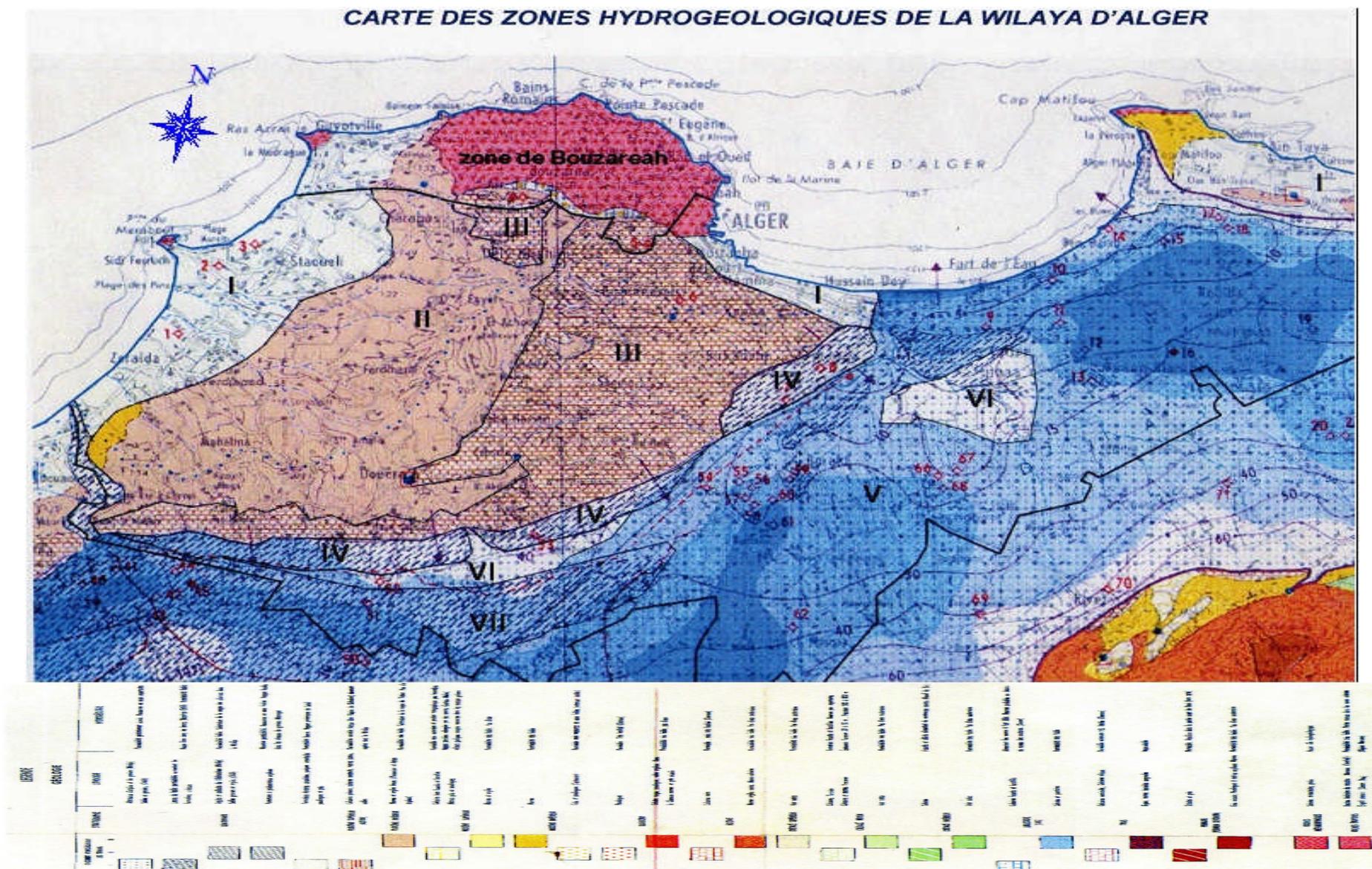


Figure. I.15: CARTE HYDROGEOLOGIQUES DE LA REGION D'ALGER Echelle:1/500. (Source ANRH

CHAPITRE II

CHAPITRE II

Présentation de la step de Béni

Messous

Introduction

La STEP de BENI MESSOUS est destinée à épurer les eaux usées de la partie Ouest de la wilaya d'Alger. Elle est située sur la route nationale N°11, en bordure de la mer Méditerranée et à l'embouchure de l'oued Béni Messous. Le présent chapitre comportera un descriptif détaillé de la STEP de BENI MESSOUS

Tableau. II.1 : Données fondamentales de la STEP de BENI MESSOUS-2011

| Désignation | 2011-2015 | 2015-2030 |
|--|-----------|-----------|
| CAPACITE DE LA STEP (EH) | 250.000 | 500.000 |
| CHARGE HYDRAULIQUE | | |
| Volume des eaux usées (m3/j) | 50.400 | 100.800 |
| Débit moyen horaire (m3/h) | 2100 | 4200 |
| Débit de pointe par temps sec (m3/h) | 2750 | 5500 |
| Débit de pointe en temps de pluie (m3/h) | 5500 | 11.000 |
| CHARGES POLLUANTES | | |
| DBO5 | | |
| Charge journalière en DBO5 (Kg/j) | 12.500 | 25.000 |
| Concentration de l'effluent en DBO5 (mg/l) | 248 | 248 |
| DCO | | |
| Charge journalière en DCO (Kg/j) | 25.000 | 50.000 |
| Concentration de l'effluent en DCO(mg/l) | 500 | 500 |
| MES | | |
| Charge journalière en MES (Kg/j) | 15.000 | 30.000 |
| Concentration de l'effluent en MES(mg/l) | 298 | 298 |
| N-NK | | |
| Charge journalière en NTK (Kg/j) | 2500 | 5000 |
| Concentration de l'effluent en NTK(mg/l) | 50 | 50 |
| Pt | | |
| Charge journalière en Pt (Kg/j) | 625 | 1250 |
| Concentration de l'effluent en Pt (mg/l) | 12,4 | 12,4 |

Source: Direction des Ressources Hydriques de la wilaya d'Alger -2011

II.1. Présentation de la STEP:

La station d'épuration de BENI MESSOUS est la station la plus récente, elle a été mise en service en Juin 2007. Elle a une capacité nominale de 50.400 m³/j et 250.000 EH. C'est une station moderne située dans la commune de Ain Benian et assure l'épuration des eaux usées provenant, en tout ou partie, de Ain Benian, Cheragua, Staoueli, Beni Messous, Ouled Fayet et quelques communes limitrophes.

II.2. Descriptif technique de la STEP

Le système d'épuration se compose de deux files de traitement identiques, ceci afin de garantir une plus grande souplesse d'exploitation

II.2.1. CONCEPT DE LA STEP:

- La station d'épuration de BENI MESSOUS fonctionne sur la base du process « Boue Activée à moyenne charge », elle est équipée d'ouvrages d'épuration physique et biologique.
- Les ouvrages d'épuration physique comprennent un dégrilleur, dessableur/deshuileur ainsi qu'un décanteur primaire
 - Le traitement physique permet d'éliminer les matières grossières, les flottants et les substances décantables. Il est suivi d'un traitement biologique, qui assure quant à lui l'élimination des matières dissoutes ou à fines particules
 - L'épuration biologique est décomposée comme suit : d'abord, un traitement par boues activées à moyenne charge et ensuite une décantation secondaire.

Après avoir subi une stabilisation puis un épaissement, les boues produites sont déshydratées mécaniquement sur filtres à bandes.

II.3.DESCRPTION DES OUVRAGES:

II.3.1.Ligne de traitement des eaux

1. Un déversoir d'orage: brassés et aérés avec deux grilles grossières à nettoyage automatique (une largeur de 1 m et un écartement des barreaux de 60 mm) avec reprise des déchets par convoyeur des refus vers une benne de volume 5 m³.

Les deux grilles sont isolées, chacune par deux vannes batardeaux .

2. Deux grilles fines : à nettoyage automatique (une largeur de 1 m et un écartement des barreaux de 20 mm) avec reprise des déchets par convoyeur compacteur des refus vers une benne de volume 5 m³. Les deux grilles sont isolées, chacune par deux vannes batardeaux.

3. Un dessableur-déshuileur: aéré composé de deux canaux rectangulaires, de section trapézoïdale de large et 30 m de longueur chacun, avec une hauteur d'eau moyenne de 3,60 m.

Les sables piégés au fond de l'ouvrage sont pompés du pont dessableur vers un chenal à coté dit de collecte de sables au moyen d'un compresseur Air lift et chargé dans un conteneur par vis classificatrice.

D'autre part, l'insufflation d'air assurée par les surpresseurs assurent, entre autres, le passage des particules de graisses et des huiles vers une goulotte longitudinale tranquille, limitée par des cloisons de tranquillisation qui seront par la suite évacuées vers une fosse à graisse accolée à l'ouvrage, au moyen d'un système de raclage fixé au pont roulant à chaque passage à la fin de course aval du pont. Pour les transférer dans un conteneur de graisse à travers une pompe à flottants installée dans la dite fosse. Tout l'ouvrage est isolé en amont par deux vannes batardeaux. (8)

4. Deux sur presseurs: de type Roots trilobés assurant l'alimentation des diffuseurs fines bulles en fond de bassin de façon à permettre l'aération de la liqueur mixte contenue dans les bassins d'aération.

5. Di Contrôle des eaux en entrée : mesure du débit entrant par canal Venturi et échantillonnage automatique.



Figure II.1 : Déversoir dorage et poste de dégrillage fin mécanisé

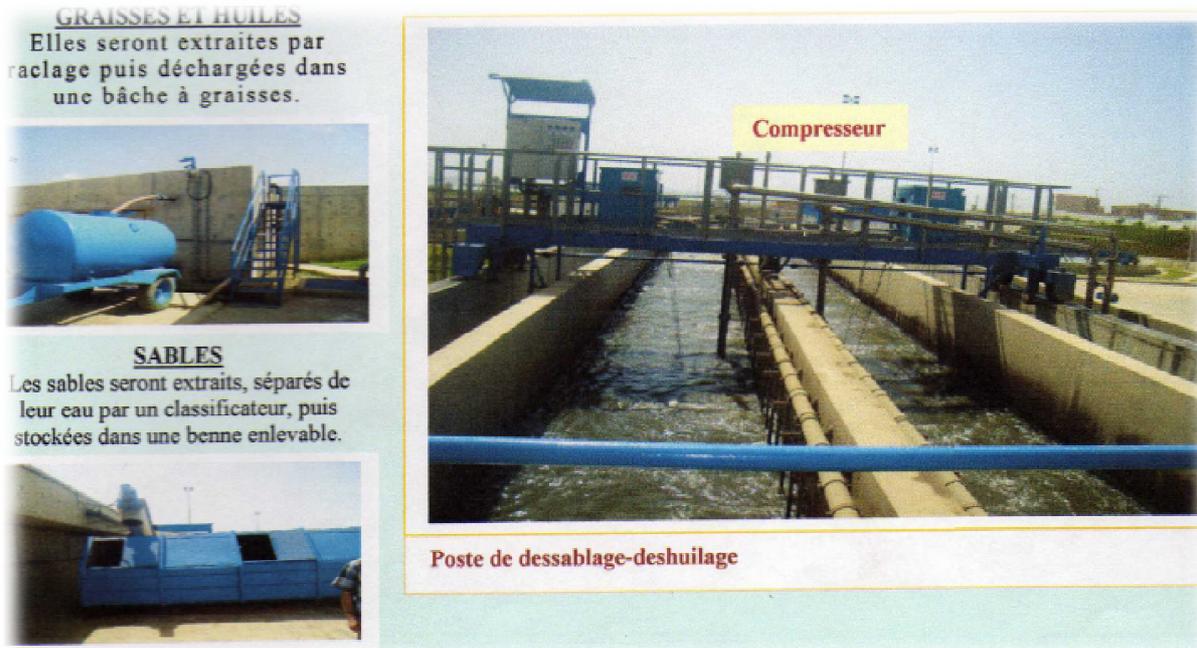


Figure II.2 : poste de dessablage-déshuilage

6. Deux décanteurs primaires:

De 29 m de diamètre équipés de 2 ponts racleurs radiaux, actionnés par deux motoréducteurs d'entraînement, par un ensemble de racleurs de fond.

Les boues primaires ainsi décantées sont soutirées directement de chaque décanteur, via une tuyauterie d'extraction des boues en acier 200 mm, par deux pompes à vis excentrique vers les deux Epaisseuriers.

Le pompage des boues se met en marche normalement pour une concentration de MES supérieure à 15 g/l. La mesure de la concentration de boues primaires est faite quotidiennement au niveau du laboratoire.

Chaque décanteur peut être isolé à l'amont, au niveau de l'ouvrage de répartition par 2 Vannes murales d'isolement, 1000x1000 mm. (8)

7. Deux bassins d'aération : brassés travaillant à moyenne charge massique ($C_m \leq 0,07 \text{ kgDB05/kg MES.j}$), les dimensions de chaque bassin sont :

| | |
|-------|-------|
| L_U | 55.5m |
| I_U | 18.5m |
| H | 4.58m |

L_U : Longueur

l_U : Largeur

H: Hauteur

Système d'aération par des turbines de surface dont chaque bassin est composé de trois (03) aérateurs d'une puissance de 75 kw chacun.

Une paroi siphonide exécutée en béton est située à l'aval de chaque bassin servant à retenir dans le bassin d'aération les mousses et autres flottants qui pourraient être générés par la rotation des aérateurs de surface. Cette paroi siphonide sert également de paroi de tranquillisation. Un système d'arrosage branché sur le réseau d'eau de service permet de combattre ce phénomène s'il se présente.

Le système est muni d'un analyseur d'oxygène dissous automatique pour la régulation du fonctionnement des aérateurs (8)

8. Répartiteur de débit : la liqueur mixte de boues activées est ensuite dirigée vers les ouvrages de décantation secondaire après passage dans l'ouvrage de répartition.

9. Deux décanteurs secondaires : de 55 m de diamètre, avec raclage diamétral, double lame déversant de reprise des eaux décantées et système de récupération des flottants.

Chaque décanteur est équipé d'un Pont roulant radial, actionné par un moto-réducteur d'entraînement, disposant d'un racleur de surface (récupération des flottants) et d'un racleur de fond (concentration des boues décantées vers le centre de l'ouvrage).

La récupération des flottants, quant à elle, s'effectue alors par l'intermédiaire d'une lame radiale en caoutchouc et d'une double goulotte périphérique de récupération placée sur le rayon du bassin.

Le système d'écumage est équipé, en outre, d'un ensemble de déversoirs et cloisons pare-écume permettant de chasser les flottants ayant échappé à l'ouvrage de déshuilage et qui seront collectés gravitairement dans la chambre des eaux troubles prévue pour ce fait. (8)

Chaque décanteur peut être isolé à l'amont, au niveau de la tour de répartition par une Vanne murale d'isolement à commande par volant de diamètre de 1200x1200 mm.

Contrôle des eaux de sortie : à la sortie de la décantation secondaire, le débit traité est mesuré sur un venturi en canal ouvert avant rejet. L'effluent ainsi traité rejoint l'exutoire (la mer).



Figure II.3 : poste d'aération et de décantation primaire

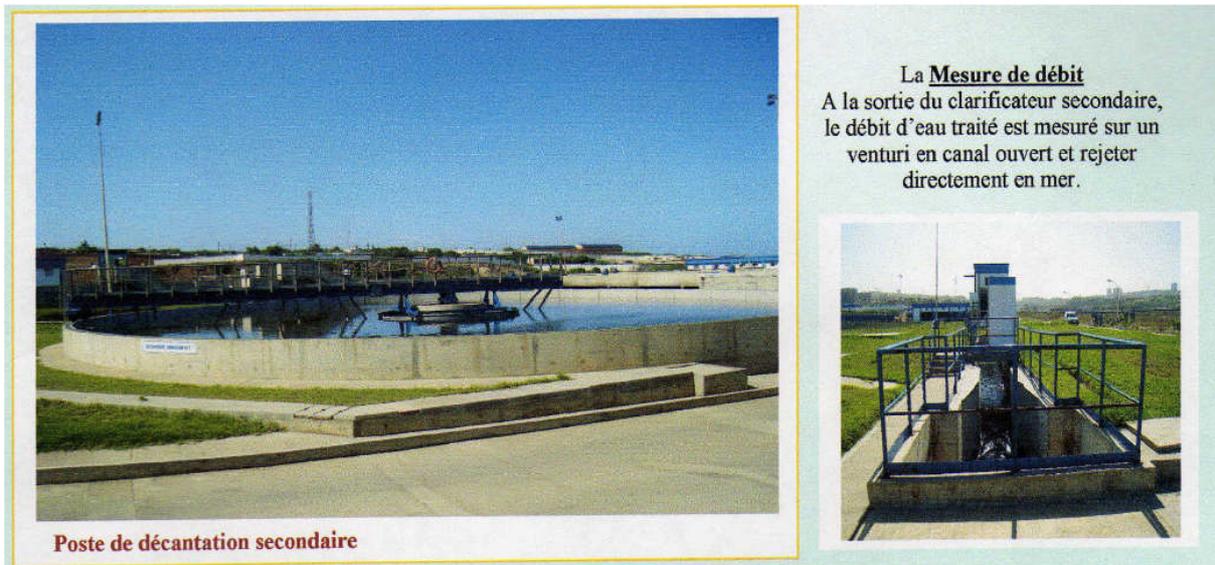


Figure II.4 : poste de décantation secondaire

10. Un poste de refoulement : de dimensions (12 x 8 m), construit entièrement en béton armé équipé de cinq (05) pompes dont le débit unitaire est de 150l/s. Le système de pompage mis en place est capable de refouler un débit de 2700 m³/h.

Les caractéristiques des pompes sont récapitulées dans le tableau ci-dessous :

| <i>Caractéristiques</i> | |
|---|------------|
| Pompes centrifuges en poste fixe | |
| Fluide | Eau épurée |
| Débit | 150 l/s |
| Nombre de pompes | 05 |
| HMT | 135 m |
| Puissance | 3150 kW |
| Orifice de refoulement | DN 150 |
| Orifice d'aspiration | DN 200 |
| Moteur : | |
| Fréquence | 50 Hz |
| Tension | 380 V |
| Vitesse | 2950 tr/mn |
| Classe de matière isolante | F |
| Classe moteur | IP 55 |

Source: Direction des Ressources Hydriques de la wilaya d'Alger
(Service assainissement-2011)

II.3.2 Ligne de traitement des boues:

Il s'agit d'une étape intermédiaire dans la diminution du volume de boues produites par la station. Les boues excédentaires (primaires et secondaires activées), seront injectées en tête de deux épaisseurs.

1. Recirculation des boues activées : en tête des bassins biologiques par deux groupes motopompes centrifuges à axe horizontal.

Purge des boues en excès par deux groupes motopompes centrifuges à axe horizontal vers deux tables d'égouttage montées directement sur filtres à bande assurant, après floculation, la déshydratation mécanique des boues, jusqu'à une siccité de 20%.

2. Pompes à boues en excès : le fonctionnement de la pompe est tributaire d'une matrice (unique pour les deux pompes) dite à base de tranche horaire : sur 24 heures, l'opérateur peut cocher sur le superviseur en face de chaque tranche horaire (10 mn minimum), le fonctionnement ou l'arrêt de la pompe.

Le moteur de chaque pompe est protégé par disjoncteur magnétothermique. (8)

3. Deux épaisseurs : cylindro-coniques de 16 m de diamètre. Les deux épaisseurs sont équipés de trop-plein d'évacuation du surnageant et d'une conduite d'extraction des boues épaissies.

Les boues épaissies sont pompées en tête de deux bassins de stabilisation, tandis que les eaux surnageantes sont récupérées dans une bêche dite des eaux troubles. Ces dernières, provenant, en outre du débordement de la fosse des flottants de l'ouvrage de dessablage, du Classificateur de sable, des écumes de la décantation secondaire et des filtrats des boues déshydratées (voir ultérieurement), seront pompés au moyen d'une pompe submersible en tête des deux bassins d'aération. [8]

4. Deux stabilisateurs aérés : dont les dimensions de chaque bassin sont :

| | |
|-------|-------|
| L_U | 55.5m |
| I_U | 18.5m |
| H | 4.58m |

L_U : Longueur

I_U : Largeur

H: Hauteur

Système d'aération par des turbines de surface dont chaque bassin est composé de trois (03) aérateurs d'une puissance de 75 kw chacun.

Une paroi siphonoïde exécutée en béton est située à l'aval de chaque bassin servant à retenir dans le bassin d'aération les mousses et autres flottants qui pourraient être générés par la rotation des aérateurs de surface. Cette paroi siphonoïde sert également de paroi de tranquillisation. Un système d'arrosage branché sur le réseau d'eau de service permet de combattre ce phénomène s'il se présente.

Le système est muni d'un analyseur d'oxygène dissous automatique pour la régulation du fonctionnement des aérateurs. [8]

5. Un local de déshydratation mécanique : les boues en excès obtenues stables, non fermentescibles, sont reçues sans nuisances sur le filtre à bandes (deux filtres).

Le filtre à bandes a pour rôle de déshydrater, par son système de pression à deux (02) bandes les boues stabilisées à travers le blutoir permettant d'égoutter les boues stabilisées pompées avec le poly électrolyte et de les convoyer vers le filtre à bandes.

Chaque machine est équipée d'une moto réductrice et d'un variateur de vitesse (mécanique) et de deux dispositifs à air comprimé pour la tension des bandes. L'air comprimé provenant du compresseur d'air, alimente les deux dispositifs qui servent à la tension des bandes et du système à vérins qui sert à leur centrage.

Deux fins de course placées de part et d'autre des bandes, servent à contrôler le centrage. Si une bande se déplace latéralement au-delà de la limite de sécurité configurée, la fin de course concernée arrête la machine et émet une alarme sonore et visuelle (Dépassement bande). [8]

Un convoyeur de boue est situé en aval des filtres à bandes pour évacuer les boues déshydratées des deux chaînes vers une pompe de gavage situé en aval du convoyeur de boues, cette dernière sert à évacuer les boues déshydratées des deux chaînes vers des bennes prévues à cet effet. [8]

- **Évacuation:** par conteneur des boues déshydratées. En fonction des caractéristiques réelles des boues et des opportunités d'évacuation, les

Boues seront alors, éliminées en les évacuants vers la décharge publique ou valorisées en agriculture.

- **Débitmètres de boues épaissies:** Sur chaque conduite de refoulement des pompes, est installé un débitmètre électromagnétique combinée avec un transmetteur, délivrant un signal correspondant à la valeur instantanée du débit et un signal impulsionnel pour totalisation. [8]

6. Station de préparation de polymère:

La station de préparation de polymère est composée de :un doseur volumétrique de produit, équipé d'un moteur électrique à vitesse variable et d'une résistance chauffante du produit une cuve à trois compartiments pour : préparation, maturation et dosage du produit, équipée les deux premiers chacun d'un agitateur motorisé ;une alimentation en eau potable pour la dilution du produit, avec électrovanne, rota-mètre ;une alimentation en eau potable pour la post-dilution de chaque circuit du produit dosé, avec électrovanne EV 6.1/6.2, rota mètre à contact FSL 6.2/6.3.Coffret de puissance et de commande local CPE: alimentation électrique depuis TBT4;Report des signaux de défauts regroupés (pour les moteurs) et individuels (niveaux, manque d'eau, manque polymère, etc...) moyennant l'interface d'automate installée dans TBT4. [8]



Figure II.5: poste de stabilisation

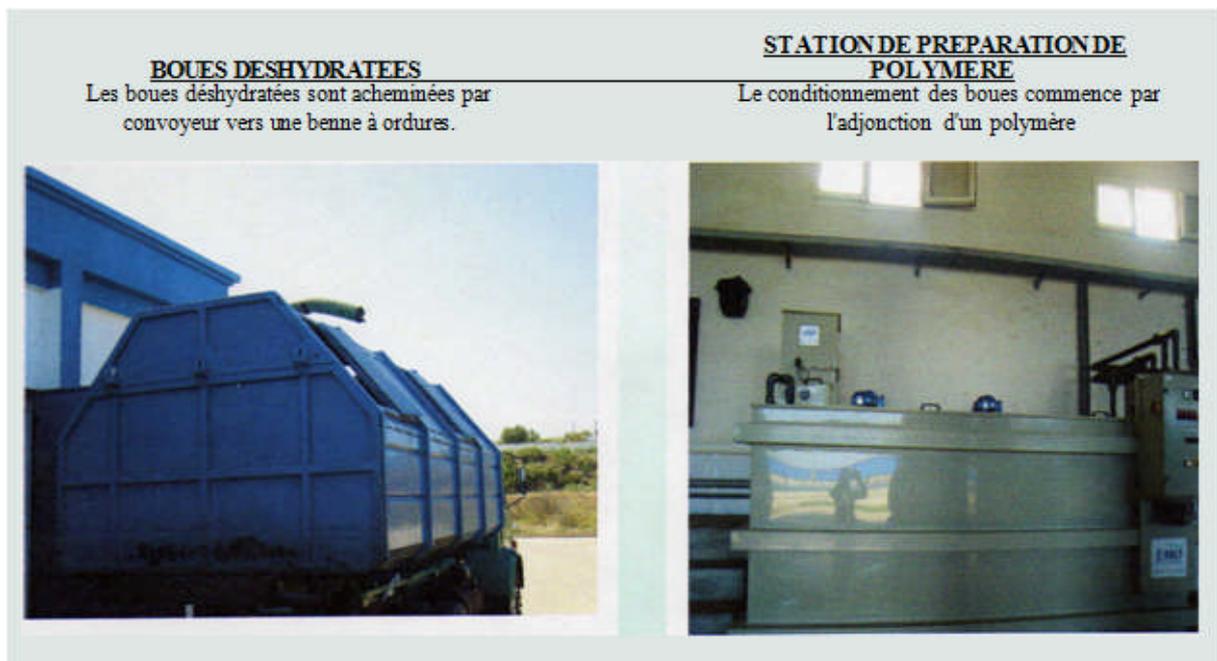


Figure II.6: poste d'épaississement



Local filtre à bandes

Figure II.7: filtre à bandes



BOUES DESHYDRATEES

Les boues déshydratées sont acheminées par convoyeur vers une benne à ordures.

STATION DE PREPARATION DE POLYMERE

Le conditionnement des boues commence par l'adjonction d'un polymère

Figure II.8: boues déshydratées et station de préparation de polymère

Une deuxième tranche de la STEP de BENI MESSOUS est prévue suivant une filière identique à celle de la première tranche.

Il est également prévu lors de la construction de cette deuxième tranche :

- La ventilation et la désodorisation de l'ouvrage d'arrivée existant (réalisé lors de la première tranche) ;
- La couverture et la désodorisation des épaisseurs existants et à réaliser ;
La ventilation et la désodorisation des locaux de déshydratation existants et à réaliser ;
- La filtration sur sable et la désinfection par UV de la totalité des eaux Traitées (Première et deuxième tranche) ;
- La réalisation d'une unité de réception des matières de curage ;
- L'installation d'un dégrilleur au niveau de la fosse de matière de vidange existante
- La rehausse de la clôture existante pour mise en conformité ;
- La fourniture d'un camion Hydro cureur, pour les besoins de la station.

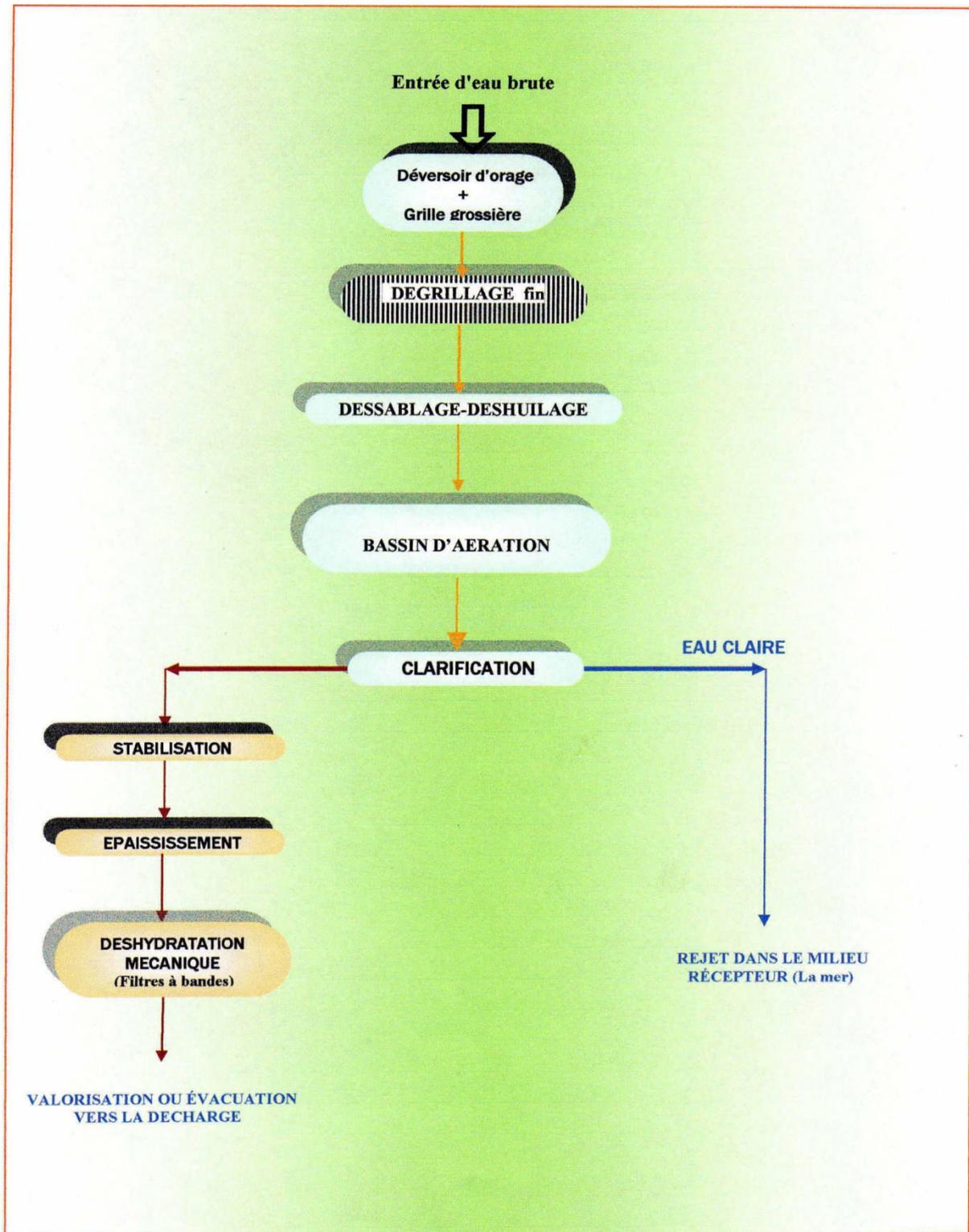
Source: (DHW D'Alger service assainissement)



Figure II.9:

Les différentes vues du site réservé pour la réalisation de la deuxième tranche de la STEP de BENI MESSOUS

• **Figure II.10: Schéma de la STEP de BENI MESSOUS**



Source : [STEP de Béni Messous]

II.4 Situation actuelle des lagunes existantes de BENI MESSOUS

Les lagunes existantes de Béni Messous sont situées en bordure de l'Oued BENI MESSOUS, jouxtant dans sa partie amont le chemin wilaya, à une altitude 97 NGA environ et distantes de 7 km environ de la station d'épuration de BENI MESSOUS.

Ces lagunes de composent de 4 bassins fonctionnant en série et par gravité.

Caractéristiques des lagunes existantes de BENI MESSOUS :

| <i>Lagunes</i> | <i>Superficie (m²)</i> | <i>Profondeur (m)</i> | <i>Volume (m³)</i> |
|----------------------|-----------------------------------|-----------------------|-------------------------------|
| <i>N°1</i> | <i>14.306</i> | <i>4,4</i> | <i>63.000</i> |
| <i>N°2</i> | <i>6400</i> | <i>2,19</i> | <i>14.000</i> |
| <i>N°3</i> | <i>5900</i> | <i>0,87</i> | <i>5130</i> |
| <i>N°4</i> | <i>3230</i> | <i>1,59</i> | <i>5130</i> |
| <i>Totale lagune</i> | <i>29.836</i> | | <i>87.260</i> |

Source : CABINET MERLIN



Figure II.11: *Vue de la première lagune*

II.5. LES TRAITEMENTS TERTIAIRES

Introduction

La sensibilité de certains milieux récepteurs, les besoins d'une réutilisation de l'eau, peuvent exiger des traitements épuratoires encore plus poussés. Il s'agit notamment d'éliminer la pollution azotée et phosphorée responsable de nuisances particulières (eutrophisation, désoxygénation de l'eau,...) ainsi que la pollution microbiologique.

Les traitements primaires et secondaires ne détruisent pas complètement les germes présents dans les rejets domestiques. Des procédés d'élimination supplémentaires sont donc employés surtout lorsqu'il s'agit d'une réutilisation de ces eaux. Les traitements de finition encore appelés traitements tertiaires se mettent en œuvre après le traitement biologique, c'est-à-dire en général après le clarificateur. Leur rôle est de réduire à des teneurs très basses certains polluants peu ou pas éliminés par les traitements secondaires. Les techniques utilisées font appel aux réactions biologiques ou techniques physico-chimiques et lorsque le traitement à la step de Béni Messous s'arrête au traitement biologique, le traitement tertiaire doit être appliqué.

II.5.1. Différents types de traitement tertiaire

Les traitements tertiaires à faire subir à l'eau épurée biologiquement après clarification secondaire peuvent être constitués par l'un et/ou l'autre des procédés suivants :

- La filtration.
- La désinfection.

1. La filtration

La filtration a pour but la rétention des matières en suspension, et en particulier des floccs s'échappant des clarifications secondaires.

Les types de filtres sont classés suivant la vitesse de filtration :

- Filtres lents : 1 à 2 m/h ; sont efficaces mais exigent de grandes surfaces
- Filtres rapides : 4 à 25 m/h ; sont les plus réponsus, il en existe deux catégories :
 - . Les filtres ouverts ou filtres rapides gravitaire.

Les filtres sous pression

Remarque : Les œufs d'Helminthe, bien protégés, ne sont pas touchés par les différents modes de désinfection. Par contre, la filtration sur matériaux granuleux permet d'atteindre une concentration finale inférieure à 1 par litre.

2. La désinfection

Les techniques conventionnelles de type boues activées sont capables d'éliminer, dans des proportions variables, les matières en suspension et les matières organiques, mais n'offrent pas une véritable protection vis-à-vis des risques sanitaires.

Après traitement biologique et même traitement tertiaire, il peut être encore nécessaire de désinfecter les eaux résiduaires avant rejet. C'est le cas de certaines eaux que l'on peut soupçonner de contenir des microbes pathogènes en grandes quantités telles que les rejets hospitaliers...

La désinfection est recommandée quand on veut réutiliser les eaux résiduaires. L'éventail des techniques de désinfection est assez large, mais, en pratique, les seuls [10]

Couramment utilisés aujourd'hui sont :

- la chloration,
- la chloration-dé chloration,
- l'ozonation
- la radiation par ultraviolets,
- les lagunes de désinfection.

3. La chloration

La désinfection par le chlore est un procédé approprié à la plupart des eaux d'égouts et c'est le procédé de désinfection le plus populaire au monde.

Un réactif désinfectant peut être ajouté aux eaux traitées, avant leur rejet dans le milieu naturel. Le chlore est le désinfectant le plus courant. Mais la désinfection peut également s'effectuer avec l'ozone ou le brome, voire du dioxyde de chlore.

Le chlore et l'ozone sont de puissants agents oxydant. Ils oxydent les

matières organiques et inorganiques et tuent rapidement les pathogènes avec lesquels ils entrent en contact. Le chlore peut être ajouté aux eaux d'égouts sous une forme liquide, gazeuse ou en comprimés. [10]

4. La chloration-déchloration

Depuis quelques années, pour contrer les effets nocifs du chlore sur la vie aquatique, la déchloration s'est de plus en plus répandue partout dans le monde. La déchloration se fait généralement par addition de bioxyde de soufre (SO₂). Il réagit très rapidement au contact du chlore résiduel dans l'eau et permet d'éliminer la toxicité qui y est associée. Par contre, la concentration en oxygène dissous de l'eau traitée s'en trouve réduite. [10]

5. L'ozonation

L'ozone est un oxydant puissant réputé pour ses performances bactéricides et virucides. De plus il ne semble pas générer des sous produits toxiques pour le milieu récepteur et aucune reviviscence de germes après traitement n'a été décrite.

Il est habituellement utilisé pour désinfecter les effluents qui ont subi un traitement secondaire conséquent ou les effluents filtrés. L'ozone doit être produit à pied d'œuvre, ce qui peut revenir cher et nécessite une source d'énergie fiable. Il est utilisé uniquement sous forme gazeuse.

Son efficacité est reconnue mais elle dépend évidemment de la qualité du traitement d'épuration en amont : une attention particulière doit être portée à l'élimination des matières organiques oxydables, des matières en suspension et des nitrites.

Malgré son efficacité, ce procédé est peu utilisé de par le monde, principalement pour des raisons économiques. Son champ d'application paraît limité à des installations de grande capacité. [10]



Figure II.12: installation les équipements d'ozonation

6. La radiation par ultraviolets (UV)

Les ultraviolets (UV) sont de plus en plus utilisés, depuis quelques années, pour désinfecter les eaux usées urbaines. Assurant un bon rendement de désinfection, les UV nécessitent un investissement important, mais présentent l'avantage de ne pas entraîner l'apparition de sous-produits de désinfection.

Les UV stérilisent les pathogènes en restructurant leur ADN ou leurs gènes pour empêcher leur reproduction. La radiation par UV est appliquée aux eaux d'égouts par des lampes à mercure à faible pression qui émettent 85% de leur énergie dans des longueurs d'ondes qui sont très nuisibles aux pathogènes.

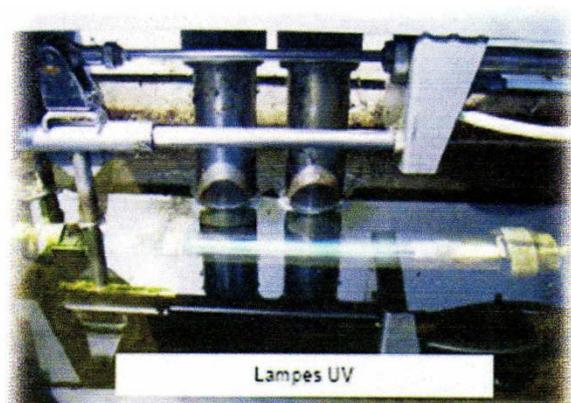
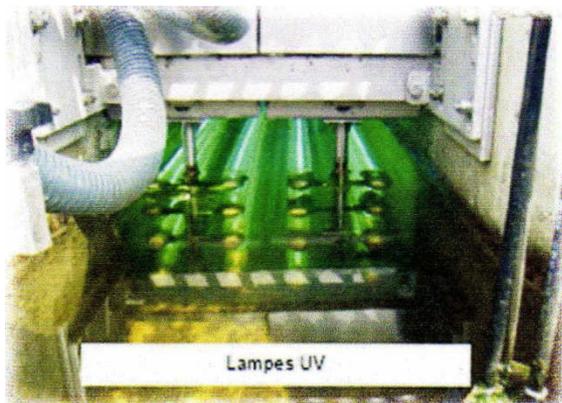


Figure II.13: vue d'une lampe UV

La radiation ultraviolette fournit une vaste quantité d'énergie et les temps de contact entre les eaux d'égouts et les lampes UV sont typiquement très courts. Un temps de contact d'une minute, ou moins, est fréquent. Ce procédé de désinfection est préféré à celui de la chloration, où la déchloration est nécessaire avant l'évacuation. Les rayonnements

UV sont des ondes lumineuses de longueur d'onde comprise entre 100 et 400 nm, Leur pouvoir germicide dépend de la longueur d'onde émise. Ce sont les UV compris entre 200 et 280 nm qui sont les plus germicides. L'efficacité des rayons UV est fonction de la dose absorbée par les micro-organismes. Cette dose est définie par le produit de l'intensité UV par le temps d'exposition des germes aux rayonnements. La radiation par UV est efficace, bien que son action soit réduite lorsque les effluents sont très bourbeux ou ont une forte concentration de matières solides en suspension. Le filtrage par le sable est indispensable avant la radiation UV. [10]

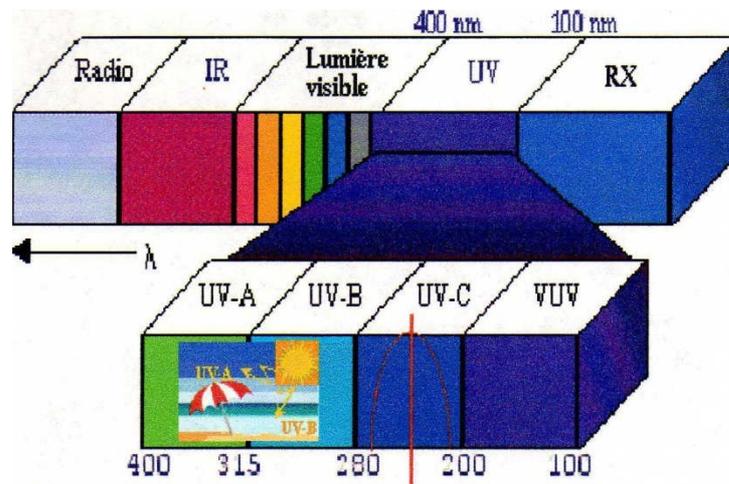


Figure II.14: schéma représente la longueur d'onde utilise pour le traitement

II.5.2 ETUDE DES VARIANTES POSSIBLES

A.SYSTEME DE TRAITEMENT TERTIAIRE

Bien qu'il existe un grand nombre de variantes de traitement tertiaire, il est évident que parmi celles-ci une seule présentera un avantage technique et économique par rapport aux autres.

Le choix d'un moyen de désinfection se fait normalement en considérant les contraintes techniques, économiques et environnementales qu'il présente. En ce sens, le mode de désinfection idéal est celui qui regroupe les caractéristiques suivantes :

- efficacité pour la plupart des micro-organismes pathogènes sous différentes conditions.
- absence de sous-produits indésirables formés à la suite de son utilisation
- produit non dangereux pour les humains et pour la vie aquatique.

- facilité d'utilisation.
- faibles coûts d'investissement et d'exploitation.

Les traitements de finition par chloration et ozonation ne peuvent pas s'envisager pour les raisons suivantes :

- La chloration est le seul des procédés de désinfection examinés dans ce rapport qui puisse produire des résidus organiques toxiques pour les êtres humains et la vie aquatique
- Le gaz chloré est un élément hasardeux et des dispositifs de sécurité doivent être utilisés là où le gaz sera stocké
- L'ozonisation est un procédé de désinfection très cher qui n'est pas actuellement couramment utilisé pour la désinfection des eaux d'égouts, donc des éléments limités de données de conception et d'expérience de ce procédé sont disponibles. C'est le procédé de désinfection le plus cher
- L'équipement de production et d'alimentation de l'ozone utilise beaucoup d'énergie et est complexe
- Des limons et du tartre s'accumulent sur les lampes, ce qui réduit énormément la transmission de la radiation et la capacité de désinfection ou ce qui résulte en une demande excessive d'ozone

Donc les seules variantes comparatives sont par chloration déchloration, par ultraviolet UV. Ces techniques d'épuration sont les procédés les plus répandus et les plus fiables [6]

B. Descriptif des variantes

Variante I : chloration - déchloration

Prévoir un bassin de chloration suivie d'une déchloration précédé d'un filtre à sable comme système de traitement tertiaire.

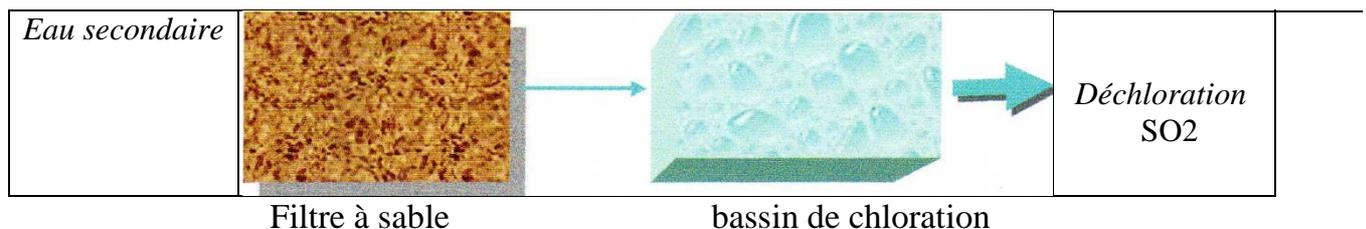


Figure II.15: schéma représente système de traitement tertiaire. ***chloration -déchloration***

Ce traitement permet de satisfaire la demande en chlore de l'eau et d'éliminer l'ammoniaque en cas de température basse de l'eau à traiter. Après un temps de contact de deux heures, l'eau est déchlorée par ajout d'anhydride sulfureux.

Variante II traitement par les ultraviolets (UV)

Prévoir un bassin de désinfection par UV précédé d'un filtre à sable comme système de traitement tertiaire.

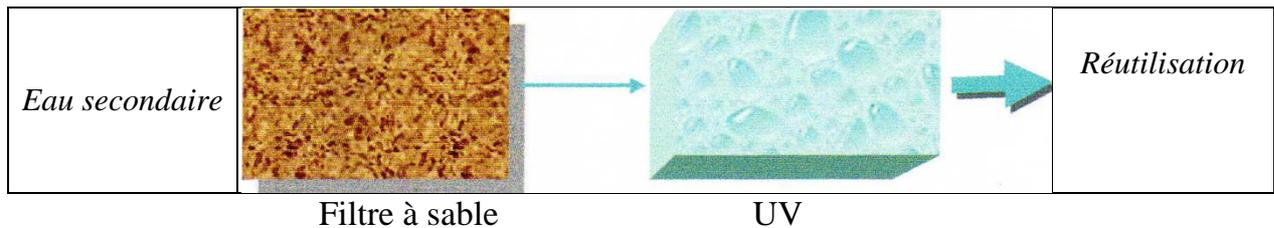


Figure II.16: schéma représente système de traitement tertiaire. **Ultraviolets (UV)**

La radiation UV est un procédé qui exige un temps de contact spécifiques entre les eaux usées et le désinfectant. Pour assurer ce temps de contact adéquats, les compartiments de désinfection doivent être conçus pour minimiser les courts-circuits hydrauliques (des flux directs et rapides entre les tuyaux d'arrivée et de sortie du compartiment). [6]

C. Comparaison entre les variantes de traitement

Le système de filtration sur sable est commun à toutes les variantes de traitement, donc la comparaison ne se fera que sur la partie du traitement par désinfection.

➤ ***Variante I chloration-déchloration***

Avantages:

- Tout comme pour la chloration, il s'agit d'une technique bien maîtrisée et relativement Simple.
- Ce moyen de désinfection est moins dommageable que la simple chloration.

Inconvénients:

- Entraîne une augmentation des coûts et une augmentation des risques pour le personnel de la station d'épuration et pour la sécurité publique lors du transport .

Il ne permet toutefois pas d'empêcher la formation de sous-produits organochlorés et les problèmes associés [6]

➤ **Variante II : traitement par les ultraviolets (UV).** [6]

Les avantages et les inconvénients que présente la radiation UV sont les suivants

Avantages :

- Efficacité de la désinfection poussée.
- Coût d'investissement limité mais dépendant de l'objectif recherché.
- Consommation d'énergie limitée mais dépendante de l'objectif recherché
- Mise en place et maintenance simples et faciles.
- Automatisation du fonctionnement.
- Longue durée de vie des lampes.
- Système modulaire permettant des extensions par adjonction de modules, en cuve ou en canal ouvert.
- Adaptable sur toute installation existante sans modifications importantes.
- Possibilité d'installation souterraine pour préserver l'esthétique des lieux.
- Exécution en acier inoxydable avec cuve en fibre de verre.
- Absence de produits chimiques.
- Mécanisme de nettoyage intégré (par racleur).
- Destruction de tous les types de bactéries et de virus.
- Exploitation économique, son entretien réduit et son coût de fonctionnement est relativement bas, si ce n'est le nettoyage régulier et le remplacement des lampes.
- La désinfection s'accompagne de la formation d'aucun produit de réaction avec les matières organiques de l'eau (Pas de formation de sous produits nocifs).

Inconvénients :

- Pas de possibilité d'apprécier de façon immédiate l'efficacité du traitement par la mesure d'un résiduel comme dans le cas d'un oxydant chimique.
- Pas d'effet rémanent.

- le bon fonctionnement de l'appareil nécessite une eau de bonne transmittance, c'est à dire une turbidité inférieure à 1 NTU.
- L'accumulation des limons et l'entartrage minéral peuvent nécessiter de fréquents nettoyages des lampes UV.
- Nécessite d'une très bonne qualité d'eau épurée (avec filtration complémentaire).
- Nettoyage chimique / 1 à 2 mois. [6]

– II.5.3. CHOIX DES VARIANTES

- Le système de désinfection par chloration-déchloration représente le coût d'exploitation et d'entretien le plus intéressant. Cette technique permet l'élimination du chlore résiduel mais les sous-produits organochlorés persistent, de plus plusieurs études ont montré que la chloration, appliquée aux eaux usées, était suivie d'une reviviscence bactérienne après traitement.
- Le système d'irradiation par les rayonnements UV ne nécessite pas trop de surface en plus il représente un coût d'investissement le plus intéressant mais un coût d'exploitation et d'entretien supérieur par rapport à la variante I (chloration déchloration).

Pour toutes ces raisons nous devons écarter la solution de traitement par chloration-déchloration ainsi que les lagunes de finition et opter pour le traitement par la technique des UV c'est la solution idéale pour traiter les effluents après un traitement secondaire et avant rejet en mer ou réutilisation. Elle est considérée comme la meilleure alternative à la chloration.

Cette variante de traitement présente les avantages techniques suivants :

- Simplicité, sécurité d'exploitation comparativement aux autres méthodes chimiques ;
 - Absence de formation de produits secondaires indésirables ;
- Au plan économique, les coûts se situent dans une gamme comparable aux systèmes de chloration-déchloration ;
- Le rayonnement ultraviolet n'a pas d'impact notable sur l'environnement car il ne nécessite aucun ajout de produit.

CHAPITRE III

Réutilisation des eaux usées épurées

Introduction :

La réutilisation des eaux usées épurées est une pratique très répandue dans le monde et essentiellement dans les régions affectées par des pénuries de ressources en eau.

Par définition, la réutilisation des eaux épurées est une action volontaire et planifiée qui vise la production des quantités complémentaires en eau pour différents usages afin de combler les déficits. [9]

Les eaux usées après épuration en station et traitement complémentaire sont appelées eaux usées épurées. Elles sont employées pour des usages agricoles, industriels et urbains au lieu d'être rejetées dans les milieux récepteurs.

La réutilisation d'eaux usées épurées pourrait ainsi avoir de nombreuses applications comme :

Réutilisation pour l'irrigation : cultures fourragères ou maraîchères, céréales, prairies, etc.

- Réutilisation industrielle : circuit de refroidissement, construction, papeteries, industries textiles, etc.
- Réutilisation en zone urbaine : lutte contre l'incendie, lavage de voirie, recyclage des eaux usées d'un immeuble, arrosage de parcs, golfs, cimetières, etc.
- La production d'eau potable

Étant donné que plus de 70% de l'eau est utilisée par l'agriculture et les autres 30% partagés pour les besoins de consommation humaine, commerciale et industrielle, la majorité des projets de réutilisation des eaux usées épurées ont une vocation agricole et sont principalement destinés à l'irrigation.

L'utilisation croissante des eaux usées brutes ou traitées à des diverses fins à travers le monde a contribué au développement de lignes directrices pour protéger l'environnement et la santé publique. À cet égard, la qualité de l'eau réutilisée est d'une importance capitale. [9]

L'irrigation est l'activité humaine qui consomme le plus d'eau. La réutilisation agricole des eaux épurées comme moyen d'économiser la ressource a donc été une des premières voies de développement des projets de REUE. En effet, elle évite que les stations d'épuration rejettent leurs effluents polluants dans le milieu récepteur. [10]

La réutilisation des eaux usées en agriculture apporte des bénéfices supplémentaires et améliore, dans certains cas, les rendements des cultures.

Ces bénéfices 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. Les MES (Matière en suspension) contribuent également à la fertilisation des sols car elles sont riches en matière organique. L'utilisation d'eaux usées à la place d'engrais de synthèse coûteux, est économiquement intéressante pour les agriculteurs. [10]

Le bénéfice d'une REUE peut donc être double :

Au niveau économique, car en plus d'une préservation quantitative de la ressource, les agriculteurs font des économies d'engrais ;

Au niveau écologique, car en plus de la diminution des rejets d'eaux usées dans le milieu, la pollution agricole diminue.

Néanmoins, il y a lieu de prendre certaines précautions quant à l'apport en excès de ces éléments fertilisants. Il y a en effet un triple risque :

Un risque sanitaire : les MES protègent les micro-organismes de beaucoup de traitements, comme les traitements au chlore ou aux ultraviolets. Il existe donc une compétition entre l'élimination des micro-organismes et la préservation des MES en vue d'une utilisation agricole ;

- un risque technique : si les MES sont présentes en trop grand nombre, elles peuvent entraîner le bouchage des canalisations des systèmes d'irrigation ;

Un risque agronomique et environnemental : il est possible que les éléments soient apportés en excès. Dans ce cas, il y a un risque de pollution des sols et de diminution du rendement. Les taux en éléments nutritifs (nitrate essentiellement) et la salinité de l'eau utilisée (cause de la dégradation des sols) sont de première importance. Il faut donc trouver le bon équilibre entre le niveau de traitement, les besoins des cultures et la nature du sol .L'utilisation d'eaux épurées pour l'irrigation doit donc se faire avec précaution: [10]

III.1 Composition des eaux usées:

Les eaux usées urbaines contiennent des matières solides, des substances dissoutes et des microorganismes. Ces derniers sont la cause de principales restrictions imposées à la réutilisation des eaux usées. La réglementation distingue des niveaux de qualité pour les eaux usées épurées, déterminés par les taux de concentration de ces microorganismes. Il est donc nécessaire de rappeler des notions élémentaires à leur sujet. [6]

1-Les micro-organismes :

Les micro-organismes comprennent, par ordre croissant de taille : les virus, les bactéries, les protozoaires et les helminthes. Ils proviennent dans leur immense majorité des matières fécales ; on distingue alors la flore entérique normale et les micro-organismes pathogènes. Ces derniers ont des effets divers sur la santé ils sont la cause d'infections bénignes (gastro-entérite par exemple) comme de maladies mortelles (choléra). [6]

2-Les virus:

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

Leur isolement et leur dénombrement dans les eaux usées sont difficiles, ce qui conduit à une sous estimation de leur nombre réel. Il semble que les virus soient plus résistants dans l'environnement. [6]

3-Les bactéries:

Les bactéries sont des organismes unicellulaires simples et sans noyau dont la majorité n'est pas pathogènes, cependant, chez un hôte infecté, le nombre de bactéries pathogènes peut être très important.

La voie de contamination majoritaire est l'ingestion, les bactéries pathogènes d'origine hydrique sont responsables de la mort de 3 à 10 millions de personnes par an dans le monde. Parmi les plus communément rencontrée on trouve les salmonellas dont on

connaît plusieurs centaines de sérotypes différents, dont ceux responsables de typhoïde, des paratyphoïdes et des troubles intestinaux. . [6]

4-Les protozoaires:

Les protozoaires sont des organismes unicellulaires munis d'un noyau, plus complexes et plus gros que les bactéries, se sont les plus importants du point de vue sanitaire. La plupart des protozoaires pathogènes sont des organismes parasites, c'est-à-dire qu'ils se développent aux dépens de leur hôte. Certains protozoaires adoptent au cours de leur cycle de vie une forme de résistance, appelée kyste. Cette forme peut résister généralement aux procédés de traitements des eaux usées. [6]

5-Les helminthes:

Les helminthes sont des vers multicellulaires. Tout comme les protozoaires, ce sont majoritairement des organismes parasites. Les œufs d'helminthes sont très résistants et peuvent notamment survivre plusieurs semaines voire plusieurs mois sur les sols ou les plantes cultivées. La concentration en œufs d'helminthes dans les eaux usées est de l'ordre de 10 à 10³ œufs/l. [6]

6-Les matières en suspension (MES):

Ce sont des matières biodégradables pour la plupart. Les micro-organismes sont le plus souvent adsorbés à leur surface et sont ainsi « transportés » par les MES. Elles donnent également à l'eau une apparence trouble, un mauvais goût et une mauvaise odeur. Cependant, elles peuvent avoir un intérêt pour l'irrigation des cultures. [6]

7-Les micropolluants:

Ce sont des éléments présents en quantité infinitésimale dans les eaux usées.

La voie de contamination principale, dans le cas d'une réutilisation des eaux usées épurées, est l'ingestion. C'est la contamination par voie indirecte qui est généralement préoccupante. Ainsi, certains micropolluants, comme les métaux lourds ou les pesticides, peuvent s'accumuler dans les tissus des êtres vivants, et notamment dans les plantes cultivées. Il peut donc y avoir une contamination de la chaîne alimentaire et une concentration de ces polluants dans les organismes. [6]

8-Les substances nutritives :

Potassium, phosphates et nitrates Leur présence dans les eaux usées peut avoir un

impact négatif sur la santé humaine et la qualité des eaux superficielles et dans une moindre mesure un impact bénéfique sur les cultures dans le cas d'une réutilisation agricole.

Les nitrates, qui permettent de fournir de l'azote à la plante, sont les plus problématiques. En effet, apportés en excès, ils peuvent avoir plusieurs impacts négatifs :

Sur les cultures : ils entraînent des retards de maturation, une altération de la qualité, etc.

Sur le milieu naturel : les nitrates sont les principaux responsables de l'eutrophisation des milieux aquatiques ;

- sur la santé humaine : les nitrates peuvent être à l'origine de la formation de nitrites et de nitrosamines, responsables de deux phénomènes potentiellement pathologiques : la méthémoglobinémie et un risque de cancer. Les nitrites sont de puissants oxydants qui ont la capacité de transformer l'hémoglobine en méthémoglobine, rendant le sang incapable de transporter l'oxygène jusqu'aux tissus. Les nourrissons de moins de 6 mois représentent une population à risque. [6]

III.2.Aspects techniques et sanitaires:

III.2.1.L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) :

Les recommandations de l'OMS sont les seules à l'échelle internationale. Elles sont source d'inspiration pour de nombreux pays à travers le monde, et notamment l'Algérie

L'OMS a demandé en 1982 à trois équipes indépendantes de chercheurs de fournir une base scientifique pour établir ces recommandations. Cela a abouti en 1989 au "Health guidelines for the use of wastewater in agriculture and aquaculture" ou "Recommandations sanitaires pour l'utilisation des eaux usées en agriculture et en aquaculture ces recommandations limitent l'irrigation avec une qualité microbiologique de 1 œuf nématode/l (les œufs de nématodes sont des oeufs de vers intestinaux tels que le ténia ou l'ascaris qui affectent la santé humaine).

Ces recommandations ont été révisées en 2000 par Blumenthal et col/. en

intégrant les résultats de nouvelles études épidémiologiques.

Cette révision a affiné les normes de l'OMS. Les modifications ont essentiellement porté sur la norme " œufs d'helminthes " qui pour certaines catégories est passée de 1 à 0,1 œuf/l. [6]

Une troisième édition des recommandations de l'OMS relative à la réutilisation des eaux usées en agriculture a été publiée en septembre 2006. Dans cette nouvelle édition, une approche plus contemporaine et plus souple est proposée, basée sur les données épidémiologiques disponibles et sur un processus d'évaluation quantitative des risques sanitaires. Ce parti pris, qui consiste à fonder une réglementation sur une démarche scientifique, est radicalement novateur et n'a d'équivalent que dans la réglementation australienne. [6]

Ces recommandations ne concernent que l'usage agricole, et il y a donc un "vide juridique" pour les autres usages. Les normes concernent uniquement les quantités de micro-organismes.

Les protozoaires ne sont pas inclus directement car il est considéré qu'ils sont éliminés en même proportion que les helminthes. Les virus ne sont pas considérés non plus, leur présence étant difficile à détecter lors des contrôles de routine. Ces normes sont destinées à une utilisation internationale, et sont donc adaptées aux pays en voie de développement. Elles représentent la limite au-delà de laquelle la santé publique n'est plus assurée.

D'après l'Office International de l'Eau, en se référant aux directives de l'OMS (1989), on retient trois catégories de contraintes sanitaires C, B et A. Ces contraintes à risques croissants sont liées aux types d'usage des eaux et aux systèmes d'irrigation. Ces contraintes sont de deux types : contraintes biologiques et contraintes chimiques. [4]

- **Contraintes de type C:**

Concernant la qualité microbiologie, aucune limite n'est fixée étant donné les techniques mises en jeu et les types de cultures pratiquées qui ne permettent pas une transmission des risques hydriques. Il s'agit principalement des techniques d'irrigation souterraine ou localisées (micro-irrigation), pour des cultures céréalières, industrielles et fourragères, des vergers et des zones forestières mais aussi pour les espaces verts non ouverts au public. [4]

- **Contraintes de type B:**

Les contraintes de type B consistent à respecter le niveau de contraintes suivant : teneur en oeufs d'helminthes intestinaux (ténia, ascaris) de 1 par litre. Ceci permettra d'assurer une protection de la population vis à vis du risque parasitologique. La catégorie de personnel concernée directement est celle des agriculteurs et ouvriers. Ce niveau est requis pour l'irrigation par le système gravitaire des cultures céréalières et fourragères, des pépinières et des cultures de produits végétaux consommables après cuisson (pomme de terre, chou, carotte, tomate ...).

En cas d'irrigation par aspersion, des précautions et mesures particulières arrêtant la dispersion des eaux doivent être prises.

Le niveau de contraintes de type B peut être atteint par une série de bassins de décantation, présentant un temps de séjour d'une dizaine de jours, ou par tout autre procédé présentant une efficacité équivalente. [4]

- **Contraintes de type A:**

Le niveau de contrainte A est exprimé par une teneur en œufs d'helminthes intestinaux (ténia, ascaris) de 0,1 par litre et par une teneur en coliformes thermo tolérants de 10.000 par litre.

Sur le plan bactériologique, une protection supplémentaire que le niveau de contraintes A consiste à assurer, outre la protection des personnels des exploitations et du bétail, celle des consommateurs de produits pouvant être consommés crus. Cette exigence de

qualité doit être complétée par la mise en œuvre de techniques d'irrigation limitant le mouillage des fruits et légumes.

Ce niveau sera également toléré pour l'arrosage des terrains de sport et d'espaces verts ouverts au public, moyennant des mesures additionnelles minimisant le contact avec la population. [4]

OMS (2000) : Les normes suivantes sont destinées à une utilisation internationale, et sont donc adaptées aux pays en voie de développement. Elles représentent la limite au-delà de laquelle la santé publique n'est plus assurée. [4]

Tableau N°III.1: Recommandations microbiologiques révisées de l'OMS pour un réutilisation des RUE en agriculture (Blumenthal et coll. 2000)

| Catégorie | Conditions de réutilisation | Groupe exposé | Techniques d'irrigation | Oeuf d'helminthe (1) | Coliformes Totaux | Coliformes Thermo tolérants Fécaux (2) | Traitements recommandés pour atteindre le niveau de qualité microbiologique |
|-----------|--|---|---|----------------------|--------------------|--|--|
| A | Irrigation de cultures destinées à être consommées crues, des terrains de sport, des jardins publics (3) | Travailleurs Consommateurs Publics | Toutes | < 0,1 | < 10.000/1 | < 1000 — < 200 (pour irrigation, parc...) | Série de bassins de stabilisation bien conçus, réservoir de stockage et de traitement remplis séquentiellement, ou traitement équivalent (p.ex. traitement secondaire conventionnel suivi soit d'un lagunage tertiaire, soit d'une filtration et d'une désinfection) |
| B | Irrigation des cultures céréalières, industrielles et fourragères, des pâturages et plantations d'arbres (4) | B1 Travailleurs (mais pas les enfants < 15 ans), populations alentour | Par aspersion | < 1 | Pas de contrainte | < 10.000 | Série de bassins de rétention dont un bassin de maturation ou un bassin séquentiel ou un traitement équivalent (p.ex. traitement secondaire conventionnel suivi soit par lagunage, soit une filtration) |
| | | B2 comme B1 | Par rigole d'infiltration ou par gravités | < 1 | Pas de contraintes | < 1000 | Comme pour la catégorie A |
| | | B3 Travailleurs dont les enfants < 15 ans), populations alentour | Toutes | < 0,1 contrainte | Pas de | < 1000 | Comme pour la catégorie A |
| C | Irrigation localisée des cultures de catégorie B, sans exposition possible avec les travailleurs ou le public. | Personne | Goutte à goutte, micro jet, etc | Non applicable | Pas de contrainte | Pas de norme | Prétraitement nécessaire pour des raisons techniques liées à l'irrigation, mais pas moins qu'une sédimentation primaire |

- 1- Moyenne arithmétique du nombre d'oeuf par litre. Espèce considérée sont Ascaris, Trichuris et l'Ankylostome
- 2- Moyenne géométrique du nombre par 100 ml
- 3- Une recommandation plus stricte (< 200 coliformes fécaux par 100 ml) est mieux adaptée aux pelouses publiques telles que les pelouses d'hôtels, car le public est susceptible d'entrer en contact avec elles.
- 4- dans le cas des arbres fruitiers, l'irrigation devrait être interrompue deux semaines avant la cueillette. L'irrigation par aspersion ne devrait pas être utilisée [4]

III.2.2. L'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO):

Selon les recommandations de la FAO -1988, l'eau à utiliser pour l'irrigation contient toujours des quantités mesurables de substances dissoutes qui selon une terminologie collective admise, sont appelés «sels». On y trouve des quantités relativement faibles mais ayant des effets importants. [4]

Une eau convient ou non à l'irrigation selon la quantité et le type de sels qu'elle contient. Avec une eau de qualité médiocre, on peut s'attendre à divers problèmes pédologiques et agronomiques. Il faut alors mettre en œuvre des méthodes spéciales (Traitement efficace .Contrôle de la qualité de l'eau épurée ...) Afin de maintenir une pleine productivité agricole.

En effet, d'après les directives de la FAO en matière de réutilisation des eaux usées, les mesures de protection suivantes doivent être mises en pratique :

- Application des normes de réutilisation des eaux usées ;
 - Traitement efficace des eaux usées ;
 - Contrôle de la qualité de l'eau épurée ;
 - Contrôle de canalisation de transport, de distribution et de stockage des eaux épurées.
- Contrôle des personnes exposées.

III.2.3. Surveillance de la qualité des effluents traités réutilisés en irrigation (FAO, 1985)

En irrigation avec l'eau usée traitée, le problème critique est l'impact de ses constituants sur le sol et/ou les cultures ainsi que sur les animaux et les humains nourris avec ces cultures.

Les paramètres de qualité chimiques proposés, qui peuvent être surveillés régulièrement ou périodiquement par des agriculteurs ou pour les agriculteurs, par les autorités officielles sont:

1-La salinité:

La dispersion de la phase colloïdale du sol, la stabilité des agrégats la structure du sol et la perméabilité à l'eau sont toutes très sensibles aux types d'ions échangeables présents dans l'eau d'irrigation. L'augmentation de l'alcalinité du sol, qui peut se produire avec l'eau usée traitée à cause de la concentration élevée en Na, réduit la perméabilité du sol, particulièrement en surface, même si le lessivage a lieu. Ce phénomène est lié à la dispersion et au gonflement des argiles lorsque la concentration en Na échangeable augmente. Toutefois, pour une certaine valeur du Rapport d'Adsorption du Sodium (SAR — Sodium Adsorption Ratio), la vitesse d'infiltration augmente ou diminue avec le niveau de salinité. Par conséquent, le SAR et la conductivité électrique devraient être employés en association pour évaluer les problèmes potentiels éventuels. [4]

2-La conductivité électrique (EC_w) :

Est un des paramètres généralement le plus mesuré, en particulier dans des régions arides et semi-arides, pour estimer la valeur totale en sels solubles dans l'eau. La salinité est probablement le paramètre simple le plus important, qui détermine le système de culture et la gestion des terres irriguées avec l'eau usée. [4]

3-Le rapport d'adsorption du sodium :

L'index le plus largement répandu pour mesurer les changements physico-chimiques du sol :

$$SAR = NA / \sqrt{(Ca^{++} + Mg^{++}) / 2}$$

Où les concentrations ioniques (Na⁺, Ca⁺⁺ et Mg⁺⁺) sont exprimées en meq/l.

4-Les cations et les anions:

Ca, Mg, Na, CO₃, HCO₃, SO₄, Cl, certains de ces ions peuvent être surveillés seulement au début et ensuite périodiquement puisqu'ils changent légèrement.

5-Les métaux lourds:

Bien que les métaux lourds (Al, As, Ba, Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Li, Mn, Hg, Ni, Se) ne sont pas nécessairement un problème pour la réutilisation de l'eau usée, il est recommandé que ces éléments soient déterminés au moins une fois avant la première irrigation. La surveillance périodique est recommandée pour ceux trouvés en concentrations qui peuvent affecter le système sol-plante. [6]

6-Nutriments de la plante:

Les solides en suspension et les éléments colloïdaux et dissous présents dans l'eau usée contiennent des macro- et des micronutriments qui sont essentiels à la nutrition des plantes. Cependant, la teneur nutritive de l'eau usée peut excéder les besoins de la plante et constitue ainsi une source potentielle de pollution des eaux de nappe. Elle peut également poser des problèmes liés à un développement végétatif excessif, en retardant la maturité ou en réduisant la qualité des cultures irriguées. Il est donc nécessaire de considérer les nutriments présents dans l'effluent traité en tant qu'élément du programme global de fertilisation des cultures irriguées. [4]

Tableau N°III.2 : Potentiel de fertilisation par l'eau usée (FAO/RNEA, 1992)

| Concentration en nutriments (mg/l) | N | P | K |
|---|-----|-----|-----|
| | 40 | 10 | 30 |
| Nutriments apportés annuellement par l'application de 10 000 m ³ d'eau/ha (1000mm) | 400 | 100 | 300 |

Dans le tableau ci-dessus, sont présentées les directives pour l'interprétation de la qualité de l'eau destinée pour l'irrigation afin d'éviter des effets nocifs sur la qualité du sol. Cette directive permet de classer le degré de restriction dans l'utilisation de l'eau épurée dans l'irrigation en fonction de certains paramètres de qualité cités ci-dessus

Tableau N°III.3 : Directives pour l'interprétation de la qualité de l'eau pour l'irrigation (FAQ 1985)

| Problèmes potentiels en irrigation | Unités | Degré de restriction à l'usage | | |
|-------------------------------------|--------|--------------------------------|----------------|-----------|
| | | Aucun | Léger à modéré | Sévère |
| Salinité EC _w | dS/m | < 0.7 | 0.7 ÷ 3.0 | > 3.0 |
| Ou TDS | mg/l | < 450 | 450 ÷ 2000 | > 2000 |
| Infiltration | | | | |
| SAR=0-3 et EC _w = | dS/m | > 0.7 | 0.7 ÷ 0.2 | < 0.2 |
| 3-6 = | | > 1.2 | 1.2 ÷ 0.3 | < 0.3 |
| 6-12 = | | > 1.9 | 1.9 ÷ 0.5 | < 0.5 |
| 12-20 = | | > 2.9 | 2.9 ÷ 1.3 | < 1.3 |
| 20-40 = | | > 5.0 | 5.0 ÷ 2.9 | < 2.9 |
| Toxicité spécifique des ions | | | | |
| Na | | | | |
| Irrigation de surface | SAR | < 3 | 3 ÷ 9 | > 9 |
| Irrigation par aspersion | méq/l | < 3 | > 3 | |
| Cl | | | | |
| Irrigation de surface | méq/l | < 4 | 4 ÷ 10 | > 10 |
| Irrigation par aspersion | méq/l | < 3 | > 3 | |
| Bore (B) | mg/l | < 0.7 | 0.7 ÷ 3.0 | > 3.0 |
| Effets divers | | | | |
| Azote (NO ₃ -N) | mg/l | < 5 | 5 ÷ 30 | > 30 |
| Bicarbonate(HCO ₃) | méq/l | < 1.5 | 1.5 ÷ 8.5 | > 8.5 |
| pH | | Gamme | normale | 6.5 ÷ 8.5 |

Source : FAO 1985

1-EC_w: signifie la conductivité électrique en deci Siemens par mètre à 25°C.

2-SAR: signifie le taux d'adsorption de sodium (sodium adsorption ratio).

3-NO₃ -N : signifie l'azote sous forme de nitrate rapporté en termes d'azote élémentaire. NH₄-N et N- organique devraient être également examinés dans les eaux usées.

Dans le tableau ci après, sont présentées les concentrations maximales des éléments de traces dans les eaux destinées à l'irrigation :

Tableau N°III.4 : Teneurs maximales d'élément a l'état de traces recommandées pour les eaux d'irrigation (FAO-1985)

| Eléments | Concentration maximale recommandée (mg/l) | Observations |
|----------------|---|--|
| Al (Aluminium) | 5,0 | Peut causer la baisse de productivité dans les sols acides (pH<5,5), mais des sols plus alcalins (pH>7) va précipiter l'ion et éliminer la toxicité. |
| As (Arsenic) | 0,1 | La toxicité pour les plantes varie largement de 12 mg/I pour le gazon du Soudan à moins de 0,05 mg/I pour le riz. |
| Be (Béryllium) | 0,1 | La toxicité pour les plantes varie largement de 5 mg/I pour "Kalé" à 0,5 mg/I pour les haricots. |
| Cd (Cadmium) | 0,01 | Toxique pour les haricots, les betteraves et les navets à de faibles concentrations (0,10 mg/I dans la solution nutritive). Des limites prudentes sont recommandées en raison des possibilités de former des concentrations, dans les végétaux et les sols, dangereuses pour l'Homme. |
| Co (Cobalt) | 0,05 | Toxique pour les plantations de tomate à 0,1 mg/I dans les solutions nutritives. Il tend à être désactivé dans les milieux neutres ou alcalins. |
| Cr (Chrome) | 0,10 | N'est en général pas considéré comme un élément Essentiel de la croissance. En raison d'un manque d'information sur ses effets toxiques on recommande des limites prudentes. |
| (Cuivre) Cu | 0,20 | Toxique pour un certain nombre de plantes à partir de concentrations comprises entre 0,10 et 1,0 mg/I, dans la solution nutritive. |
| F (Fluor) | 1,0 | Non activité dans les sols neutres ou alcalins. |
| Fe (Fer) | 5,0 | ² Pas toxique pour les plantes dans les sols aérés, mais peut contribuer à l'acidification des sols et à la baisse de la disponibilité du phosphore et du molybdène essentiel. peut provoquer, en aspersion «haute», des dépôts peu esthétiques sur les plantes, l'équipement et les bâtiments. |

| | | |
|-------------------|------|---|
| Li (Lithium) | 2.5 | Toléré par la plupart des plantes jusqu'à '5 mg/I. Mobile dans le sol. Toxique pour les agrumes à faible concentration (<0,075 mg/1). Agit comme le bore. |
| Mn (Manganèse) | 0.20 | Toxique pour un certain nombre de plantes, à partir de quelques dixièmes de mg/I à quelques mg/I, mais en général dans les sols acides. |
| Mo (Molybdène) | 0.01 | Non toxique pour les plantes à concentrations normales dans le sol et l'eau. Peut-être toxique pour les animaux si le fourrage est planté dans des sols avec haute concentration de molybdène. |
| Ni (Nickel) | 0.20 | Toxique pour un certain nombre de plantes à partir de concentrations variant de 0,05mg/I à 1,0 mg/I ; toxicité réduite avec le pH neutre alcalin. |
| Pb (plomb) | 5.0 | Peut inhiber la croissance des cellules végétales à des concentrations très élevées. |
| Se (Sélénium) | 0.02 | Toxique pour les plantes à des concentrations aussi faibles que 0,025 mg/I et toxiques pour les animaux si le fourrage est planté dans des sols à hauts niveau de sélénium, c'est un élément essentiel pour les animaux mais à faibles concentrations |
| Sn (Fer Blanc) | - | Effectivement exclu des plantes, tolérance spécifique inconnue |
| Ti (Titanium) | - | Effectivement exclu des plantes, tolérance spécifique inconnue |
| W (Tungsten) | - | Effectivement exclu des plantes, tolérance spécifique inconnue |
| V (Vanadium) | 0.1 | Toxique pour plusieurs plantes à des concentrations relativement faibles |
| Zn (Zinc) | 0.2 | Toxique pour de nombreuses plantes à des concentrations très variables; toxicité réduite à pH> 6,0 et dans les sols à textures fines ou organiques. |

Tableau^oIII.5: Autres Réglementations dans le monde

| Réglementation | Catégorie | pH | DBO (mg/l) | Turbidité (NTU) | C12 résiduel | Coliformes Fécaux (CFU/100 ml) | Coliformes Totaux (CFU/100 ml) | E. Coli Helminthe Protozoaire Virus | Autres restrictions | Procédé de traitement susceptible d'assurer la qualité microbiologique voulue |
|--|---|-----|------------|---------------------------|----------------|--------------------------------|---|-------------------------------------|--|---|
| USEPA (2004) (United States Environmental Protection Agency) | Urban and agricultural | 6-9 | 10 | 2 | 1 mg/l minimum | Non detectable | / | / | Distance de 15 m d'une station d'eau potable | Traitement biologique secondaire Filtration Désinfection |
| | Reuse | | | | | | | | | |
| | All types of landscape (e.g., golf courses, parks, cemeteries) Surface or spray irrigation of any food crop, including crops eaten raw | | | | | | | | | |
| California water recycling guidelines (2000) | Surfaces irrigation of parks, playgrounds, un restricted access golf courses | / | / | 2 (moyenne 24h) 5 5 (max) | / | / | < 2,2 (moyenne sur les 7 derniers jours) < 23 (max) | / | / | Traitement tertiaire et désinfection |
| Australie EPA (2003) | Municipal irrigation with uncontrolled public access, raw human food crops, irrigation of salad vegetables, indirect potable groundwater recharge | 6-9 | 10 | 2 (moyenne 24h) 5 5 (max) | 1mg/l minimum | < 10/100 ml | / | < 10/100 ml < 1A < 1/50 l < 1/501 | / | Traitement tertiaire et désinfection |
| Arabie saoudite | Culture à accès non restreint | / | / | / | / | / | < 2,2 | | / | / |
| Maroc | Pour irrigation golf | / | / | / | / | < 200/100 ml | | Absence nématodes intestinaux | | |

III.2.4. Comparaison entre les normes OMS et USEPA (*United State Environment Protection Agency*):

Les deux normes s'opposent à plusieurs points de vue, et depuis quelques années, la polémique bat son plein entre les "pro-OMS" et les "pro-USERA".

Une des différences entre OMS et USEPA concerne le traitement recommandé. Il est dit dans le document de l'OMS qu'un traitement extrêmement efficace peut être atteint par des bassins de stabilisation, alors que l'USEPA n'évoque que des traitements de désinfection tertiaire type chloration, ozonation, etc. Les modes de contrôles varient aussi : l'OMS préconise de contrôler le nombre de nématodes, alors que l'USEPA recommande de contrôler les systèmes de traitement et le comptage des coliformes totaux sert à lui seul à contrôler la qualité microbiologique.

En général, l'OMS est taxée d'être trop laxiste, et l'USEPA de préconiser des traitements trop chers et trop technologiques, inaccessibles aux pays en voie de développement.

Une étude extrêmement intéressante a été réalisée par Shuval et col/. (1997) Les auteurs ont comparé le coût et l'efficacité des recommandations des deux institutions dans le cas de l'irrigation de légumes consommés crus et irrigués par des eaux épurées. Dans ce cas de figure, les normes sont :

- OMS : moyenne de 1000 CF/100 ml et <1 oeuf d'helminthes/l
- USERA : taux de coliformes fécaux non détectable, DBO 5 10 mg/l, turbidité 5. 2 NTU, chlore résiduel de 1 mg/l.

L'expérience consistait à calculer le risque de contracter l'hépatite A ou le choléra en consommant des légumes arrosés par de l'eau traitée selon les normes de l'OMS.

Contrairement à l'OMS, les normes de l'USEPA ne sont pas basées sur des études épidémiologiques et une estimation du risque, mais sur un objectif de zéro pathogène dans les eaux réutilisées. Les normes microbiologiques sont donc beaucoup plus strictes et concernent tous les usages envisageables pour des eaux usées épurées (usage urbain, agricole, industriel, recharge de nappe, etc.) ce qui en fait un outil puissant.

Dans tous les cas de figure, la sévérité-des normés imposées par l'USEPA est une Barrière pour leur développement à travers le monde. Il faut noter que pour beaucoup

de pays en voie de développement, où l'irrigation avec des eaux usées non traitées se pratique régulièrement, l'application des normes de l'OMS, qui autorisent un traitement extensif type lagunage et qui n'exigent pas une trop grande qualité, Progrès considérable. [7]

III.3. LA REUTILISATION DES EAUX USEES EPUREES DANS LE BASSIN MEDITERRANIEN

La réutilisation agricole des eaux usées a toujours existé et est aujourd'hui une pratique largement répandue dans la Méditerranée. En effet, le bassin méditerranéen est une région où la pénurie en eau est particulièrement ressentie. C'est aussi l'une des régions où la réutilisation agricole des effluents urbains est la plus pratiquée

Les réglementations en usage pour la REUE en agriculture dans le bassin Méditerranéen

Plusieurs pays méditerranéens, dont Chypre, l'Espagne, la France, l'Italie, la Jordanie, le Portugal, la Tunisie et la Turquie disposent depuis plus ou moins longtemps selon les cas, d'une réglementation touchant la REUE. D'autres pays qui utilisent actuellement des REUE pour la production agricole ou pour d'autres usages, comme l'Algérie, l'Égypte, la Grèce, le Liban, la Libye, Malte, le Maroc et la Syrie ont entamé ou considèrent actuellement l'opportunité de se doter d'une réglementation ou à tout le moins de lignes directrices pour la REUE. Ce sont dans la plupart des cas des pays aux prises avec un déficit hydrique important et pour lesquels la REUE représente un bon potentiel qui, avec l'accroissement de la population, est de plus en plus disponible.

Les autres pays méditerranéens ne font que peu de chose en matière de REUE, soit par manque d'infrastructures ou de potentiels d'utilisation et soit qu'ils n'ont pas de réglementation en ce sens (Albanie, Bosnie-Herzégovine, Croatie, Monaco et Slovénie). Prendre comme Exemple :

- **Italie:**

L'utilisation d'eaux usées brutes est pratiquée en Italie depuis le début du siècle dernier, en particulier en périphérie des petites villes et près de Milan. De nos jours, l'usage des REUE est principalement fait pour l'irrigation agricole.

L'Italie est en fait le premier pays méditerranéen à s'être doté d'une réglementation, en 1977 (Standard Technique Général - G.U. 21.2.77). Cette réglementation suit, dans les grandes lignes, l'approche californienne, soit moins de 2 CFU/100 mL pour les coliformes totaux en irrigation sans restrictions. Pour l'irrigation restreinte, les niveaux varient en fonction des régions entre 10 et 20 CFU/100 ml.

Cependant, en 1989, en Sicile, une réglementation régionale a pris une nouvelle approche, apparentée à celle de l'OMS avec un niveau de 1 000 CFU/100 mL pour les coliformes fécaux et moins de 1 oeuf de nématode/l.

De plus, la loi prescrit qu'en présence d'aquifères non confinés en contact direct avec les eaux de surface, des mesures préventives adéquates doivent être prises pour éviter toute détérioration de leur qualité. Une nouvelle législation sur les eaux usées municipales prévoit de porter plus d'attention à la gestion des ressources en eau et en particulier la réutilisation des EUE. L'industrie est d'ailleurs encouragée dans la réutilisation des EUE. [10]

- **Espagne:**

Il n'y a pas de norme ou de réglementation nationale en Espagne pour la REUE. Cependant plusieurs régions autonomes comme l'Andalousie, la Catalogne, les Baléares et les Canaries possèdent leurs propres recommandations en termes de recyclage et de réutilisation des eaux usées. Point important à noter, il n'y a pas de constante dans l'usage des références : par exemple, les recommandations andalouses sont basées sur le référentiel OMS alors que les Canaries ont plutôt opté pour un modèle similaire à celui de la Californie. Pour l'irrigation sans restriction en Andalousie, (végétaux consommés crus), la norme microbiologique pour les coliformes fécaux est de 1 000 CFU/100 mL et celle pour les oeufs d'helminthes est de moins de 1/L. [10]

- **Tunisie:**

L'irrigation avec des EUE est bien établie en Tunisie depuis plus de 40 ans pour la production agricole (agrumes, fourrages, céréales,...) et pour protéger l'intrusion des eaux salines. Il est intéressant de noter que les producteurs payent les EUE qu'ils utilisent pour l'irrigation.

La législation interdit l'irrigation des produits qui sont consommés crus. La majeure

partie des EUE est donc utilisée pour l'irrigation des vergers, vignobles, agrumes et autres arbres, pour les fourrages et les cultures industrielles et certains espaces verts comme les golfs. Certains jardins d'hôtel sont aussi irrigués avec des EUE. La norme de référence tunisienne est basée sur les normes de l'OMS et présentée, à titre de modèle potentiel,

La norme tunisienne planifie le contrôle des paramètres physico-chimiques à partir d'une référence similaire à celle de la FAO pour ces paramètres : mensuel : pH, DBO5, DCO, MES, Cl, Na, NH4, CE; semestriel : As, B, Cd, Cr, Co, Cu, Fe, fluorures, organochlorés, Se, Pb, Zn). Les paramètres microbiologiques des EUE sont contrôlés à différentes fréquences en fonction des paramètres et selon une méthodologie précise (15 jours : oeufs de parasites). La norme prévoit des mesures pour la protection des travailleurs (tenue de travail, vaccination, examen médical) ainsi que des consommateurs. Elle prévoit aussi des zones tampons dans les espaces irrigués avec les EUE et les pâturages sont interdits sur de tels espaces.[5]

III.4. Les techniques d'irrigations avec les eaux usées traitées:

1. Irrigation par goutte à goutte (système d'irrigation ponctuel ou localisé) :

Système dont lequel l'eau est distribuée à basse pression à travers un réseau de tuyaux, l'eau est déversée lentement à la surface du sol près de la plante ou de l'arbre, la goutte d'eau est évacuée du réseau par un dispositif appelé goutteur. [9]

Les caractéristiques principales du système :

- Efficacité élevée d'application. Si elle est employé correctement, elle qualifié comme meilleur méthode d'irrigation dans les endroits où la pénurie de l'eau est un problème sur le rendement des cultures comme le cas de notre zone d'étude.
- Cette technique pourrait être la plus prometteuse pour l'irrigation avec l'eau usée traitée, en particulier si le traitement est suffisant pour empêcher l'obstruction des orifices.
- Contact de l'eau traitée avec les agriculteurs et les cultures irriguées est réduit au minimum.
- Aucun aérosol ne se forme et, en conséquence, aucune pollution de

l'atmosphère et de la zone proche des champs irrigués ne se produit

2. Irrigation souterraine

La technique consiste à enterrer un tuyau poreux dans lequel l'eau circule. Les caractéristiques principales du système

- Absence de contact entre l'eau traitée et l'agriculteur, le fruit et l'atmosphère.
- Sa nécessite un aménagement. [9]

3. Irrigation par micro asperseur

Consiste à diffuser l'eau sur le sol à proximité de la plante ou de l'arbre.[9]

Conclusion :

Une irrigation de cultures ou d'espaces verts qui met en œuvre des eaux usées n'est pas une irrigation banale. En effet, ces eaux véhiculent des pollutions qui posent des problèmes de santé publique, de conservation des sols et de protection de l'environnement, qui ne doivent être ni exagérés ni sous-estimés.

Les propriétés physiques, ainsi que les constituants chimiques et biologiques des eaux usées sont des paramètres importants, dont il faut tenir compte dans la conception de projets de réutilisation agricoles des effluents. Il est aussi indispensable de respecter les normes de rejets des effluents définies par l'OMS.

Pour limiter les problèmes et les risques associés à la réutilisation des eaux usées en agriculture, des mesures de lutte sont recommandés. Parmi ces mesures, le traitement des eaux usées résiduaires, les mesures professionnelles, la restriction des cultures et le choix du système d'irrigation sont les plus efficaces.

Ce qui concerne le choix du système d'irrigation, la technique la mieux adapté à l'apport des eaux usées est certainement l'irrigation localisée parce qu'elle engendre le moins du risques sanitaires.

CHAPITRE IV

CHAPITRE IV

**Appréciation des aspects
quantitatifs et qualitatifs des eaux
usées épurées**

Introduction

Dans ce chapitre, il s'agit de faire une évaluation qualitative et quantitative de la charge polluante issue des effluents de la STEP de BENI MESSOUS. Pour cela, nous avons procédé aux analyses des différents paramètres de pollution.

. IV.1. Degré de traitabilité des effluents à la sortie de la STEP:

Appréciation des débits moyens des effluents bruts et épurés de la STEP de BENI MESSOUS:

Les valeurs des débits moyens des eaux usées brutes et épurées mesurées par l'exploitant de la STEP, à l'entrée et à la sortie de la STEP au niveau du canal venturi durant l'année 2010-2011, sont enregistrées dans le tableau cité ci-dessous

Tableau N°IV.1 : Evolution des débits moyens des eaux usées brutes et épurées de la STEP de BENI MESSOUS

(Source STEP de BENI MESSOUS-la SEAAL)

| Mois | Débit (m ³ /j) | | |
|--------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| | Entrant (m ³ /j) | Sortant (m ³ /j) | By-pass (m ³ /j) |
| mars-10 | 18444 | 16592 | 11691 |
| avr-10 | 23884 | 21806 | 2085 |
| mai-10 | 35413 | 32322 | 6674 |
| juin-10 | 47706 | 43550 | 6709 |
| juil-10 | 42050 | 34761 | 6211 |
| août-10 | 40868 | 32413 | 5042 |
| sept-10 | 39354 | 32210 | 6207 |
| oct-10 | 34493 | 28018 | 11348 |
| nov-10 | 12824 | 9264 | 9094 |
| Dec 2010 | 13513 | 10528 | 2612 |
| janv-11 | 21640 | 18337 | 5335 |
| Fev 2011 | 18047 | 14549 | 1895 |
| Moy annuelle | 29020 | 24529 | 6241,91667 |

D'après les données citées dans le tableau ci-dessous, on peut remarquer une fluctuation saisonnière du débit des eaux usées dont le débit le plus élevé est enregistré en période estivale, cela peut s'expliquer par une consommation en eau plus élevée pendant cette période qu'en hiver. On a pu remarquer aussi que le débit de sortie diminue de 12% du débit d'entrée.

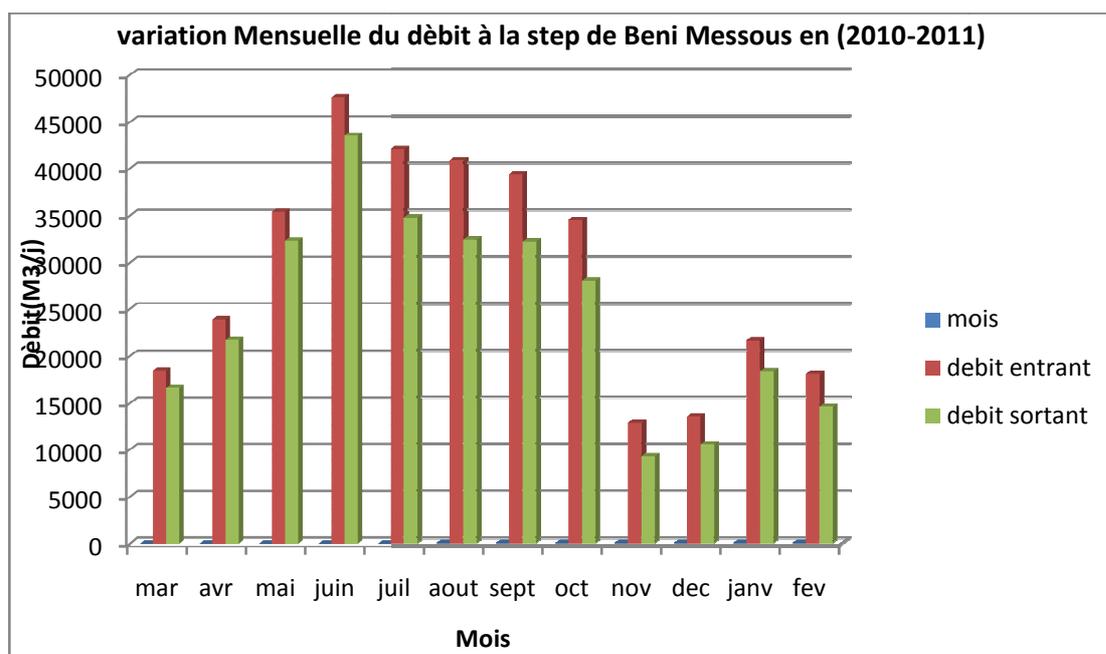


Figure IV.1 : Variation mensuelle du débit a la step de Béni Messous .2010-2011

Une mesure du débit a été effectuée in situ au niveau du canal venturi à l'entrée et à la sortie de la STEP de BENI MESSOUS dont les résultats sont enregistrés dans le tableau ci dessous.

Tableau N°IV.2: Débits moyens des effluents bruts et épurées de la STEP de BENI MESSOUS Mesure effectuée in situ (*Source* STEP de BENI MESSOUS)

| <i>Débit entrant (m³/j)</i> | <i>Débit sortant (m³1j)</i> |
|--|--|
| 35668 | 32559 |
| 40757 | 33128 |
| 20277 | 15937 |
| 19377 | 16493 |
| <i>Moyenne</i> | |
| 29020 | 24529 |

IV.2.Appréciation des débits d'eaux épurées:

Pour pouvoir estimer les débits en eau épurée il faut tenir compte des pertes y compris les by passe. D'après les moyennes mesurées des débits actuels en eau brute et épurée, on a pu estimer ces pertes à environ 22% du débit d'entrée de la STEP de BENI MESSOUS.

Nous allons considérer une valeur constante de 20% pour l'estimation des débits futurs en eau épurée.

Tableau N°IV.3: Débits moyens d'eaux épurées de la STEP de BENI MESSOUS

| Horizons | 2010 | 2015 | 2030 |
|----------|-------|--------|--------|
| Q(m3/j) | 24529 | 40.400 | 80.800 |

(Source STEP de BENI MESSOUS)

IV.2.1.Résultats d'analyses physico-chimiques de la STEP:

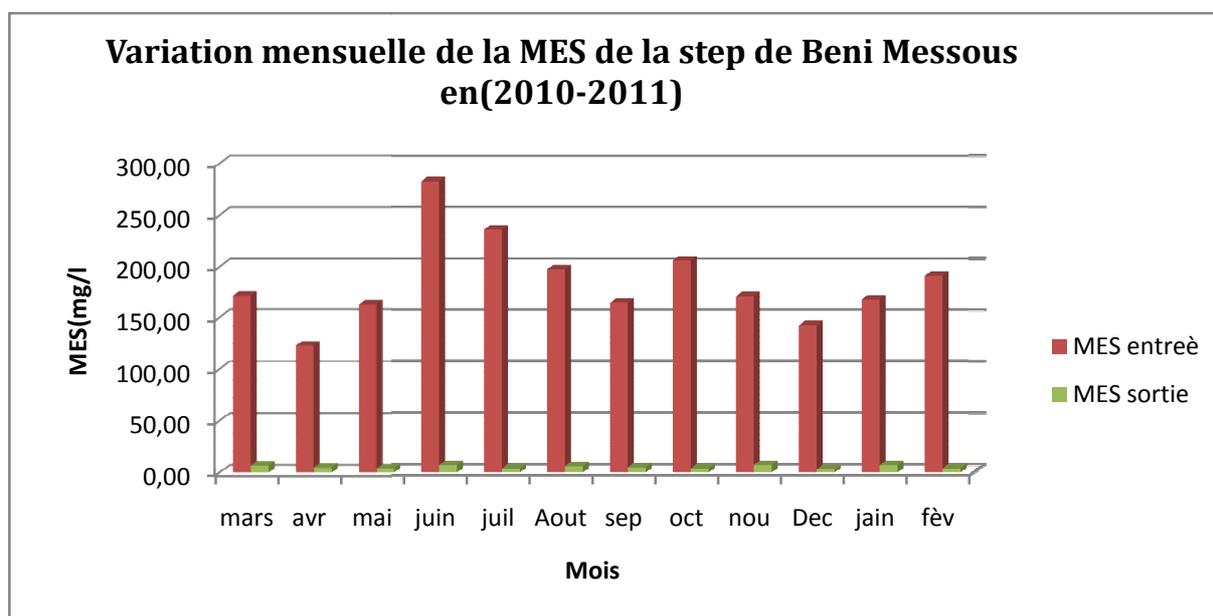
Les résultats d'analyses physico-chimiques des eaux usées brutes et épurées effectuées par l'exploitant de la STEP de BENI MESSOUS (la SEAAL) durant L'année 2010-2011, sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau N°IV.4: Résultats d'analyses physico-chimiques des effluents de la STEP de BENI MESSOUS (Source STEP de BENI MESSOUS)

| MOIS | Eau Brute | | | | | | | | |
|---------|-----------|----------------------|------|------------|-----------------|----------------|------------|--------------|--------------|
| | pH | Conductivité (us/cm) | T °C | MES (mg/l) | DBO5 (mg O2 /L) | DCO (mg O2 /L) | NGL (mg/L) | N-NO3 (mg/L) | P-PO4 (mg/L) |
| mar-10 | 7,73 | 1467 | 12 | 171 | 137 | 208 | 30 | 2 | 5 |
| avr-10 | 7,65 | 1498 | 15 | 123 | 124 | 281 | 29 | 2 | |
| Mai-10 | 7,57 | 1527 | 15 | 163 | 169 | 272 | 45 | 2 | 11 |
| juin-10 | 7,70 | 1606 | 18 | 283 | 200 | 435 | 54 | 2 | 11 |
| juil-10 | 7,68 | 1574 | 19 | 236 | 171 | 447 | 52 | 1 | 3 |
| Août-10 | 7,78 | 1571 | 18 | 197 | 161 | 319 | 43 | 1 | 5 |
| set-10 | 7,68 | 1494 | 18 | 165 | 140 | 282 | 59 | 1 | 4 |
| Oct-10 | 7,64 | 1492 | 15 | 206 | 161 | 262 | 39 | 2 | 8 |
| Nou-10 | 7,73 | 1467 | 12 | 171 | 137 | 208 | 30 | 2 | 5 |
| Dec2010 | 7,67 | 1674 | 10 | 143 | 145 | 250 | 52 | 2 | 4 |
| JAN-11 | 7,69 | 1617 | 10 | 168 | 163 | 248 | 68 | 2 | 5 |
| fév2011 | 7,77 | 1617 | 10 | 191 | 151 | 277 | 37 | 2 | 4 |
| moy | 7,69 | 1550 | 14 | 185 | 155 | 291 | 45 | 2 | 6 |

(Source STEP de BENI MESSOUS)

| MOIS | Eau Epurée | | | | | | NGL (mg/L) | N-NO3 (mg/L) | P-PO4 (mg/L) |
|---------|------------|-------------------------|------|---------------|--------------------|-------------------|---------------|-----------------|-----------------|
| | pH | Conductivité (us/cm) | T °C | MES (mg/L) | DBO5 (mg O2 /L) | DCO (mg O2 /l) | | | |
| mar-10 | 7,70 | 1408 | 13 | 7 | 3 | 19 | 23 | 19 | 4 |
| avr-10 | 7,54 | 1443 | 15 | 5 | 3 | 31 | 27 | 19 | 2 |
| Mai-10 | 7,43 | 1434 | 16 | | | 17 | 25 | 16 | 2 |
| juin-10 | 7,63 | 1474 | 19 | 7 | 8 | 31 | 37 | 16 | 2 |
| juil-10 | 7,65 | 1477 | 20 | 4 | 7 | 33 | 40 | 17 | 1 |
| Août-10 | 7,63 | 1455 | 21 | 6 | 6 | 28 | 29 | 16 | 2 |
| set-10 | 7,60 | 1405 | 19 | 5 | 7 | 23 | 33 | 17 | 3 |
| Oct-10 | 7,51 | 1407 | 16 | 4 | 3 | 15 | 25 | 9 | 5 |
| Nou-10 | 7,70 | 1408 | 13 | 7 | 3 | 19 | 23 | 19 | 4 |
| Dec2010 | 7,70 | 1508 | 12 | 3 | 3 | 19 | 26 | 20 | 3 |
| JAN-11 | 7,57 | 1548 | 11 | 7 | 3 | 25 | 56 | 20 | 3 |
| fèv2011 | 7,85 | 1548 | 11 | 4 | 5 | 23 | 30 | 20 | 3 |
| moy | 7,63 | 1460 | 16 | 5 | 5 | 24 | 31 | 17 | 3 |

**Figure IV.2 :** Variation mensuelle de MES a la step de Béni Messous .2010-2011

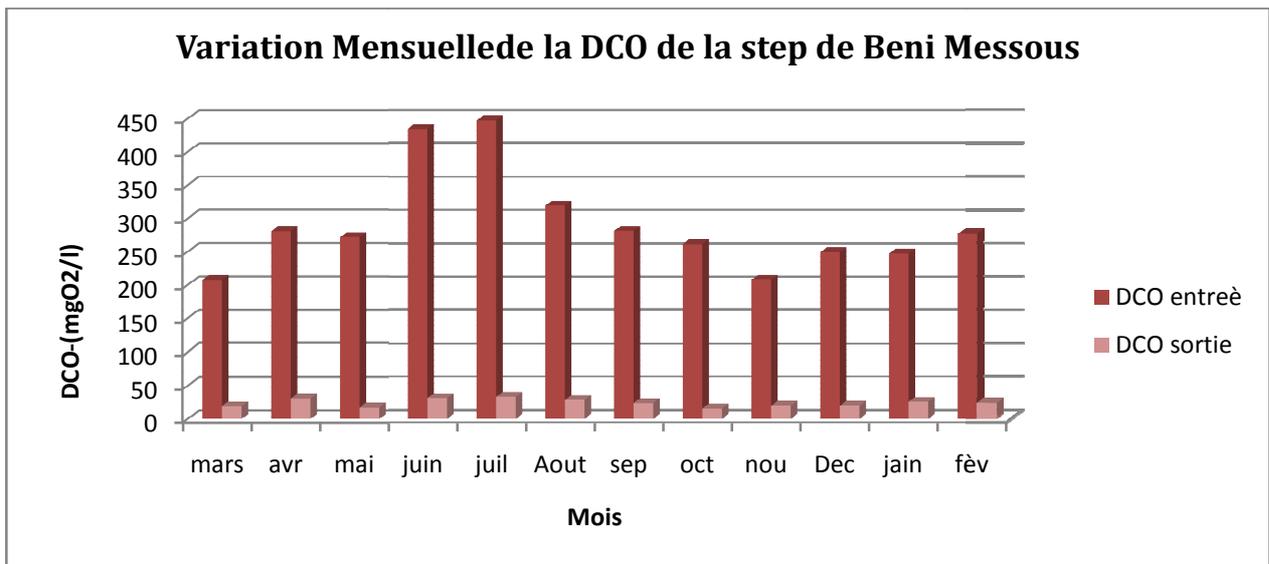
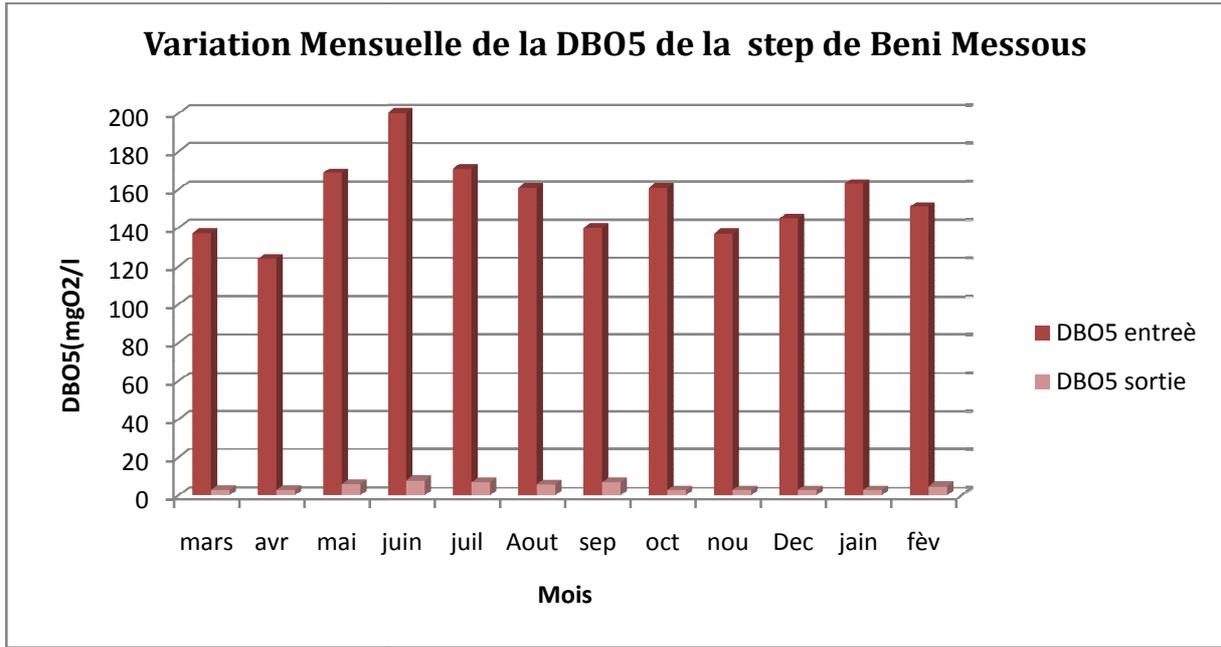


Figure IV.3 : Variation mensuelle de DBO5 et DCO a la step de Béni Messous .2010-2011

Tableau N°IV.5: Résultats D'analyses des eaux usées de la step de bény Messous
(Source STEP de BENI MESSOUS)

| Mois | MES (kg/j) | | | DBO (kg/j) | | | DCO (kg/j) | | |
|------|------------|---------|--------------------|------------|---------|--------------------|------------|---------|--------------------|
| | Flux | Flux | Pollution éliminée | Flux | Flux | Pollution éliminée | Flux | Flux | Pollution éliminée |
| | entrant | sortant | | entrant | sortant | | entrant | sortant | |
| Mars | 3829 | 100 | 3506 | 2747 | | | 6114 | 364 | 5395 |
| Avr | 2937 | 115 | 2822 | 2879 | 76 | 2804 | 6704 | 733 | 5970 |
| Mai | 7103 | 260 | 6843 | 5810 | | | 11829 | 742 | 11087 |
| Juin | 13968 | 329 | | | 397 | | | 1545 | |
| Juil | 9992 | 189 | 9592 | 7052 | 307 | 6745 | 19535 | 1441 | 18268 |
| Auot | 8793 | 250 | 8542 | 7023 | 299 | 6732 | 14100 | 1143 | 12957 |
| Sep | 6818 | 11756 | 6583 | 5866 | 292 | 5574 | 11756 | 923 | 10833 |
| Oct | 7504 | 152 | 7184 | 6464 | 133 | 6331 | 9606 | 521 | 8747 |
| Nov | 2365 | 93 | 2272 | 1792 | 44 | 1803 | 2827 | 253 | 2631 |
| Dec | 1981 | 55 | 1563 | 1849 | 38 | 1748 | 3462 | 219 | 2880 |
| Jan | 3966 | 161 | 3805 | 4185 | 77 | 4108 | 5998 | 601 | 5397 |
| Fèv | 3778 | 87 | 3691 | 3108 | 98 | 3010 | 5487 | 446 | 5041 |
| moy | 6086 | 1129 | 5128 | 4434 | 176 | 4317 | 8856 | 744 | 8110 |

Tableau N°IV.6: Caractéristiques des eaux usées brutes et épurées de la STEP de BENI MESSOUS

| Paramètres | Eaux brutes | Eaux épurées | Rendement (%) |
|---------------|-------------|--------------|---------------|
| MES (mg/l) | 185 | 5 | 97,3 |
| DB05 (mgo2/l) | 155 | 5 | 96,8 |
| DCO (mgo2/l) | 291 | 24 | 91,8 |
| P-PO4 (mg/l) | 6 | 3 | 50 |
| NGL (mg/l) | 45 | 31 | 31.1 |

Au vu des résultats d'analyses des effluents de la STEP effectués au niveau du laboratoire de la STEP de BENI MESSOUS, nous pouvons conclure que le traitement au niveau de cette dernière fournira une eau de qualité répondant aux normes de rejet en vigueur en Algérie

. IV.3. Prélèvement et échantillonnage :

Les prélèvements ont été effectués dans des bouteilles propres, rincées plusieurs

fois avec de l'eau à analyser, ces bouteilles ont été conservées dans une glacière et acheminer vers les laboratoires d'analyse.

Plusieurs campagnes de prélèvements ont été effectuées pour l'analyse des eaux usées épurées de la STEP de BENI MESSOUS. Les prélèvements ont été effectués sur une période d'un mois à raison de deux prélèvements par jour.

Les échantillons ont été remis aux laboratoires pour l'analyse.

Afin de faire ressortir les compositions de ces eaux usées épurées, les résultats des analyses sont donnés et interpréter en considérant les paramètres de pollution les plus importants.

IV.4. Résultats analytiques et interprétations :

a. Résultats des analyses :

Les résultats d'analyses des principaux paramètres sont enregistrés dans les tableaux suivants :

Tableau N°IV.7: Paramètres physicochimiques des eaux usées a la sortie de la step :

| Paramètres analysés | Unités | E1 | E2 | E3 | E4 | E5 |
|---------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| PH | - | 7,33 | 7,29 | 7,32 | 7,31 | 7,22 |
| TAC | F° | 28,4 | 28 | 28,2 | 28,4 | 28,8 |
| DBO5 | mgo2/l | 20 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| DCO | mgo2/l | 60 | 50 | 70 | 60 | 40 |
| MES a150°C | mg/l | 10 | 10 | 20 | 18 | 14 |
| N Total | mg/l | 2,14 | 3,15 | Trace | Trace | 12,3 |
| P Total | mg/l | 1,76 | 1,91 | 1,83 | 1,67 | 1,61 |
| Chlorures | mg/l | 205,9 | 198,8 | 191,7 | 184,6 | 198,8 |
| Potassium | mg/l | 16,16 | 15,65 | 16,32 | 15,81 | 15,5 |
| Calcium | mg/l | 130,66 | 128,65 | 129,05 | 128,25 | 129,85 |
| Magnésium | mg/l | 30,13 | 32,07 | 31,1 | 31,59 | 31,59 |
| Sodium | mg/l | 143,9 | 143,9 | 132,55 | 132,55 | 133,33 |

Suite tableau N°IV.7: Paramètres physicochimiques des eaux usées a la sortie de la step :

| Paramètres | Unités | E6 | E7 | E8 | E9 | E10 | E11 | E12 | E13 |
|------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| PH | - | 7,29 | 7,19 | 7,22 | 7,29 | 7,3 | - | - | - |
| TAC | F° | 28,4 | 28,6 | 28,8 | 28,6 | 28,8 | | - | - |
| DBO5 | mgo2/l | 20 | 20 | 20 | 10 | 10 | | - | 21 |
| DCO | mgo2/l | 30 | 35 | 30 | 40 | 30 | <30 | <30 | <30 |
| MES a150°c | mg/l | 18 | 4 | 2 | 10 | 8 | 53,75 | 73,75 | 36,5 |
| N Total | mg/l | 9,8 | 4,9 | 8,5 | 8,32 | 6,59 | 1,12 | 1,12 | 1,45 |
| P Total | mg/l | 1,76 | 2 | 2 | 1,4 | 1 | - | - | - |
| Chlorures | mg/l | 205,9 | 213 | 205,9 | 213 | 205,9 | | - | 214 |
| Potassium | mg/l | 14,5 | 15 | 15 | 13,33 | 13,33 | 15 | 15 | 8,57 |
| Calcium | mg/l | 129,05 | 127,45 | 126,65 | 127,45 | 126,65 | 129,85 | 121,04 | 125,04 |
| Magnésium | mg/l | 31,59 | 31,1 | 30,07 | 31,1 | 30,07 | 25,75 | 30,61 | 31,1 |
| Sodium | mg/l | 133,33 | 133,33 | 133,33 | 166,66 | 166,66 | 166,66 | 166,66 | 133,33 |

(Source la SEAAL, CNTC)

Avec: CNTC: Centre National des Technologies et du consulting

SEAAL: Société des Eaux et de l'Assainissement d'Alger

Tableau N°IV.8: Résultats des l'analyses des eaux usées a la sortie de la step :

| Paramètres <i>analysés</i> | Unités | E14 | E15 | E16 | E17 | E18 | E19 | E20 | E21 | E22 | Les moyennes | Norme FAO | Observation |
|-------------------------------|------------------------|--------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------------|----------------|-------------|
| | | | | | | | | | | | | | C/NC |
| PH | - | - | - | - | - | - | 8,4 | 8,26 | 7,96 | 7,97 | 7,53 | 6,5-8,4 | C |
| Température | °C | - | - | - | - | - | 25,8 | 26 | 24,5 | 25 | 25,3 | - | - |
| Conductivité | µs/cm | - | - | - | - | - | 1514 | 1472 | 1439 | 1475 | 1475 | 700-3000 | C |
| TH | Mg/l | - | - | - | - | - | 40 | 41 | 40 | 39,5 | 354,3 | - | - |
| TAC | F° | - | - | - | - | - | 24 | 25 | 24 | 24 | 27,28 | - | - |
| Turbidité | NTU | - | - | - | 5,54 | 2,99 | 3,2 | 3,5 | 4,5 | 3,5 | 3,87 | 5.2 (USEPA) | NC |
| DBO ₅ | mg d'O ₂ /l | 2 0 | 0 | 0 | 5 | 6 | 25 | 23 | 25 | 23 | 14,35 | 10 (USEPA) | NC |
| DCO | mg d'O ₂ /l | <30 | <30 | <30 | - | - | 58 | 59 | 65 | 59 | 43,3 | - | - |
| MES à 105 °C | mg/l | 22,5 | 62,5 | 83,75 | - | - | 3,17 | 5,77 | 6,08 | 5,77 | 23,37 | - | - |
| NH ₄ ' | mg/l | - | - | - | - | - | 22 | 16,3 | 20 | 18 | 19 | - | - |
| Nitrate | mg/l | 0,19 | 0,125 | 0,242 | 0,2 | 0,11 | 49 | 47 | 51,24 | 45 | 19,33 | mag-30 | C |
| Nitrite | mg/l | - | - | - | - | - | 13,5 | 9 | 11 | 7,34 | 10,21 | - | - |
| N Total | mg/l | 1,06 | 1,26 | 1,28 | - | - | 23,16 | 21,65 | 24,8 | 21,65 | 7,71 | 40 | C |
| P Total | mg/l | - | - | - | - | - | 11,67 | 17,06 | 22,14 | 17,06 | 5,95 | 10 | C |
| Chlorures | ring/l | 213 | 177,5 | 184,6 | 191,7 | 184,6 | 170 | 175 | 165 | 175 | 193,6 | - | - |
| Potassium | mg/l | 8,57 | 15 | 15 | 16 | 16 | 16,2 | 12 | 16,4 | 17 | 14,6 | 30 | C |
| Calcium | mg/l | 125,04 | 121,0 | 120,2 | 120,24 | 119,4 | 115 | 111 | 119 | 120 | 124,11 | - | - |
| Magnésium | mg/l | 31,1 | 29,16 | 29,46 | 32,07 | 32,56 | 30 | 29 | 32,4 | 29,8 | 30,61 | - | - |
| Sodium | mg/l | 133,33 | 166,6 | 166,6 | 166,66 | 166,6 | 146 | 138,8 | 150 | 153 | 148,81 | - | - |
| Sulfates | mg/l | - | - | - | - | - | 177 | 176 | 164 | 173 | 172,5 | - | - |

(Source la SEAAL-CNTC)

Tableau N°IV.9: Résultats d'analyses Métaux Lourds : *Source:*(SEAAL-CNTC)

| Paramètres analysés | Unités | E1 | E2 | E3 | E4 | E5 | moyennes | Norme FAO | Observation C/NC |
|---------------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|-----------|------------------|
| Fer | mg/l | <0,05 | <0,05 | <0,05 | 0,088 | 0,062 | 0,06 | 5 | C |
| Manganèse | mg/l | <0,04 | <0,04 | <0,04 | 0,021 | 0,021 | 0,03 | 0,2 | C |
| Zinc | Mg/l | <0,01 | <0,01 | <0,01 | trace | trace | 0,006 | 0,2 | C |
| Cuivre | mg/l | <0,04 | <0,04 | <0,04 | trace | trace | 0,024 | 0,2 | C |
| Chrome | mg/l | <0,05 | <0,05 | <0,05 | Trace | trace | 0,03 | 0,1 | C |
| Cadmium | mg/l | <0,03 | <0,03 | <0,03 | trace | trace | 0,018 | 0,01 | C |
| Plomb | mg/l | <0,10 | <0,10 | <0,10 | Trace | trace | 0,06 | 5 | C |
| Co | mg/l | <0,05 | <0,05 | <0,05 | Trace | trace | 0,03 | 0,05 | C |
| Ni | mg/l | <0,06 | <0,06 | <0,06 | 0,013 | trace | 0,038 | 0,2 | C |

Avec : C: Résultat conforme à la valeur exigée

NC: Résultat non conforme à la valeur exigée

Tableau N°IV.10: Paramètres bactériologiques des eaux usées épurées de la step de beni Messous: (*Source* SEAAL-CNTC)

| Paramètres analysés | Unités | E"1 | E"2 | E"3 | E"4 | E"5 | E"6 | E"7 | Les moyennes | Norme OMS | Observation C/NC |
|---|------------|------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------------|-----------|------------------|
| Germes aérobies mésophiles à 37° | NPP/1m1 | | 1287 | 321 | 438 | 720 | 1060 | 1054 | 813 | - | - |
| Germes aérobies mésophiles à 22° | NPP/1m1 | | 2888 | 1300 | 740 | 1004 | 1356 | 2390 | 1613 | - | - |
| Coliformes totaux | NPP/I | 1610 | 2300 | 2300 | 2200 | 3760 | 4230 | 6940 | 2343 | ≤10.00 | C |
| Coliformes fécaux | NPP/100 ml | 20 | Absence | Absence | Absence | Absence | Absence | 1 | 11 | ≤_1000 | C |
| Streptocoques D | NPP/50m1 | - | Absence | - | - |
| Salmonella | NPP/25m1 | - | Absence | - | - |
| Clostridium.S.R | NPP/20m1 | - | 3 | 3 | 6 | 8 | - | - | 5 | - | - |
| CEufs d'helminthes | NPP/11 | - | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | ≤0,1 | NC |

b. Interprétation des résultats

b.1. Paramètres physico-chimiques:

Les résultats des analyses physico-chimiques des effluents épurés de la STEP de BENI MESSOUS, qui enregistrés au niveau du canal venturi, peuvent être interprétés comme suite :

- Température:

C'est un paramètre important pour un bon fonctionnement des systèmes d'épuration, dans la mesure où il peut influencer d'une manière essentielle sur la concentration de saturation de l'oxygène qui diminue avec l'augmentation de la température de l'eau et l'activité des microorganismes épurateurs.

La température moyenne de l'effluent épuré se situe autour de 25,3°C.

Cela indique que l'eau à la sortie de la station est dans des conditions optimales de Température.

Des températures extrêmes <8°C et >35°C peuvent avoir une influence négative sur la vie des microorganismes, en particulier lors des variations importantes et soudaines.

-pH:

Le pH de l'eau est un indice exprimant l'acidité ou l'alcalinité, dont l'intérêt de la mesure réside dans la détermination de l'agressivité de l'eau vis-à-vis du ciment et des métaux, ainsi que pour la désinfection de l'eau par le chlore.

Les valeurs mesurées du pH pour les échantillons, oscillent entre 7,19 et 8,4 avec une moyenne de 7,53.

Nous constatons que cette moyenne est conforme aux valeurs préconisées par la FAO(1985) qui est de 6,5 — 8,4.

-La salinité:

La connaissance de la concentration moyenne en Na⁺ (148,81 mg/l) dans ces échantillons et à partir des valeurs moyennes de Ca²⁺ et Mg²⁺, qui sont respectivement 124,11 et 30,61 mg/l, nous permet de calculer le ratio d'adsorption du sodium (**SAR**) qui est égale à 3,1. Cette valeur nous permet selon la norme recommandée par la FAO(1985) de classer cette eau comme ayant un degré de restriction à l'usage d'irrigation léger à modéré.

-Conductivité :

La présence des ions confère à l'eau une certaine conductivité électrique, due aux déplacements de ces charges dans l'eau. Donc la conductivité permet de connaître le degré de minéralisation des eaux, elle mesure la concentration des sels ioniques et nous informe sur le degré de salinité de l'eau.

La conductivité d'une eau varie grandement selon le degré d'impureté de cette même eau, ainsi plus la concentration ionique des sels dissous est grande et plus la conductivité est grande. Une conductivité électrique de l'eau supérieure à 1500 $\mu\text{s}/\text{cm}$, reflète une minéralisation excessive.

La conductivité de l'effluent examiné varie entre 1439 et 1514 $\mu\text{s}/\text{cm}$ avec une moyenne de 1475 $\mu\text{s}/\text{cm}$, cela nous permet selon la norme recommandée par la FAO(1985) de classer cette eau comme ayant un degré de restriction à l'usage d'irrigation moyenne.

-Dureté ou hydrométrie**- Titre hydrométrique**

Le titre hydrotimétrique (T.H.), ou dureté de l'eau, est l'indicateur de la minéralisation de l'eau. Elle est surtout due aux ions calcium et magnésium. La dureté s'exprime en ppm (ou mg/l) de CaCO_3 ou en degré français

(Symbole : °F). Une dureté supérieure à 18 F° signifie que l'eau est très dure.

Dans notre cas, les valeurs de nos échantillons analysées varient entre 39,5 et 441,89 mg/l avec une moyenne de 354,35 mg/l équivalent à 35,4 °F. Cela signifie que notre eau est très dure.

- Alcalinité

L'alcalinité d'une eau correspond à la présence des hydrogénocarbonates, carbonates et hydroxydes.

Les valeurs relatives du titre alcalimétrique (TA) et du titre alcalimétrique complet (TAC) permettent de connaître les teneurs de l'eau en bicarbonates, carbonates et bases fortes présentes dans l'eau.

La connaissance de la valeur moyenne en TAC (27,28 F°) dans les échantillons analysés, nous permet de déduire la teneur en HCO₃ qui est égale à 5,56 méq/l. Cette valeur nous permet selon la norme recommandée par la FAO(1985) de classer notre eau comme ayant un degré de restriction à l'usage d'irrigation moyenne.

- Turbidité

La turbidité désigne la teneur d'un liquide en matières qui troublent. Elle est causée par des particules en suspension qui diffusent ou réfléchissent la lumière. En relation avec la mesure des matières en suspension, elle donne une première indication sur la teneur en matières colloïdales d'origine minérale ou organique.

La turbidité résiduelle constitue une gêne pour l'efficacité des traitements de désinfection.

La turbidité recommandée, pour les eaux usées épurées destinées à l'irrigation, par l'USEPA (2004) est 2 NTU.

Les résultats obtenus pour les échantillons analysés oscillent entre 2,99 et 5,54 NTU Avec une moyenne de 3,87 NTU, cette valeur est supérieure à la norme et cela nécessite un traitement approprié de l'eau épurée de la STEP de BENI MESSOUS pour qu'elle soit réutilisée en irrigation.

- Demande biochimique en oxygène (DB05)

La demande biochimique en oxygène représente la quantité d'oxygène nécessaire aux micro-organismes pour décomposer par oxydation les matières organiques contenues dans l'eau. [1]

La mesure de la DBO donne une indication de l'importance des matières polluantes biodégradables.

L'USEPA limite la DBO₅ à moins 10 mg O₂/l pour la réutilisation des EUE en irrigation, les valeurs analysées de ces échantillons varient entre 0 et 25 mg/l avec une moyenne de 14,35 mg/l. Ces valeurs est supérieure à la norme et cela nécessite un traitement approprié de l'eau épurée de la STEP de BENI MESSOUS pour qu'elle soit réutilisée en irrigation.

- Demande chimique en oxygène (DCO)

La demande chimique en oxygène représente la quantité d'oxygène nécessaire pour obtenir une bonne oxydation des matières organiques et minérales présentes dans l'eau.

La mesure de la DCO donne une indication de l'importance des matières polluantes non biodégradables.

Les résultats obtenus pour ces échantillons analysés oscillent entre 30 et 70 mg/l avec une Moyenne de 43,3 mg/l. Ces valeurs reflètent celle d'une eau épurée par boues activées.

Sont conçues pour fournir des effluents moins de 100 mg/l de DCO

- Matières en suspension (MES)

Les matières en suspension se composent des matières organiques et minérales.

Les valeurs de nos échantillons analysés varient entre 2 et 83,75 mg/l avec une moyenne de 23,37 mg/l.

Ces valeurs confirment que notre eau est un peu chargée en matières en suspension et nécessite un traitement approprié

-Les nutriments**-Nitrites**

Les nitrites constituent le stade intermédiaire entre les ions ammonium et les nitrates. Peu stables, on ne les rencontre que lorsqu'il existe un déséquilibre au niveau de l'oxygénation ou de la flore bactérienne.

Les résultats obtenus pour les échantillons analysés montrent que les nitrites se trouvent avec une moyenne de 10,21 mg/l On peut constater que cette moyenne est inférieure à la valeur préconisée par la FAO 992).

- Nitrates

Toutes les formes d'azote (azote organique, ammoniacque, nitrites, etc.) sont susceptibles d'être à l'origine des nitrates par un processus d'oxydation biologique. Dans les eaux naturelles non polluées, le taux de nitrates est très variable suivant la saison et l'origine des eaux ; il peut varier de 1 à 15 mg/l et une concentration de 2 ou 3 mg/l peut être considérée comme normale.

Les valeurs des échantillons analysés varient de 0,11 à 51,24 mg/l avec une moyenne de 19,33 mg/l équivalent à 6,2 méq/l, cela nous permet selon la

norme recommandée par l'OMS de 30 mg/I de classer cette eau comme ayant un degré de restriction à l'usage d'irrigation moyenne.

- Azote total

L'azote total dans les eaux usées urbaines ne présente pas la totalité de l'azote, mais seulement ses formes réduites organiques et ammoniacales (NTK = N organique + N —NH₄). L'azote en générale dans les eaux usées urbaines provient principalement des urines humaines, les sels représentent environ le 1/10 de la quantité totale libérée.

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

La valeur moyenne retenue en azote total est de 7,71 mg/I. On peut constater que cette moyenne est inférieure à la valeur préconisée par la FAO 992) qui est de 40 mg/I.

-Phosphore total

Le phosphore intervient dans la formation de la biomasse bactérienne. Les phosphates font partie des anions facilement fixés par le sol; leur présence naturelle dans les eaux est liée aux caractéristiques des terrains traversés et à la décomposition de la matière organique. Des teneurs supérieures à 0,5 mg/I doivent constituer un indice de pollution de l'eau.

Le phosphore dans l'eau usée après traitement secondaire varie de 6 à 15 mg/I à moins qu'un traitement tertiaire l'élimine. L'évaluation de P dans l'eau usée traitée devrait être réalisée en concomitance avec les analyses de sol pour les conseils de fumure. Source:(3)

Les valeurs retenues en Phosphore total oscillent entre 1 et 22,14 mg/I avec une moyenne de 5,95 mg/I. Ce dernier est inférieur la valeur préconisée par la FAO (1992) qui est de 10 mg/I. Mais Ilya des supérieure à la valeur préconisée par la FAO si pour ca nécessite un traitement approprié

-Potassium

Le potassium contenu dans l'eau usée n'occasionne pas d'effet nuisible sur les plantes ou l'environnement. C'est un macronutriment essentiel qui affecte favorablement la fertilité du sol, le rendement des cultures et leur qualité.

Le potassium est présent dans les effluents secondaires à hauteur de 10 à 30 mg/l. Cette quantité doit être prise en compte pour préparer le programme de fertilisation en fonction des besoins des cultures.

Les valeurs des ces échantillons analysées varient de 8,57 à 16,4 mg/l avec une moyenne de 14,6 mg/l. Ce dernier est inférieur la valeur préconisée par la FAO (1992) qui est de 30 mg/l.

- Chlorures

Les teneurs en chlorures des eaux sont extrêmement variées et liées principalement à la nature des terrains traversés. Les chlorures sont susceptibles d'amener une corrosion dans les canalisations et les réservoirs, en particulier pour les éléments inoxydables, pour lesquels les risques s'accroissent à partir de 50 mg/l. pour l'usage agricole, les teneurs élevées en chlorures peuvent limiter certaines cultures.

En concentration élevée, les chlorures peuvent même corroder l'acier inoxydable et sont très dangereux pour la végétation Source:(FAO1985 water quality for agriculture)

La concentration moyenne en Cl⁻ de ces échantillons analysés est de 193,64 mg/l (5,46 méq/l). Cette valeur nous permet de classer notre eau comme ayant un degré de restriction à l'usage d'irrigation limite, selon la norme recommandée par la FAO(1985).

- Sulfates

En agriculture, des concentrations élevées (plusieurs centaines de milligrammes par litre) peuvent poser des problèmes, pour l'irrigation et l'abreuvement. Une teneur supérieure à 480 mg/l rend l'eau impropre à l'agriculture.

Dans notre cas, la valeur moyenne de ces échantillons analysés est de l'ordre de 172,5 mg/l.

Metallux lourds

Les metallux lourds sont toxiques, d'une part pour le milieu naturel où ils peuvent être bio accumulés le long de la chaîne alimentaire et d'autre part pour les processus d'épuration biologiques. C'est ainsi qu'il est nécessaire de procéder aux analyses chimiques des eaux afin de déterminer la présence de ces Metallux provenant essentiellement des rejets industrielles. Source(OMC)

Dans notre cas, les concentrations enregistrées sur les metallux lourds (Cr, Cu, Ni, Pb, Cd, Zn, Fe, Mn, Co) de l'effluent examiné restent largement inférieures aux valeurs maximales applicables pour les eaux destinées à l'irrigation, si l'on se réfère aux limites recommandées par la FAO(1985).

-Paramètres bactériologiques

L'analyse microbiologique dans les eaux permet d'apprécier le risque dû à des micro-organismes pathogène (bactérie, virus, protozoaire). susceptible d'être trouve dans les eaux utilisées par l'homme, et de ce fait, de provoquer des maladies.

En cas de risque jugé inacceptable pour une situation donnée, l'utilisation agricole d'une eau devrait être interdite.

Dans divers textes réglementaires, il existe des interdictions exige que l'eau réutilisée ne doit pas contenir de micro-organismes pathogènes, l'OMS se borne à la spécification de critères microbiologiques ; une eau destinée à l'irrigation ne doit pas contenir plus de 0,1 Œuf d'helminthe par litre, 1000 coliformes fécaux par 100 ml et 10.000 coliformes totaux par litre.

c- Les résultats d'analyses des échantillons montrent :

. L'absence des agents pathogène (Salmonella et Streptocoques).

La présence des coliformes totaux dont le nombre varie entre 1610 et 6940 NPP/l,

cette valeur est inférieure à la norme préconisée par l'OMS (2000).

. La présence des coliformes fécaux dont le nombre varie de 1 à 20 NPP/100 ml, cette valeur est inférieure à la norme préconisée par l'OMS (2000).

. La présence de Clostridium sulfito-réducteurs dont le nombre varie de 3 à 8 NPP/20 ml, ainsi que la présence de germes aérobie dont le nombre oscille entre 321 et 2390 NPP/1.

. La présence des œufs d'helminthes, soit 1 œuf/1, cette valeur est supérieure à la norme fixée par l'OMS (2000).

L'absence des agents pathogènes et des valeurs conforme aux normes de l'OMS pour les coliformes fécaux et totaux, permet de classer notre eau de bonne qualité microbiologique.

Conclusion sur les résultats d'analyses obtenus :

Les valeurs obtenues pour les eaux usées épurées de la STEP de BENI MESSOUS, montrent une conformité aux normes de tous les paramètres physico-chimiques exceptés pour les MES et la DBO et le phosphore avec des valeurs légèrement supérieures à la norme.

Pour les analyses microbiologiques, les valeurs obtenues montrent l'absence de germes pathogènes et des valeurs conformes pour les autres germes.

Pour ce qui est de la parasitologie, les œufs d'helminthes ont été retrouvés, ces derniers peuvent avoir des conséquences néfastes sur la santé publique et de ce fait un Traitement tertiaire s'impose.

En fin le rendement de décontamination de La STEP de BENI MESSOUS n'est pas suffisant pour assurer le respect des valeurs limites de la catégorie A de qualité hygiénique recommandée par l'OMS. Pour ce qui est de la qualité organique, les normes de la FAO sont respectées (Degré de restriction à l'usage en irrigation léger à modéré)

CHAPITRE V

Besoins en eau des plantes

Introduction

La détermination des besoins en eau des plantes cultivées nécessite la connaissance de divers paramètres concernant la plante ainsi que les données climatiques et pédologiques de la région.

- Les données climatiques donneront les indications nécessaires concernant les besoins en eau de la culture ;
- Les paramètres pédologiques permettront d'estimer la réserve en eau utile du sol
- Les données culturales préciseront la réserve en eau facilement utilisable par la plante
- A l'aide des différents résultats obtenus, il sera possible par la suite d'estimer les quantités d'eau d'irrigation nécessaires au bon développement de la plante. Celles-ci seront calculées aux moyens des formules empiriques et l'utilisation de logiciel d'aide au pilotage d'irrigation tel que CROPWAT8.

V.1. HYDROLOGIE

Le présent chapitre a pour but de déterminer les caractéristiques des pluies de fréquences données, qui conditionnent l'étude de notre projet d'aménagement hydro-agricole, tels que : le calcul des besoins des cultures à projetée dans le parc dounya, ainsi que le dimensionnement de réseau de distribution.

V.1.2 Ajustement de la série pluviométrique :

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

- **Ajustement à la loi Normale :**

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

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

Pour notre projet, il sera utile de connaître les variations annuelles de la précipitation pour une période de retour de 5 ans.

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

TABLEAU V-1 : Ajustement à la loi de Gumbel

| | | | | Ajustement à une loi de Gumbel | | | (mode=1.987,39 gradex=7,99 taille=35 et I.C. à 80%) | |
|-------------------------|---------------------|------------------------|----------------------------|--------------------------------------|-------------------------|---------------------|---|---------------------|
| Taille n= | 35 | Xo= | 1987,39 | | | | | |
| | | g= | 7,99 | | I.C. à (en%)= | 80 | U Gauss= | 1,2817 |
| Valeurs de départ | Valeurs classées | Ordre de classement | Fréquence expérimentale | Variable réduite | Valeur expérimentale | Valeur théorique | Borne inférieure | Borne supérieure |
| 1975 | 34,8 | 1 | 0,014 | -1,447 | 34,8316667 | 1975,826 | 1971,95 | 1978,513 |
| 1976 | 39,8 | 2 | 0,043 | -1,147 | 39,8166667 | 1978,218 | 1974,91 | 1980,597 |
| 1977 | 45,1 | 3 | 0,071 | -0,970 | 45,1166667 | 1979,632 | 1976,64 | 1981,855 |
| 1978 | 59,8 | 4 | 0,100 | -0,834 | 59,7833333 | 1980,722 | 1977,95 | 1982,841 |
| 1979 | 336,6 | 5 | 0,129 | -0,718 | 336,6 | 1981,646 | 1979,05 | 1983,691 |
| 1980 | 412,5 | 6 | 0,157 | -0,616 | 412,5 | 1982,469 | 1980,02 | 1984,461 |
| 1981 | 425,6 | 7 | 0,186 | -0,521 | 425,6 | 1983,225 | 1980,89 | 1985,181 |
| 1982 | 476,9 | 8 | 0,214 | -0,432 | 476,9 | 1983,935 | 1981,7 | 1985,868 |
| 1983 | 477,3 | 9 | 0,243 | -0,347 | 477,3 | 1984,612 | 1982,46 | 1986,536 |
| 1984 | 478,6 | 10 | 0,271 | -0,265 | 478,6 | 1985,266 | 1983,18 | 1987,192 |
| 1985 | 491,3 | 11 | 0,300 | -0,186 | 491,3 | 1985,905 | 1983,88 | 1987,844 |
| 1986 | 492 | 12 | 0,329 | -0,107 | 492 | 1986,533 | 1984,55 | 1988,496 |
| 1987 | 495,1 | 13 | 0,357 | -0,029 | 495,1 | 1987,155 | 1985,21 | 1989,154 |
| 1988 | 496,5 | 14 | 0,386 | 0,048 | 496,5 | 1987,776 | 1985,85 | 1989,822 |
| 1989 | 551,4 | 15 | 0,414 | 0,126 | 551,4 | 1988,399 | 1986,48 | 1990,503 |
| 1990 | 555,6 | 16 | 0,443 | 0,205 | 555,6 | 1989,028 | 1987,11 | 1991,202 |
| 1991 | 559,2 | 17 | 0,471 | 0,285 | 559,2 | 1989,666 | 1987,74 | 1991,921 |
| 1992 | 559,7 | 18 | 0,500 | 0,367 | 559,7 | 1990,318 | 1988,36 | 1992,665 |
| 1993 | 570,3 | 19 | 0,529 | 0,450 | 570,3 | 1990,986 | 1989 | 1993,438 |
| 1994 | 584,6 | 20 | 0,557 | 0,536 | 584,6 | 1991,674 | 1989,65 | 1994,245 |
| 1995 | 604,7 | 21 | 0,586 | 0,626 | 604,7 | 1992,389 | 1990,31 | 1995,091 |
| 1996 | 612,9 | 22 | 0,614 | 0,719 | 612,9 | 1993,134 | 1990,99 | 1995,982 |
| 1997 | 615,2 | 23 | 0,643 | 0,817 | 615,2 | 1993,917 | 1991,69 | 1996,927 |

| | | | | | | | | |
|------|-------|----|-------|-------|-------|----------|---------|----------|
| 1998 | 625,2 | 24 | 0,671 | 0,920 | 625,2 | 1994,745 | 1992,43 | 1997,935 |
| 1999 | 629,8 | 25 | 0,700 | 1,031 | 629,8 | 1995,628 | 1993,21 | 1999,018 |
| 2000 | 630,7 | 26 | 0,729 | 1,150 | 630,7 | 1996,579 | 1994,04 | 2000,192 |
| 2001 | 682,5 | 27 | 0,757 | 1,279 | 682,5 | 1997,614 | 1994,94 | 2001,478 |
| 2002 | 687,8 | 28 | 0,786 | 1,422 | 687,8 | 1998,756 | 1995,92 | 2002,905 |
| 2003 | 698,4 | 29 | 0,814 | 1,583 | 698,4 | 2000,037 | 1997,01 | 2004,514 |
| 2004 | 706,1 | 30 | 0,843 | 1,766 | 706,1 | 2001,506 | 1998,26 | 2006,366 |
| 2005 | 734,1 | 31 | 0,871 | 1,983 | 734,1 | 2003,24 | 1999,72 | 2008,563 |
| 2006 | 752,3 | 32 | 0,900 | 2,250 | 752,3 | 2005,375 | 2001,51 | 2011,278 |
| 2007 | 756,1 | 33 | 0,929 | 2,602 | 756,1 | 2008,187 | 2003,85 | 2014,867 |
| 2008 | 788,3 | 34 | 0,957 | 3,128 | 788,3 | 2012,39 | 2007,33 | 2020,251 |
| 2009 | 803,6 | 35 | 0,986 | 4,241 | 803,6 | 2021,287 | 2014,65 | 2031,691 |

| Fréquence | U.Gumbel | Val.théo. | Borne inf. | Borne sup. | Valeur | Fréq. théo. | Pér. Ret. |
|-----------|----------|-----------|------------|------------|----------|-------------|-----------|
| 0,8 | 1,500 | 1999,377 | 1996,452 | 2003,683 | 1999,377 | 0,80 | 5,00 |
| 0,2 | -0,476 | 1983,585 | 1981,302 | 1985,528 | 1983,585 | 0,20 | 1,25 |
| 0,5 | 0,367 | 1990,318 | 1988,365 | 1992,665 | 1990,318 | 0,50 | 2,00 |

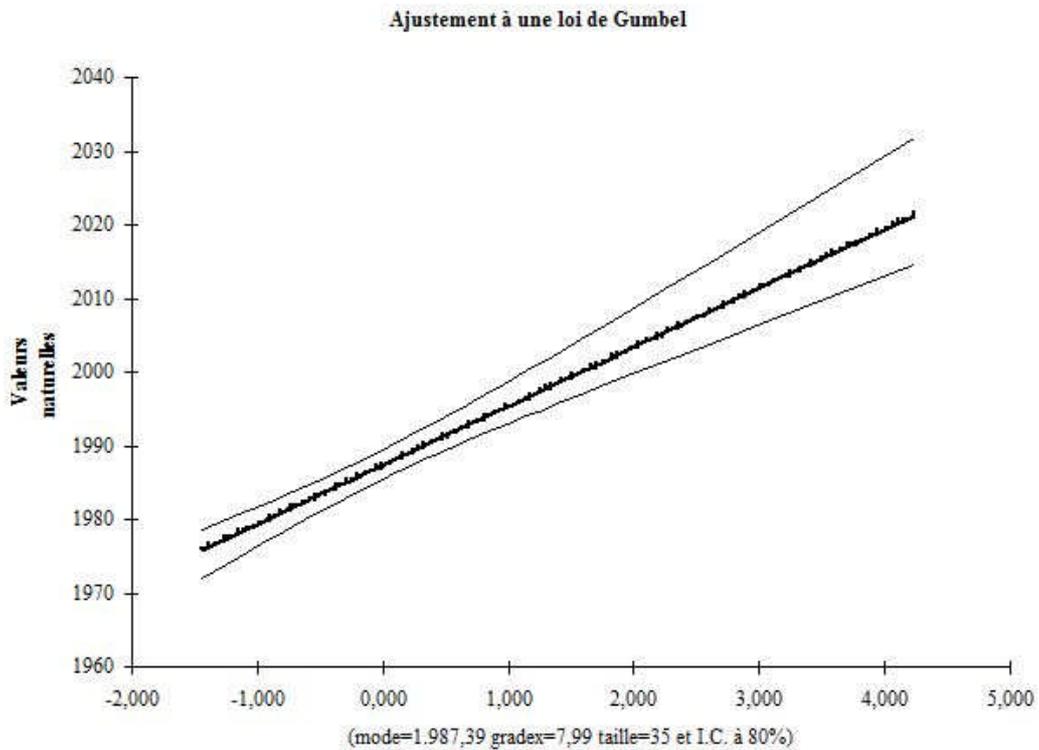


Figure V-1 ajustement a une loi de Gumbel

V.1.3. Détermination de l'année de calcul :

Détermination de l'année de calcul à pour but de connaître la quantité de pluie qui peut être utilisée par la plante; elle est une fraction de la pluie efficace (pluie de probabilité 80%), (de l'année de calcul de P80%)

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

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

$$P_{\text{théorique } 80\% \text{ annuelle}} = 1999.377 \text{ mm}$$

$$P_{\text{théorique } 50\% \text{ annuelle}} = 1990.318 \text{ mm}$$

P_{moy} De chaque mois sont données par le tableau suivant:

$$P_{\text{moy mensuelle de } 80\%} = \frac{P_{\text{théorique}}}{P_{\text{moy annuelle}}} \cdot P_{\text{moy mensuelle}}$$

Nous avons les résultats de calcul donnés par le tableau suivant :

Tableau V-2:L'Année de calcul.

| Mois | Jan | Fev | Mars | Avril | Mai | Juin | Juil | Août | Sep | Oct. | Nov | Dec | Année |
|----------|------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|-------|-------|--------|-----|--------|
| P80%(mm) | 81.5 | 62.58 | 52.98 | 47.71 | 37.78 | 5.13 | 3.01 | 7.34 | 31.73 | 57.39 | 101.99 | 95 | 584.16 |

V.2.1. Calcul de l'évapotranspiration (ETP) :

L'estimation des besoins en eau des plantes est selon l'espèce, liée à de nombreux facteurs climatiques : pluviométrie, température, hygrométrie, vent, etc. ...

L'évapotranspiration (ETP) met en relation ces facteurs. Les méthodes sont nombreuses et sont établies suivant les régions (bulletins FAO d'irrigation et de drainage « les besoins en eau des cultures »)

Dans le cas du parc Dounya, situé dans une zone sub-humide, on estimera l'ETP par la méthode de Penman&Monteith.

Les paramètres pris en considération dans le calcul de l'ETP sont relatifs aux données de la station de Maalma pour la pluviométrie (distribution mensuelle en corrélation avec la précipitation moyenne annuelle de la zone d'étude) et la température ; le pourcentage de la durée d'éclairement et la radiation maximale suivant la latitude de la zone d'étude et aux données de la station de Maalma pour la nébulosité et l'humidité relative.

V.2.2. Méthode de Penman&Monteith modifiée :

En Angleterre, précisément en **1948**, Penman&Monteith a proposé une étude théorique de l'évapotranspiration en reliant inséparablement l'énergie solaire incidente. Cette formule est limitée ou bien incomplète, du fait que cette dernière ne prend pas en considération l'effet de quelques paramètres météorologiques.

Les expériences ont montré que la formule telle qu'elle est, s'applique mieux dans les régions humides, non loin de l'océan et essentiellement recouverte de végétation, que dans les zones arides ou semi-arides de faible humidité.

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

L'expérience a montré que l'expression obtenue, prédit de près, l'évapotranspiration de référence, non seulement dans des régions humides et

fraîches comme en Angleterre, mais aussi dans des zones très chaude et semi-aride. La formule de Penman&Monteith, modifiée, se présentant comme suite :

$$ET_0 = C * [W * Rn + (1 - W) * F(u) * (ea - ed)]$$

Où :

ET_0 : Représente l'évapotranspiration de référence, exprimées en mm/jour.

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

Rn : Rayonnement net en évaporation équivalente, exprimé en mm/jour.

$F(u)$: Fonction liée au vent.

ea : Tension de vapeur saturante à la température moyenne de l'air, en millibars.

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

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

Le calcul de l'évapotranspiration de référence est réalisé à l'aide de logiciel d'aide au pilotage d'irrigation CROPWAT8, fondé sur la méthode de Penman&Monteith, modifiée et recommandée par la consultation des experts de la FAO tenue à Rome en Mai 1990. [7]

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

*Température : Les températures moyennes sont données en degré Celsius.

*Humidité de l'air : L'humidité relative de l'air exprimé en pourcentage de

(10 à 100).

*Insolation journalière : L'insolation journalière donnée en heures d'insolation de (1 à 20).

*Vitesse de vent. : La vitesse du vent peut être introduite en m/sec de (0 à 10).

Dans le tableau V.6, nous représentons l'évapotranspiration de référence ET_0 , calculée à l'aide du logiciel CROPWAT, selon la formule de Penman&Monteith, modifiée

Tableau V.3: Evapotranspiration de référence de la zone de projet selon Penman&Monteith

| Mois | Température °c | Humidité % | Vitesse du vent m/s | Insolation heures | Radiation Mj/m2 | ETO mm/jour |
|-----------|-------------------|---------------|------------------------|----------------------|--------------------|----------------|
| Janvie | 10.82 | 75.25 | 1.74 | 6.04 | 9.7 | 1.4 |
| février | 10.72 | 73.4 | 2.35 | 6.57 | 12.5 | 2.01 |
| Mars | 13.37 | 73.65 | 2.81 | 7.22 | 16.2 | 2.81 |
| avril | 15.34 | 75.75 | 2.52 | 7.4 | 19.0 | 3.31 |
| Mai | 18.93 | 69.1 | 2.51 | 8.31 | 21.9 | 4.29 |
| juin | 22.84 | 66.75 | 2.74 | 10.3 | 25.2 | 5.47 |
| Juillet | 24.75 | 65.65 | 2.68 | 7.25 | 20.5 | 5.28 |
| Aout | 26.34 | 66 | 2.39 | 9.85 | 22.8 | 5.54 |
| Septembre | 23.43 | 67.15 | 2.3 | 7.55 | 17.4 | 4.23 |
| Octobre | 20.26 | 75.3 | 1.76 | 6.56 | 13.2 | 2.74 |
| Novembre | 14.91 | 79.3 | 2.17 | 6.07 | 10.2 | 1.84 |
| Décembre | 11.18 | 80.1 | 2.05 | 5.13 | 8.3 | 1.3 |
| moyenne | 17.75 | 72 | 2.3 | 7.3 | 16.4 | 3.35 |

(Source CROPWAT)

Le tableau indique une valeur d' ET^o maximale de 5,54 mm/j en mois de Aout et une valeur minimale de 1.3 mm/j en mois de décembre

V.3.Calcul de la pluie efficace :

Pour tenir compte des pertes, le programme Cropwat.8, nous permettra de calculer la précipitation efficace, définie comme étant la fraction des précipitations contribuant effectivement à la satisfaction des besoins de l'évapotranspiration de la culture après déduction des pertes par ruissellement de surface, par percolation en profondeur, etc.

Il est difficile d'évaluer les pluies efficaces sans avoir recours à des mesures effectuées pendant de longues périodes, en différents endroits.

Par conséquent, en l'absence de telles données, nous utiliseront couramment des méthodes expérimentales, cas de la méthode proposée et recommandée par l'United States Département of Agriculture-Soil Conservation Service. (U.S.D.A-S.C.S), basée sur les formules suivant, adaptée pour notre projet.

- $P_{\text{eff}} = P_{\text{Tot}}(1 - (0.2 \times P_{P\%} / 125))$ Pour $P_{P\%} < 250\text{mm}$.
- $P_{\text{eff}} = 125 + (0.1 \times P_{P\%})$ Pour $P_{P\%} > 250\text{mm}$.

P_{eff} : Pluie annuelle efficace en (mm/mois).

$P_{P\%}$: Pluie annuelle de probabilité de dépassement de 80%, en (mm).

Les valeurs de précipitations de probabilité de dépassement 80% ($P_{80\%}$) et la pluie efficace (P_{eff}) sont regroupées dans le tableau ci-après

Tableau V-4 : Les précipitations efficaces dans les zones de projet

| Mois | Précipitation mm80% | P _{eff.} mm |
|--------------|------------------------|-------------------------|
| Janvier | 73.56 | 34.8 |
| Février | 54.27 | 22.6 |
| Mars | 45.47 | 17.3 |
| Avril | 48.66 | 19.2 |
| Mai | 29.15 | 7.5 |
| Juin | 5.8 | 0 |
| Juillet | 4.5 | 0 |
| Aout | 9.5 | 0 |
| Septembre | 26.99 | 6.2 |
| Octobre | 51.12 | 20.7 |
| Novembre | 89.37 | 47.5 |
| Décembre | 77.80 | 38.2 |
| Total | 516.19 | 214.0 |

(Source CROPWAT)

Les valeurs représentées dans le tableau ci dessus sont obtenues à partir des chiffres du tableau N°I Chapitre I on utilisant le logiciel CROPWAT8 il indique une pluviométrie efficace en période sèche entre 19.2 mm en mois d'avril et 20.7 mm en mois d'octobre ; avec une moyenne mensuelle durant la période sèche de 17.83mm.

V.4 Calcul de la réserve utile et la réserve facilement utilisable dans le sol

$$RU = (H_{cc} - H_{pf}) \times d_a \times P$$

Tel que :

H_{cc} (%) : humidité pondérale à la capacité au champ (pF2.5)

H_{pf} (%) : humidité pondérale au point de flétrissement (pF4, 5)

d_a : densité apparente du sol

P : profondeur du sol à humidifier

Tableau V.5 : densité apparente de l'ensemble de type de sol en fonction de la texture

| Texture | Densité apparente |
|------------------|-------------------|
| Sable | 1,65 |
| Limon-sableux | 1,50 |
| Limon | 1,40 |
| Limon-argileux | 1,35 |
| Argile-limoneuse | 1,30 |
| Argile | 1,25 |

(Source : FAO, 1976)

Pour l'obtention d'une valeur représentative de la densité apparente de l'ensemble des profils traités lors de l'étude pédologique on exploite les données fournies par la FAO et qui sont indiqués dans le tableau V.5.

Tableau V.6 : Représentation de la texture et l'humidité pondérales à pf2,5 et pf4,2 des profils échantillonné et analysés

| Profils | Texture | | | Horizon | | | | | |
|----------------|---|-----|-----|---------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | H1 | H2 | H3 | H1 | | H2 | | H3 | |
| | | | | Pf 2,5 | Pf 4,2 | Pf 2,5 | Pf 4,2 | Pf 2,5 | Pf 4,2 |
| P1 | SA | A | AL | 24,6 | 14,3 | 29,7 | 18,6 | 22,9 | 13,1 |
| P2 | SA | SA | - | 6,3 | 3,8 | 6,3 | 3,9 | | |
| P3 | S | S | - | 5,6 | 3,6 | 3,7 | 2,4 | | |
| P4 | S | LS | - | 4,2 | 2,9 | 2,4 | 1,7 | | |
| P5 | LS | LS | S | 7,1 | 5,2 | 2,5 | 1,7 | | |
| P6 | LS | LS | - | 7,8 | 4,7 | 8,6 | 5,1 | | |
| P7 | S | - | - | 4 | 3,1 | | | | |
| P8 | S | S | - | 3,2 | 2,4 | 2,9 | 2,0 | | |
| P9 | SL | L | SL | 10,6 | 5,4 | 11,7 | 6,1 | 20,0 | 13,6 |
| P10 | LS | LAS | LS | 11,2 | 5,7 | 18,2 | 10,1 | 16,8 | 8,9 |
| P11 | S | S | - | 4,2 | 2,6 | 3,8 | 2,2 | | |
| P12 | SL | SL | - | 5,1 | 2,8 | 8,6 | 4,8 | | |
| P13 | SL | LS | - | 6,8 | 4,6 | 12,3 | 8,1 | | |
| P14 | LS | LAS | - | 14,8 | 8 | 13,6 | 8 | | |
| P15 | LS | LS | - | 8,7 | 4,4 | 11 | 5,5 | | |
| P16 | LAS | LAS | LAS | 13,6 | 7,3 | 14,9 | 8,6 | 20,4 | 12,1 |
| P17 | LAS | AS | | 20,5 | 7,24 | 9,6 | 7,40 | | |
| P18 | LS | S | - | 10,9 | 5,3 | 5,1 | 2,7 | | |
| P19 | SL | SL | - | 6,5 | 3,1 | 5,4 | 2,0 | | |
| P20 | S | S | - | 6,1 | 9 | | | | |
| P21 | A | A | AL | 30 | 19,4 | 31,4 | 19,2 | 24,8 | 16,1 |
| P22 | A | A | A | 29,7 | 17,3 | 29,40 | 17,70 | 19 | 11,2 |
| P23 | SL | SL | - | 16,8 | 7,7 | 9,8 | 5,3 | - | - |
| P24 | S | S | SA | 7,9 | 3,3 | 8,1 | 3,9 | 7,8 | 3,2 |
| Moyenne | <i>La texture représentative des profils est limoneuse à limono-sableuse.</i> | | | 11,09 | 6,38 | 11,31 | 6,68 | 18,78 | 11,17 |

(Source ANRH Alger)

Avec :

H : Horizon

L : limon

S : sable

A : argile

P : profile

- D'après les échantillons décrit et analysés dans l'étude pédologique la tendance de la texture des sols de la région est limoneuse à limon-sableux et d'après le tableau N.V.6 qui représente les valeurs de la densité apparente ; on peut extraire une valeur de *da* intermédiaire entre les deux textures.

$$d_a = d_{a1} + d_{a2} / 2$$

d_a : densité apparente représentative de l'ensembles des profils étudiés

d_{a1} : densité apparente d'un sol a texture limoneuse (Tableau V.5)

d_{a2} : densité apparente d'un sol a texture limono-sableuse. (Tableau V.5)

$$d_a = 1,40 + 1,50 / 2$$

$$d_a = 1,45$$

- L'humidité pondérale d'après le tableau V.6 à la capacité au champ moyenne entre les deux premiers horizons est de 11,2 %.
- L'humidité pondérale d'après le tableau V.6 au point de flétrissement moyenne entre les deux premiers horizons est de 6,53 %.

V.5.Estimation des besoins en eau d'irrigation pour la végétation basse parc Dounya.

$$RU = (H_{cc} - H_{pf}) \times d_a \times P$$

$$RU = (0,11 - 0,06) \times 1,45 \times 450$$

$$RU = 32,62 \text{ mm}$$

$$RFU = a * RU$$

Et RFU : réserve facilement utilisable : est fonction de la texture du sol

Pour un sol sableux $a = 1/2$

Pour un sol Argileux $a = 2/3$

Comme les sols en tendance à la texture sableuse que argileuse on prend le

Coefficient $1/2$

$$RFU = 1/2 \times 32,62 = 16,31 \text{ mm}$$

ET_0 moyenne pour la période sèche est de 4,9mm/j (tableau V.3) D'une culture

De référence (gazon)

D'où les besoins en eau net B_n par mois (un mois de 31 jours) pour une végétation basse est :

$$Bn \text{ d'irrigation / mois} = ET_0 - P_{eff} - RFU$$

ET_0 = évapotranspiration de référence moyenne pour la période sèche

P_{eff} = pluviométrie effective moyenne durant la période sèche

$$Bn = 151.9 - 7.65 - 16,31 = 127.04 \text{ mm}$$

Les besoins net en eau d'irrigation durant la période sèche est de

$$\begin{aligned} Bn \text{ d'irrigation} &= 127.04 \times 10 \times 7 \\ &= 8892.8 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{an} \end{aligned}$$

V.6. Bilan hydrique

L'irrigation doit combler la différence entre l'eau consommée par les cultures (ET_0) et la pluviométrie utilisable par les plantes (pluie efficace).

Les besoins en eau d'irrigation seront de :

$$B = ET_0 - (\text{Pluie efficace} + RFU)$$

L'irrigation n'est par conséquent pas nécessaire si $P_{eff} + RFU > ET_0$.

Conclusion

L'irrigation du parc dounya a un cachet complémentaire du fait que les précipitations ne couvrent qu'une partie des besoins en eau des cultures. Ce déficit est dû essentiellement à l'évapotranspiration des cultures, nettement supérieure à la pluviométrie moyenne annuelle de la région, estimée à 516.19mm. Cette dernière couvrirait relativement dans une large mesure, les besoins des plantes dans des périodes bien précises

Le parc de loisir Dounya s'étale sur une surface totale d'espace vert de 600 ha, nous estimons les besoins en eau d'irrigation pour le parc Dounya de 8 Hm³/an.

CHAPITRE VI

**Etude pédologique de la zone
d'étude**

Introduction :

La zone étudiée (parc dounya) renferme une grande variété de sols. Les facteurs de formation des sols sont nombreux : le climat, la roche mère, la géologie, la géomorphologie, la topographie et le facteur humain. Ces facteurs suivant leur importance, orientent les processus pédogénétiques et régissent la distribution des sols dans le paysage. Dissocier l'étude des sols considérés comme simple matériau, de celle des facteurs de l'environnement qui conditionnent la dynamique de ses éléments constitutifs est une erreur grossière. [11]

Les processus pédologiques (vertisme et hydromorphie) sont beaucoup importants. Ils résultent des propriétés défavorables. L'hydromorphie apparaît sous forme de concrétions ferro-manganiques dans les sols, quand au vertisme, il apparaît sous forme de structure élargie à faces luisantes et de larges fentes de retrait.

VI.1 Répartition des sols :

Parc Dounia renferme une variété de sols, ces sols se répartissent en 03 classes :

- Les sols peu évolués
- Les Vertisols
- Les sols calcimagnésiques

Les sols les plus représentatifs sur le plan de la superficie sont les sols peu évolués qui occupent une surface de 267,47 ha. Les moins représentatifs sont les Vertisols avec 136,25 ha.

Les teneurs des horizons supérieurs de certains sols peu évolués sont élevées 17 — 25 %. Les deux horizons des sols bruns calcaires sont peu carbonatés dans leur partie supérieure et l'accumulation du calcaire en profondeur au niveau des marnes est brutale. Les sols récents d'origine alluviale et colluviale ont des teneurs assez faibles inférieures à 2 %. [11]

VI.2 Calcaire actif:

Les taux les plus élevés sont enregistrés dans le profil N°3 (11,43 %). Les valeurs les plus fréquentes se situent entre 2.5 et 9 %, mais les analyses ne concernent que

les échantillons dont le taux de calcaire total dépasse 10 %.

Pour des teneurs faibles et moyennes < à 20 % de calcaire total, le calcaire actif représente 60 à 70 % du total. Pour les teneurs élevées, le pourcentage du calcaire actif diminue pour n'atteindre que 25 à 30 % du total. [11]

VI.3.PH :

Les valeurs du pH sont comprises entre 6,47 et 7,84, fréquemment de l'ordre de 7,5. Les sols sont légèrement acides à basiques dans les différents types de sol.

VI.1.1 Les sols peu évolués :

1. Caractères morphologiques :

Ce sont des sols ayant des profils de type NC, formé d'un horizon humifère reposant sur un matériau fragmenté mais peu altéré. Les sols n'ont pas subi une évolution pédologique bien marquée à cause de dépôts rajeunissants continuellement la partie supérieure du profil ou de l'érosion qui décape au fur et à mesure sur les pentes, la couche supérieure plus altérée et plus riche en humus. Selon le mode d'apport au sein de ces sols de la sous-classe non climatique, on distingue un seul groupe :

- Sols d'apports alluviaux

* Sous-groupe : Modal

* Sous-groupe : Hydro morphe

1. A Sous-groupe : Modal :

Les sols peu évolués d'apports alluviaux modaux sont peu représentés (52,76 ha) Ils sont situés essentiellement près de l'autoroute qui relie Alger à la côte ouest Algéroise. Leur position à drainage naturel bon, leur permet de rester sains.

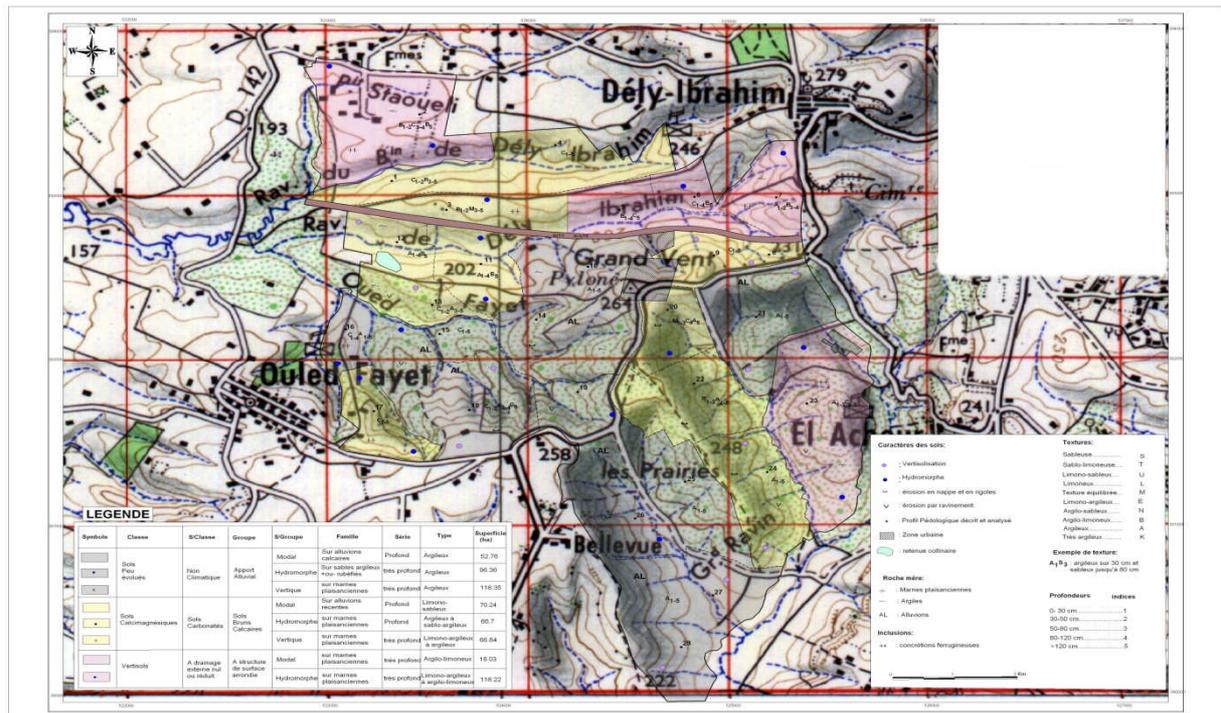


Figure VI.1. carte Pédologique

Tableau VI.1 : résultats du profil de sol N°.1

| Profondeur en cm | 0 -53 | 53 - 113 | 113-175 |
|----------------------------|-------|----------|---------|
| Déterminations | | | |
| Granulométrie | | | |
| A % | 54 | 54 | 51 |
| Lf % | 27 | 30 | 23 |
| Lg % | 08 | 06 | 18 |
| Sf % | 02 | 02 | 01 |
| Sg % | 03 | 03 | 02 |
| Matières Organiques | | | |
| M.O % | 2,08 | 1,50 | 0,93 |
| C % | 1,21 | 0,87 | 0,54 |
| N % | 0,14 | 0,10 | 0,088 |
| C/N | 8,64 | 8,7 | 6,20 |
| Réserves Minérales | | | |
| Caco3 Total % | 18,72 | 18,72 | 19,11 |
| | 11,18 | 11,30 | 11,05 |
| P2o5 Total % | 0,13 | 0,13 | 0,15 |
| P205 Assim (P.P.M) | 5,27 | 1,37 | 1,92 |
| K20 Total % | 0,15 | 0,12 | 0,12 |
| K20 Assim Mg/100g | 45 | 33 | 27 |
| Solution du sol | | | |
| PH | 7,70 | 7,78 | 7,74 |
| Conductivité mmhos/cm | 0,96 | 0,67 | 2,22 |

(Source ANRH Alger)

- Interprétations des résultats analytiques des sols :

Ces sols sont très riches en argiles 54 % en surface et 51 % en profondeur. Ils sont peu pourvus en matières organiques jusqu'à 113 cm, en azote 0,14 %, faible en P205. Leur pH est faiblement alcalin (7,70 - 7,78).

Les sols peu évolués modaux sont intéressants du point de vue profondeur, car le système racinaire peut exploiter un volume de sols assez important.

Ils possèdent certaines contraintes à la mise en valeur. Certains profils présentent des horizons non structurés, par contre d'autres possèdent un début de structure.

Les sols peu évolués alluviaux sont généralement fertiles en raison de leur richesse en minéraux en cours d'altération et malgré l'absence d'horizon structural, ils sont bien alimentés en eau sans être asphyxiant.

1. B Sous-groupe : Hydromorphe :

Les sols peu évolués hydromorphes occupent une superficie de 96,36 ha.

On les rencontre à l'Ouest d'El Achour, dans le domaine BOUDJEMA Khallil ainsi qu'au Nord-est d'Ouled Fayet.

Tableau VI.2: résultats du profil de sol N°.2

| Profondeur en cm | 0 -55 | 55 - 96 | 96-130 |
|----------------------------------|--------------|----------------|---------------|
| Déterminations | | | |
| Granulométrie | | | |
| A % | 53 | 54 | 55 |
| Lf % | 26 | 25 | 24 |
| Lg % | 06 | 07 | 07 |
| Sf % | 06 | 05 | 02 |
| Sg % | 04 | 04 | 07 |
| Matières Organiques | | | |
| M.O % | 1,87 | 1,81 | 1,39 |
| C % | 1,09 | 1,05 | 0,81 |
| N % | 0,10 | 0,10 | 0,076 |
| C/N | 10,9 | 10,5 | 10,65 |
| Réserves Minérales | | | |
| Caco3 Total % | 14,04 | 14,04 | 14,24 |
| Caco3 Actif % | 10,54 | 10,29 | 9,65 |
| P2o5 Total % | 0,11 | 0,11 | 0,10 |
| P205 Assim (P.P.M) | 9,21 | 0,70 | 0,84 |
| K20 Total % | 0,10 | 0,10 | 0,10 |
| K20 Assim Mg/100g | 26 | 26 | 21 |
| Solution du sol | | | |
| PH | 7,60 | 7,66 | 7,64 |
| Conductivité Electrique mmhos/cm | 1,09 | 0,85 | 1,59 |

(Source ANRH alger)

- **Interprétations des résultats analytiques des sols :**

La texture du sol est très fine. Le taux d'argile dépasse les 50 %, ce qui se traduit par une structure élargie prismatique.

Le taux de matières organiques décroît progressivement de la surface du sol jusqu'en profondeur (1,87 - 1,39 %).

Le rapport C/N est constant le long du profil (C/N = 10,5 - 10,9) ce qui prouve que le sol est minéralisé et à une réserve faible en matières organiques. Le sol est moyennement calcaire.

En ce qui concerne les éléments fertilisants, le sol est très pauvre en azote en potassium et en phosphore.

Le sol est faiblement alcalin. La conductivité électrique est faible

VI.1.2 Les sols calcimagnésiques

1. Caractères morphologiques

Les caractères morphologiques des sols calcimagnésiques sont déterminés par l'importance physico chimiques des ions alcalino terreux.

Leur profil est du type A (B) C. La roche calcaire est la source essentielle des cations alcalino terreux. La pédogenèse des sols calcimagnésiques est liée à la richesse du sol en Ca' et Mg". On distingue une seule sous -classe : les sols carbonatés, qui possède un seul groupe : les sols bruns calcaires qui possèdent à leur tour, trois (03) Sous-groupes : Modal, Vertique et Hydromorphe.

1. A Groupe : Sols Bruns Calcaires

- **Caractères morphologiques**

Les sols bruns calcaires se distinguent des sols peu évolués par certains caractères morphologiques, mieux structurés. Ils présentent sous l'horizon supérieur A, bien structuré, un horizon (B) structural, à structure bien développée.

Les sols bruns calcaires se rencontrent sur une même roche mère : les marnes plaisanciennes. Ils sont représentés par trois (03) sous-groupes : modal, Vertique et Hydromorphe.

1. A.1 Sous-groupe : Modal

Ils sont peu représentés (70,24 ha) et sont situés au niveau du domaine Boudjemaa Khélil.

Tableau VI.3: résultats du profil de sol N°.3

| Profondeur en cm | 0 -50 | 50- 109 | 109-145 |
|--------------------------------------|--------------|----------------|----------------|
| Déterminations | | | |
| Granulométrie | | | |
| A % | 40 | 37 | 36 |
| Lf % | 14 | 15 | 11 |
| Lg % | 09 | 09 | 05 |
| Sf % | 10 | 10 | 03 |
| Sg % | 22 | 24 | 40 |
| Matières Organiques | | | |
| M.O % | 1,22 | 0,53 | 0,29 |
| C % | 0,71 | 0,31 | 0,17 |
| N % | 0,089 | 0,035 | 0,064 |
| C/N | 8,16 | 8,85 | 2,65 |
| Réserves Minérales | | | |
| Caco3 Total % | 0,80 | 2,40 | 0,40 |
| Caco3 Actif % | - | | - |
| P2o5 Total % | 0,050 | 0,026 | 0,033 |
| P205 Assim (P.P.M) | 28,88 | 3,42 | 2,65 |
| K20 Total % | 0,10 | 0,048 | 0,048 |
| K20 Assim Mg/100g | 23 | 11 | 09 |
| S o l u t i o n d u s o l | | | |
| PH | 7,57 | 7,67 | 7,67 |
| Conductivité mmhos/cm | 0,79 | 0,66 | 0,75 |

(Source ANRH Alger)

- **Interprétations des résultats analytiques des sols**

Le sol a une texture argileuse .11 est pauvre en matières organiques (0,29-1,22%). Le rapport C/N varie entre 2,65 et 8,85 (faible à très faible). Les taux de calcaire total et des éléments fertilisants sont faibles. Le pH est légèrement alcalin (7,57 — 7,67). La C.E ne dépasse pas l'unité.

1. A.2 Sous-groupe vertique :

Les sols bruns calcaires vertiques occupent une superficie restreinte (66,84 ha) et se localisent au niveau d'Exploitation Agricole Collective N°01 et au niveau d'Exploitation Agricole Collective N° 09 à l'ouest d'El-Achour. Ils se distinguent des sols modaux par leur texture fine et leur structure élargie.

Tableau VI.4: résultats du profil de sol N°.4

| Profondeur en cm | 0 -48 | 48- 110 | 110-160 |
|----------------------------|--------------|----------------|----------------|
| Déterminations | | | |
| Granulométrie | | | |
| A % | 53 | 56 | 57 |
| Lf % | 28 | 26 | 27 |
| Lg % | 07 | 06 | 05 |
| Sf % | 04 | 04 | 03 |
| Sg % | 03 | 03 | 03 |
| Matières Organiques | | | |
| M.O % | 1,58 | 1,36 | 1,22 |
| C % | 0,92 | 0,79 | 0,71 |
| N % | 0,10 | 0,093 | 0,074 |
| GIN | 9,20 | 8,50 | 9,50 |
| Réserves Minérales | | | |
| Caco3 Total % | 17,55 | 17,94 | 19,50 |
| Caco3 Actif % | 11,18 | 11,30 | 11,43 |
| P2o5 Total % | 0,14 | 0,11 | 0,12 |
| P205 Assim (P.P.M) | 10,31 | 11,76 | 8,16 |
| K20 Total % | 0,13 | 0,086 | 0,085 |
| K20 Assim Mg/100g | 26 | 23 | 23 |
| Solution du sol | | | |
| PH | 7,82 | 7,73 | 7,70 |
| Conductivité mmhos/cm | 1,53 | 1,03 | 2,85 |

(Source ANRH alger)

- **Interprétations des résultats analytiques des sols :**

Les sols sont caractérisés par une texture fine à très fine et une structure vertique. Les teneurs en calcaire actif sont élevées avec des taux qui avoisinent les 12%. La teneur en matière organique est moyenne en surface et faible en profondeur. Le pH est faiblement alcalin. La conductivité électrique est faible, elle varie entre 1,03 et 2,85 mmhos /cm. Les teneurs en éléments fertilisants (azote, potassium et phosphore) sont faibles. Le rapport C/N varie entre 8,50 et 9,50.

1. A.3 Sous-groupe : hydromorphe :

Les sols bruns calcaires hydromorphes sont peu représentés dans la zone étudiée (66,70 ha). Ils sont localisés dans l'Exploitation Agricole Collective (N° 11).

Au milieu du profil du sol, on observe des traces d'hydromorphie temporaire ce qui est lié à une humectation périodique grâce aux eaux superficielles.

Tableau VI.5 : résultats du profil de sol N°.5

| Profondeur en cm | 0 -52 | 52- 114 | 114-180 |
|----------------------------|--------|---------|---------|
| Déterminations | | | |
| Granulométrie | | | |
| A % | 22 | 43 | 45 |
| Lf % | 14 | 16 | 10 |
| Lg "Yo | 12 | 09 | 05 |
| Sf % | 09 | 10 | 08 |
| Sg % | 38 | 17 | 27 |
| Matières Organiques | | | |
| M.O % | 1,60 | 0,55 | 0,33 |
| C % | 0,93 | 0,32 | 0,19 |
| N % | 0,12 | 0,05 | 0,047 |
| C/N | 7,75 | 6,4 | 4,04 |
| Réserves Minérales | | | |
| Caco3 Total % | 0,40 | 0,40 | 0,40 |
| Caco3 Actif % | - | - | - |
| P2o5 Total % | 0,092 | 0,036 | 0,047 |
| P205 Assim (P.P.M) | 165,75 | 0,56 | 3,20 |
| K20 Total % | 0,10 | 0,12 | 0,13 |
| K20 Assim mg/100g | 12 | 21 | 17 |
| Solution du sol | | | |
| pH | 6,73 | 7,14 | 6,50 |
| Conductivité mmhos/cm | 0,79 | 0,69 | 0,98 |

(Source ANRH alger)

- **Interprétations des résultats analytiques des sols :**

La texture du sol est grossière dans le premier horizon et elle est fine dans le deuxième et troisième horizon .Les teneurs en matières organiques sont faibles .Les teneurs en calcaires sont très faibles. Le sol est pauvre à très pauvre en éléments fertilisants (azote, phosphore et potassium).

VI.1.2 Les vertisols :

Les vertisols se forment dans des conditions où il y a sédimentation des particules argileuses à prédominance de colloïdes minéraux de type montmorillonite. Leur genèse

est liée au relief et au micro relief. Ces sols sont formés dans les conditions de drainage faible ou mauvais sur des roches riches en cations alcalino- terreux.

Lors de la prospection pédologique nous avons décrit une seule sous-classe : les vertisols à drainage externe nul ou réduit, appartenant au groupe à structure de surface arrondie.

.2.A Sous-groupe : Modal :

Les vertisols modaux occupent une superficie restreinte de 18,03 ha de la superficie prospectée

Tableau. VI.6 : résultats du profil de sol N°.6

| Profondeur en cm | 0 -48 | 48- 120 | 120-170 |
|----------------------------|--------------|----------------|----------------|
| Déterminations | | | |
| Granulométrie | | | |
| A % | 49 | 46 | 32 |
| Lf % | 29 | 32 | 40 |
| Lg % | 13 | 15 | 21 |
| Sf % | 01 | 00 | 00 |
| Sg % | 03 | 03 | 04 |
| Matières Organiques | | | |
| M.O % | 2,48 | 0,95 | 0,52 |
| C % | 1,44 | 0,55 | 0,30 |
| N % | 0,092 | 0,062 | 0,050 |
| C/N | 15,65 | 8,82 | 06 |
| Réserves Minérales | | | |
| Caco3 Total % | 17,55 | 18,72 | 19,50 |
| Caco3 Actif % | 10,03 | 9,53 | 9,53 |
| P2o5 Total % | 0,17 | 0,17 | 0,17 |
| P205 Assim (P.P.M) | 23,24 | 20,17 | 20,17 |
| K20 Total % | 0,07 | 0,48 | 0,048 |
| K20 Assim mg/100g | 26 | 20 | 20 |
| Solution du sol | | | |
| PH | 7,79 | 7,74 | 7,80 |
| Conductivité mmhos/cm | 1,12 | 3,18 | 6,08 |

(Source ANRH alger)

- **Interprétations des résultats analytiques des sols :**

La texture du sol est fine. La structure est élargie .La teneur en matières organiques est moyenne dans le 1^{er} horizon et faible dans les horizons de profondeur. Les teneurs en calcaires sont moyennes. Les éléments fertilisants (N, P, K) ont des teneurs faibles. Le pH est faiblement alcalin. La conductivité

électrique est faible en surface et élevée

en profondeur (6,08 mmhos/cm) .

2. B Sous-groupe : Hydromorphe :

Les vertisols hydromorphes occupent une superficie importante (118,22 ha). On les rencontre au sud de la briqueterie d'El -Achour. Ils se développent sur marnes plais anciennes.

Tableau : VI.7 : résultats du profil de sol N°.7

| Profondeur en cm | 0 -57 | 57- 120 | 120-170 |
|----------------------------|-------|---------|---------|
| Déterminations | | | |
| Granulométrie | | | |
| A % | 53 | 38 | 40 |
| Lf % | 29 | 46 | 43 |
| Lg % | 08 | 09 | 09 |
| Sf % | 03 | 00 | 01 |
| Sg % | 02 | 02 | 02 |
| Matières Organiques | | | |
| M.O % | 1,22 | 0,71 | 0,55 |
| C % | 0,71 | 0,41 | 0,32 |
| N % | 0,10 | 0,076 | 0,079 |
| C/N | 7,1 | 5,39 | 4,05 |
| Réserves Minérales | | | |
| Caco3 Total % | 17,55 | 16,77 | 18,33 |
| Caco3 Actif % | 10,79 | 10,79 | 10,16 |
| P2o5 Total % | 0,16 | 0,17 | 0,18 |
| P205 Assim (P.P.M) | 8,39 | 2,94 | 3,43 |
| K20 Total % | 0,097 | 0,07 | 0,08 |
| K20 Assim Mg/100g | 30 | 19 | 20 |
| Solution du sol | | | |
| pH | 7,66 | 7,72 | 7,60 |
| Conductivité mrnhos/cm | 1,66 | 8,29 | 10,04 |

(Source ANRH alger)

- **Interprétations des résultats analytiques des sols :**

La texture du sol est très fine. La structure est élargie avec parfois des faces lissées et luisantes. Les teneurs en matières organiques sont faibles. Le rapport C/N varie entre les valeurs 04 et 07 ce qui traduit des sols à faibles réserves en matières organiques. Les taux de calcaires sont moyens. Le pH est faiblement alcalin. La conductivité électrique est élevée en profondeur.

VI.1.3 Propriétés agronomiques des vertisols :

Les vertisols sont en général des sols fertiles. En fait, si la fertilité sur le plan chimique est élevée, les propriétés physiques sont parfois défavorables, en raison de la quantité excessive d'argiles gonflantes, la capacité au champ est certes élevée, mais le point de flétrissement étant également très haut, la quantité d'eau pouvant être mise en réserve dans le sol reste limitée.

En outre, les mouvements vertiques et la fissuration profonde du sol en période sèche ont des effets très défavorables : rupture de radicelles absorbante, dessiccation profonde du profil, tassement et élévation de la densité apparente.

Le sol est difficile à travailler pendant une longue période, soit qu'il est engorgé par l'eau, soit qu'il est fortement durci en saison sèche.

CONCLUSION :

Les principaux renseignements qui ont été fournis par cette partie se résument ainsi

- Trois classes de sols ont été rencontrées. Cette diversité provient de la Complexité de la géomorphologie et la fréquence des remaniements dus à l'action de l'homme.
- A l'importance géographique des unités de sols qui est variable, ceci à tous les niveaux de la classification.

Les sols les plus répandus sont les sols peu évolués. Les principaux traits pédogénétiques de cette zone sont

- l'hydromorphie
- la vertisolisation

L'hydromorphie est temporaire et partielle. Le mouvement de l'eau et la migration des substances solubles se font verticalement. L'horizon d'oxydo- réduction est caractérisé par une alternance de tâches grisâtres et rouille.

Du point de vue des aptitudes culturales des sols en irrigué, on note une plus grande diversification en fonction des propriétés physico chimiques et biologiques des sols et des conditions climatiques de la région du parc Dounya.

Les travaux de mise en valeur à entreprendre sur l'ensemble ne présentent pas de difficultés. L'ensemble des sols présente un déficit en matières organiques, en phosphore et en potassium.

CHAPITRE VII

CHAPITRE VII

Adduction et réseau de distribution

INTRODUCTION :

Le réseau collectif de distribution d'eau, est essentiellement constitué par des canalisations enterrées, livrant l'eau sous pression au parc dounya, par l'intermédiaire des bornes (prises) d'arrosages.

Le développement de ces réseaux de dessert, par les conduites sous pression, est lié principalement, à la rationalisation de la ressource en eau et particulièrement la généralisation des méthodes d'irrigation modernes à la demande. C'est dans ce contexte, que notre attention dans ce chapitre s'est accentué à la mise au point de la méthodologie d'optimisation du réseau de distribution d'irrigation sous pression, présentée ci-après

VII.1.Description du schéma d'adduction:

. Transfert des eaux épurées de la station d'épuration vers les lagunes:

Le transfert des eaux épurées de la station vers les lagunes se fait par pompage suivant l'oued avec quelques traversées dans deux conduites parallèles de diamètre successivement) 800 et 200 dont la conduite 200 à été projetée. Le tracé est représenté sur la carte (tracé en plan des conduites de transfert).

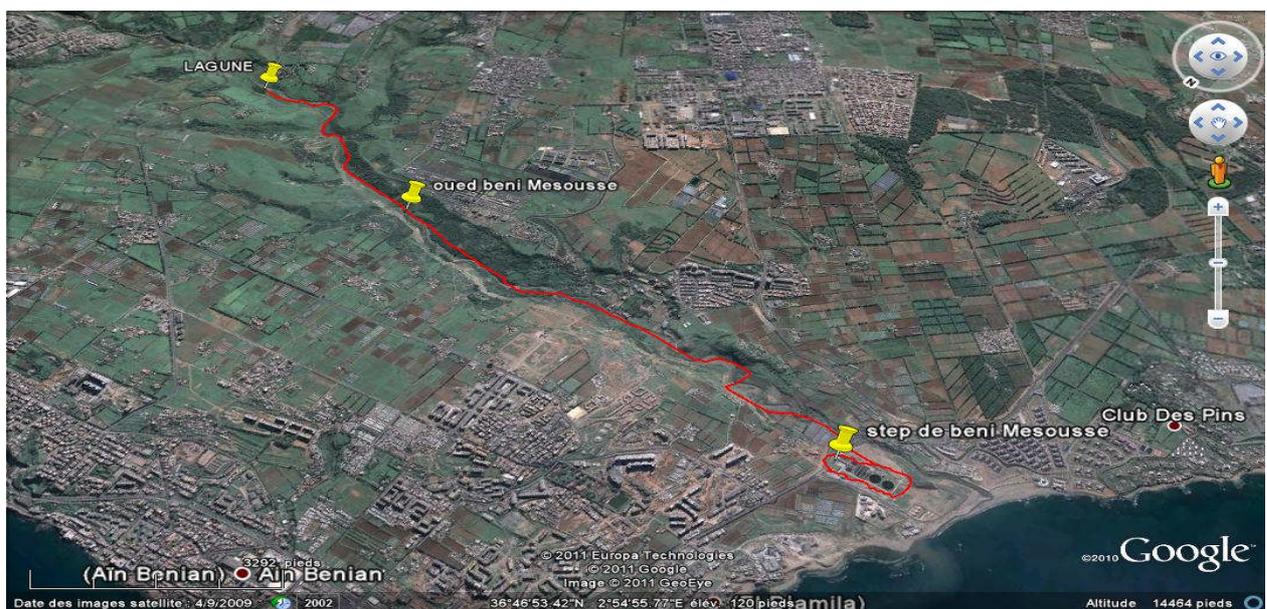


Figure VII.1. Tracé en plan des conduites de transfert (source Google Earth)

- **Transfert des eaux des lagunes vers parc Dounya:**

Afin d'éviter les traversées dans les terrains privés et la présence des obstacles on a opté pour une seule variante comme elle est représentée sur la carte. Pour le transfert le pompage est obligatoire à partir de la station projetée à l'aval des lagunes qui assure le refoulement vers la retenue collinaire qui se trouve au parc Dounya.

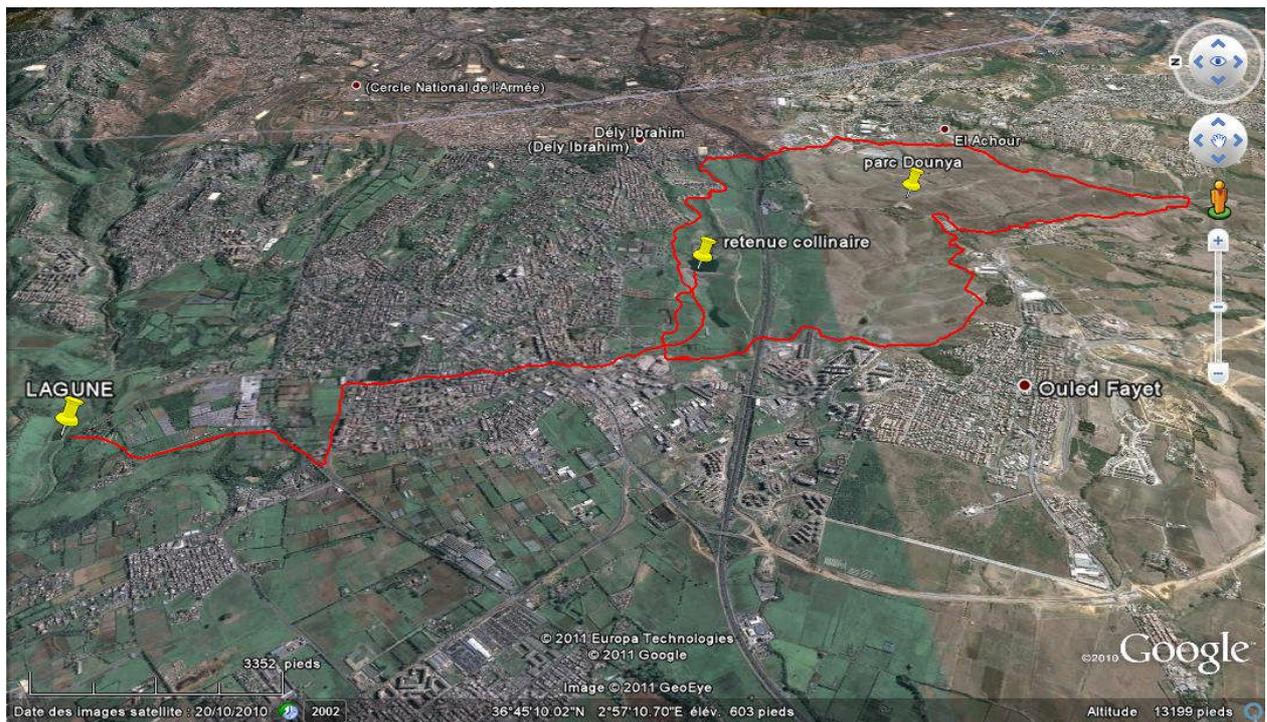


Figure VII.2. Tracé en plan des conduites de transfert (source Google Earth)

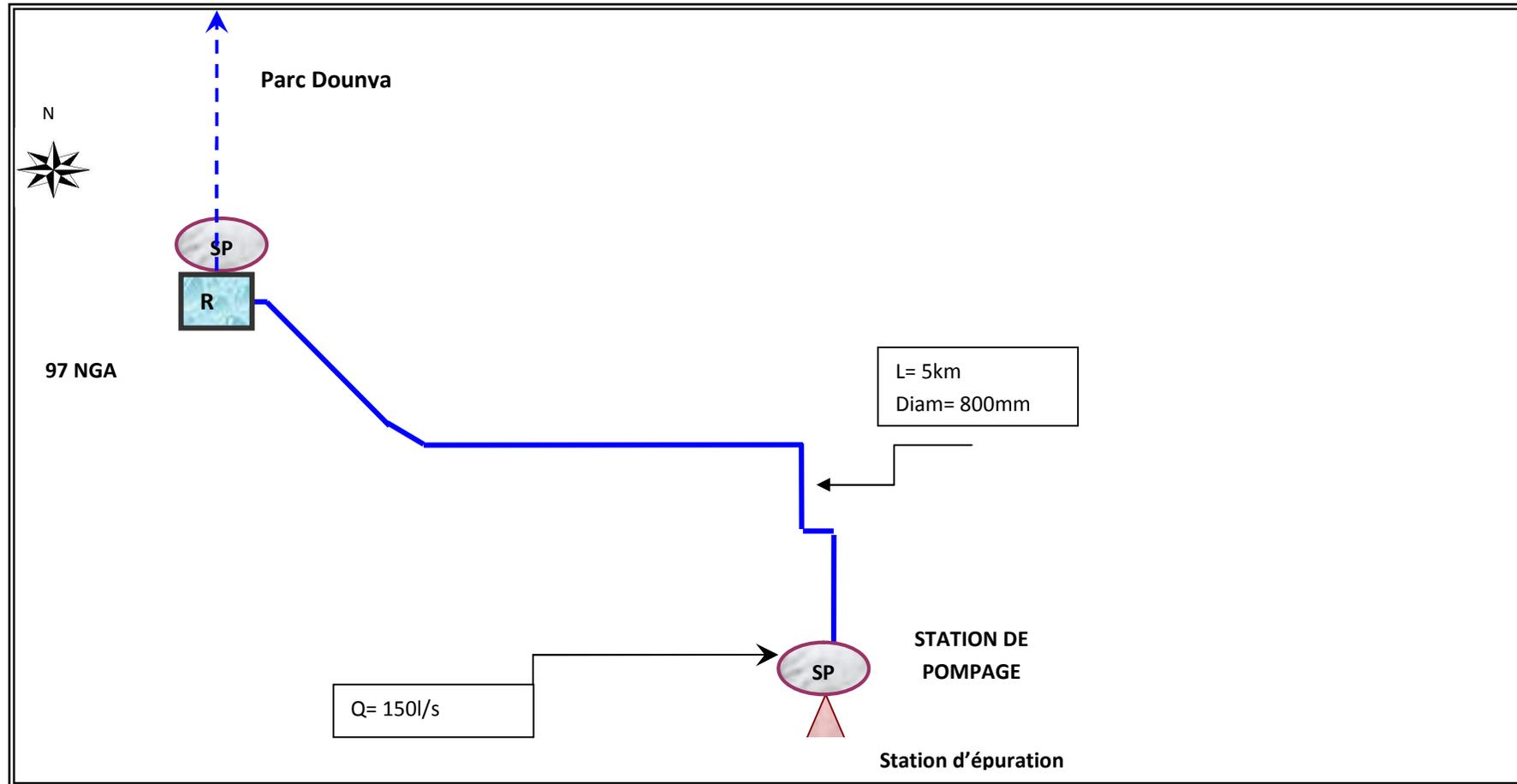


Figure VII.1 Schéma de la variante d'adduction retenue pour le parc Dounya

VII.2. Trace du réseau et positionnement des bornes :

La position des bornes résulte du découpage en îlots qui a fait l'objet d'une étude particulière. Les principes généraux sont rappelés ci-après :

- Desserte individuelle des exploitations par une prise d'eau constituée soit par une borne d'irrigation (grande parcelle : supérieure à une dizaine d'hectares), soit par une tubulure de borne (petites exploitations), dans ce cas la borne peut desservir jusqu'à 4 parcelles.
- Positionnement dans la mesure du possible des bornes au point haut de l'îlot afin de laisser libre choix à l'exploitant sur son mode d'irrigation.
- Dans le cas du Micro-parcellaire, la desserte de plusieurs parcelles se fera à partir d'une borne à plusieurs tubulures (4 max) pour une surface totale cumulée de 5 ha.
- Eviter dans la mesure du possible de desservir un exploitant par plusieurs bornes.

Le tracé du réseau est projeté suivant le principe de proximité : plus courte distance pour relier l'ensemble des bornes au réseau de conduites principales, en tenant compte des contraintes du terrain qui limitent fortement les possibilités de choix : les règles générales suivies sont les suivantes :

- La recherche d'un tracé au plus court et avec le minimum de changement de direction concerne principalement la conduite maîtresse : celle du périmètre qui relie la station d'épuration et celles des périmètres aval et amont.
- Eviter dans la mesure du possible de faire passer des conduites en plein champs
- Essayer de positionner la borne le plus proche de chaque parcelle à desservir afin d'éviter de pénaliser des exploitants par des têtes mortes trop longues
- Les conduites suivront au maximum (dans la mesure du possible) les routes et pistes et éviterons les plantations et zones bâties.

VII.3 Calcul des débits:**VII.3.1. Débit caractéristique:**

Le débit caractéristique a été déterminé pour le mois de pointe pour une culture de référence (gazon) Il a été considéré une activité de 31 jours dans le mois et une irrigation de 18 heures par jour.

$$q = \frac{B}{T * t * E *}$$

Avec :

B : besoins nets en eau des cultures (m³/ha).

T : durée de l'irrigation en jours (T = 31).

t : durée de l'irrigation en heures par jour (t = 18h).

E : valeurs de l'efficience des irrigations.

$$q = \frac{1270.4 * 1000}{31 * 18 * 3600 * 0.75} = \mathbf{0.84 \text{ l/s/ha}}$$

0.75 : efficience à la parcelle

Le débit fictif (0.84 l/s/ha) correspond au grand réseau c'est à dire par rapport à l'ensemble du périmètre, mais il ne pourra pas satisfaire les besoins en eau au niveau des parcelles.

Les conduites terminales du réseau, qui desservent les superficies inférieures à 30 ha, sur laquelle on peut avoir la culture la plus exigeante (gazon),

VII.3.2. Débits aux bornes :

$$Q_b = q \times S$$

q = débit fictif continu (l/s/ha)

S = Superficie (Ha)

Le débit minimal admissible d'exploitation et avec l'accord de l'administration est choisi à 20 l/s majoré à 15 %.

VII.4. Calcul des diamètres des canalisations :**VII.4.1. Réseau de conduites enterrées en amont de la borne :**

Le calcul des diamètres du réseau est effectué par la méthode de LABYE consistant à rechercher la solution la plus économique de répartition des diamètres de manière à desservir toutes les bornes avec la pression nécessaire à leur bon fonctionnement. Les données de ce calcul sont les suivantes :

-cotes piézométrique de départ : soit la cote du plan d'eau dans le réservoir (niveau des plus basses eaux) :

Cote de réservoir : 97 m NGA

-Pressions imposées amont borne :

4 bars dans le cas d'une irrigation par aspersion

1 bar dans le cas d'une irrigation par goutte à goutte

-Série de diamètres et prix par diamètre

-Débit, longueur de chaque tronçon

-Formule de perte de charge : la formule utilisée est celle de Lechapt et Calmon donnant des résultats proches de la formule de Colebrook :

$$j = 1,54 Q^{1,96} D^{-5,19}$$

j = perte de charge en mm/m

Q = débit en m³/s

D = diamètre en mètres

Tableau VII.1 Vitesse limites supérieures et inférieures

| DIAMETRE (M) | PRIX M.L.(DA) | V.MINI (m/s) | V.MAXI (m/s) |
|--------------|---------------|--------------|--------------|
| 0.100 | 278.00 | 0.10 | 1.50 |
| 0.125 | 311.00 | 0.15 | 1.50 |
| 0.150 | 370.00 | 0.17 | 1.50 |
| 0.200 | 514.00 | 0.30 | 1.60 |
| 0.250 | 663.00 | 0.32 | 1.65 |
| 0.300 | 833.00 | 0.34 | 1.70 |
| 0.400 | 1245.00 | 0.35 | 1.91 |
| 0.500 | 1420.00 | 0.38 | 2.04 |
| 0.600 | 1603.00 | 0.39 | 2.19 |
| 0.700 | 1783.00 | 0.40 | 2.29 |
| 0.800 | 2186.00 | 0.42 | 2.39 |
| 0.930 | 2648.00 | 0.45 | 2.50 |
| 1.000 | 2760.00 | 0.47 | 2.70 |
| 1.100 | 3058.00 | 0.47 | 2.80 |
| 1.250 | 3724.00 | 0.50 | 2.90 |
| 1.600 | 4611.00 | 0.52 | 3.00 |

VII.4.2. Conditions de pression dans le réseau :

La topographie de périmètre avec des dénivelées extrêmes de 90 mètres entre les zones agricoles les plus hautes et les plus basses conduit à fortes variations de pression dans les réseaux, malgré l'organisation des infrastructures hydrauliques fractionnées en fonction des altitudes.

•

Tableau VII.2 – Répartition des débits par tronçon

| Nom | longueur m | Diamètre mm | DébitL/S | Vitesse | Pdc mm/m | PdC Total |
|-----------|------------|-------------|----------|---------|----------|-----------|
| N2-B*1 | 150 | 200 | 16 | 0.64 | 0.06 | 2.02 |
| B*1-B2 | 572 | 100 | 6 | 0.59 | 0.38 | 1.77 |
| B*1-B*19 | 526 | 200 | 10 | 0.63 | 0.86 | 2.80 |
| B*19-B'1 | 137 | 100 | 5 | 0.57 | 0.30 | 2.28 |
| B19-B1 | 137 | 100 | 5 | 0.44 | 0.37 | 1.41 |
| N3-N4 | 114 | 400 | 90 | 0,77 | 0.48 | 4.87 |
| N4-B*2 | 148 | 200 | 19 | 0.63 | 0.26 | 1.54 |
| B*2-B3 | 63 | 100 | 8 | 0.59 | 0.11 | 1.34 |
| B*2-B5 | 140 | 100 | 11 | 0.53 | 0.30 | 1.11 |
| N4-B4 | 232 | 200 | 5 | 0.50 | 0.29 | 1.00 |
| N4-N6 | 200 | 400 | 66 | 0,8 | 0.26 | 1.94 |
| N3-B6 | 89 | 200 | 4 | 0.73 | 0.79 | 5.88 |
| N6-N7 | 261 | 400 | 59 | 0,69 | 0.29 | 2.33 |
| N7-B''6 | 41 | 200 | 2 | 0.49 | 0.12 | 1.25 |
| N7-B9 | 183 | 200 | 12 | 0.71 | 0.28 | 3.49 |
| N7-B*3 | 113 | 200 | 19 | 0.71 | 0.20 | 1.92 |
| B*3-B'5 | 205 | 200 | 10 | 0.81 | 0.48 | 1.98 |
| B*3-B*4 | 248 | 200 | 9 | 0.35 | 0.05 | 1.93 |
| B*4-B7 | 48 | 100 | 2 | 0.18 | 0.00 | 0.55 |
| N7-N8 | 340 | 400 | 26 | 0.79 | 0.48 | 1.87 |
| N8-B'''6 | 44 | 200 | 2 | 0.77 | 0.23 | 1.78 |
| N8-B*5 | 344 | 400 | 24 | 0.74 | 0.39 | 1.67 |
| B*5-B'9 | 160 | 200 | 12 | 0.35 | 0.33 | 1.93 |
| B*5-B10 | 223 | 200 | 12 | 0.70 | 0.21 | 1.51 |
| N1-N2 | 486 | 400 | 110 | 0,89 | 0.11 | 1.46 |
| N1-N9 | 711 | 500 | 405 | 1,01 | 0.94 | 1.77 |
| N9-B12 | 20 | 200 | 1 | 0.62 | 0.42 | 1.49 |
| N9-B13 | 20 | 200 | 1 | 0.86 | 1.51 | 3.52 |
| N9-N10 | 168 | 500 | 403 | 1,33 | 0.98 | 2.71 |
| N10-B11b | 80 | 200 | 18 | 0.49 | 0.40 | 1.26 |
| b11b-b11a | 167 | 200 | 9 | 0.48 | 0.67 | 1.67 |
| N10-N11 | 125 | 500 | 385 | 1,19 | 5.18 | 5.29 |
| N11-B14 | 91 | 200 | 6 | 0.31 | 0.24 | 1.58 |
| N11-N12 | 578 | 500 | 379 | 0,98 | 0.33 | 0.92 |
| N12-B11d | 120 | 200 | 18 | 0.6 | 1.91 | 6.23 |
| B11d-B11c | 146 | 200 | 9 | 0.55 | 0.48 | 1.98 |
| N12-N13 | 484 | 500 | 361 | 0,95 | 0.66 | 3.77 |
| N13-N14 | 127 | 400 | 100 | 0,66 | 2.39 | 9.96 |
| N14-B11f | 76 | 200 | 18 | 0.53 | 0.09 | 0.90 |
| B11f-B11e | 272 | 200 | 9 | 0.50 | 0.01 | 3.81 |

| | | | | | | |
|------------|-----|-----|-------|------|------|------|
| N14-N15 | 554 | 400 | 82 | 1,35 | 0.68 | 0.94 |
| N15-B*6 | 87 | 200 | 40 | 0,43 | 0.62 | 0.42 |
| B*6-B16 | 182 | 150 | 5 | 0,19 | 0.86 | 1.51 |
| B*6-B17 | 82 | 200 | 4 | 0,38 | 0.75 | 0.98 |
| B*6-B18 | 138 | 150 | 2 | 0,23 | 0.49 | 0.40 |
| B*6-B19 | 131 | 150 | 4 | 0,29 | 0.48 | 0.67 |
| B*6-B21 | 594 | 200 | 2 | 0,5 | 0.69 | 5.18 |
| B*6-B17 | 242 | 300 | 89,66 | 0,56 | 0.27 | 0.33 |
| B*18-B23 | 162 | 200 | 8 | 0,33 | 0.76 | 1.91 |
| B*18-B*7 | 219 | 300 | 81,66 | 0,48 | 0.72 | 0.48 |
| B*7-B*8 | 193 | 200 | 78,66 | 0,54 | 0.74 | 0.66 |
| B*7-B24 | 145 | 200 | 6 | 0,33 | 0.97 | 2.39 |
| B*8-B25 | 103 | 200 | 3 | 0,22 | 0.53 | 0.09 |
| N15-N16 | 771 | 400 | 80 | 0,9 | 0.50 | 0.01 |
| N16-B'26 | 200 | 200 | 4 | 0,21 | 0.08 | 2,15 |
| N16-B29 | 200 | 200 | 6 | 0,28 | 0.33 | 1.56 |
| N16-B*10 | 255 | 300 | 30 | 0,5 | 0.80 | 2.73 |
| B*10-B'25 | 168 | 200 | 5 | 0,37 | 0.40 | 2.40 |
| B*10-B*17 | 105 | 300 | 11 | 0,42 | 0.42 | 1.5 |
| B*17-B27 | 269 | 200 | 8 | 0,36 | 0.5 | 4.92 |
| N16-B*18 | 455 | 400 | 120 | 1 | 0.11 | 1.34 |
| B*18-B30 | 50 | 300 | 4 | 0,42 | 0.29 | 1.00 |
| B*18-B'29 | 102 | 200 | 6 | 0,4 | 0.26 | 1.94 |
| N13-N17 | 320 | 400 | 261 | 1,12 | 0.79 | 5.88 |
| N17-B22 | 54 | 200 | 2 | 0,32 | 0.29 | 2.33 |
| N17-N18 | 280 | 400 | 226 | 0,98 | 0.12 | 1.25 |
| N17-B31a | 168 | 250 | 24 | 0,53 | 0.28 | 3.49 |
| B31a-B31b | 320 | 200 | 12 | 0,33 | 0.20 | 1.92 |
| N18-N19 | 316 | 400 | 158 | 0,88 | 0.48 | 1.98 |
| N19-B31c | 208 | 200 | 24 | 0,41 | 0.05 | 1.93 |
| B31c-B31d | 480 | 200 | 12 | 0,45 | 0.00 | 0.55 |
| N19-N20 | 140 | 400 | 101 | 0,85 | 0.48 | 1.87 |
| N20-B32 | 221 | 200 | 8 | 0,26 | 0.23 | 1.78 |
| N20-B*11 | 475 | 400 | 93 | 0,99 | 0.39 | 1.67 |
| B*11-B31e | 183 | 200 | 24 | 0,26 | 0.33 | 1.93 |
| B31E-B31F | 500 | 200 | 12 | 0,19 | 0.21 | 1.51 |
| B*11-B*12 | 187 | 400 | 67 | 0,96 | 0.11 | 1.46 |
| B*11-B'32 | 106 | 200 | 2 | 0,17 | 0.94 | 1.77 |
| B*12-B33 | 200 | 200 | 5 | 0,24 | 0.42 | 1.49 |
| B*12-B*13 | 200 | 400 | 62 | 0,93 | 1,43 | 3.42 |
| B*14-B31j | 137 | 200 | 24 | 0,32 | 0,95 | 2.66 |
| B31j-B31Hh | 355 | 200 | 12 | 0,27 | 0.43 | 1,3 |
| B*14-B*15 | 310 | 400 | 33 | 0,75 | 0.67 | 1.67 |
| B*15-B35 | 100 | 200 | 4 | 0,22 | 4,18 | 4,29 |
| B*15-B*16 | 101 | 400 | 29 | 0,73 | 0.24 | 1.58 |

| | | | | | | |
|-----------|------|-----|-------|------|-------|-------|
| B*16-B31i | 236 | 200 | 12 | 0,35 | 0.33 | 0.92 |
| N17-B15a | 288 | 200 | 33 | 0,53 | 1.91 | 3,26 |
| B15a-B15b | 244 | 200 | 22 | 0,42 | 0.48 | 1.98 |
| B15b-B15c | 232 | 200 | 11 | 0,19 | 0.63 | 3.23 |
| N18-B15d | 235 | 200 | 44 | 0,41 | 2.45 | 8,63 |
| B15d-B15e | 408 | 200 | 33 | 0,33 | 0.095 | 0.91 |
| B15e-B15f | 320 | 200 | 22 | 0,21 | 0.01 | 3.81 |
| N19-B15h | 440 | 200 | 33 | 0,31 | 0.68 | 0.94 |
| B15h-B15i | 420 | 200 | 22 | 0,23 | 0.62 | 0.42 |
| B15i-B15j | 300 | 200 | 11 | 0,33 | 0.83 | 1.31 |
| B15f-B15j | 300 | 200 | 11 | 0,36 | 0.71 | 0.93 |
| b*16-B*17 | 295 | 400 | 13 | 0,69 | 0.49 | 0.40 |
| B*17-B31k | 103 | 200 | 12 | 0,2 | 0.48 | 0.67 |
| B*17-B36 | 94 | 200 | 1 | 0,17 | 0.69 | 5.18 |
| B*4-B8 | 34 | 100 | 7 | 0,19 | 0.31 | 0.24 |
| B*17-B28 | 109 | 200 | 3 | 0,26 | 0.27 | 0.33 |
| N5-N6 | 374 | 400 | 62 | 0,81 | 0.76 | 1.91 |
| N6-B3 | 176 | 250 | 3 | 0,24 | 0.72 | 0.48 |
| N16-B*10 | 124 | 200 | 72,66 | 0,6 | 0.74 | 0.66 |
| N16-B29 | 78 | 200 | 8 | 0,25 | 0.97 | 2.39 |
| N2-N3 | 201 | 400 | 94 | 1,13 | 0.53 | 0.09 |
| N3-B6 | 83 | 200 | 4 | 0,5 | 0.50 | 0.01 |
| B*6-B19 | 95 | 200 | 4 | 0,48 | 0,23 | 1,13 |
| R-N1 | 5000 | 500 | 515 | 1.8 | 2.63 | 12.01 |

Tableau VII.3 – Répartition de la pression par Nœud

| Nom | Type | Altitude m | Charge m | Pression m | Débit de borne (l/s) |
|------|-------|------------|----------|------------|----------------------|
| N3 | Nœud | 195 | 262 | 67 | 0 |
| N4 | Nœud | 200 | 261,99 | 61,99 | 0 |
| N2 | Nœud | 200 | 262 | 62 | 0 |
| B15 | Borne | 220 | 262 | 42 | 0 |
| B16 | Borne | 220 | 261,94 | 41,94 | 0.63 |
| B16' | Borne | 200 | 261,98 | 61,98 | 2.28 |
| B17 | Borne | 205 | 261,98 | 56,98 | 7.73 |
| B20 | Borne | 203 | 261,99 | 58,99 | 0 |
| B10 | Borne | 212 | 262 | 50 | 3.96 |
| B'6 | Borne | 213 | 261,99 | 48,99 | 2.18 |
| N5 | Nœud | 230 | 261,99 | 31,99 | 0 |
| B4 | Borne | 217 | 261,99 | 44,99 | 1.47 |
| B5 | Nœud | 200 | 261,94 | 61,94 | 0.00 |
| B*2 | Borne | 225 | 261,99 | 36,99 | 0 |
| B3 | Borne | 200 | 261,98 | 61,98 | 2.26 |
| B07 | Borne | 225 | 261,99 | 36,99 | 3.49 |

| | | | | | |
|-------|-------|-----|--------|-------|-------|
| N6 | Nœud | 220 | 261,99 | 41,99 | 0 |
| N8 | Nœud | 205 | 261,99 | 56,99 | 0 |
| N6 | Nœud | 206 | 261,99 | 55,99 | 3,2 |
| B9 | Borne | 218 | 261,99 | 43,99 | 12,3 |
| N8 | Borne | 195 | 261,99 | 66,99 | 0 |
| B''6 | Borne | 210 | 261,99 | 51,99 | 1.48 |
| B*7 | Nœud | 200 | 261,99 | 61,99 | 0 |
| B24 | Borne | 218 | 261,99 | 43,99 | 13,05 |
| B*3 | Borne | 220 | 261,99 | 41,99 | 0 |
| B5 | Borne | 220 | 261,98 | 41,98 | 10,32 |
| B*4 | Borne | 230 | 261,98 | 31,98 | 0 |
| B8 | Borne | 226 | 261,98 | 35,98 | 5.50 |
| B7 | Borne | 228 | 261,98 | 33,98 | 3.05 |
| N10 | Nœud | 235 | 261,93 | 26,93 | 0 |
| B11b | Borne | 202 | 261,93 | 59,93 | 11,2 |
| B11a | Borne | 195 | 261,93 | 66,93 | 11,2 |
| B11c | Borne | 203 | 261,87 | 58,87 | 11,2 |
| B11d | Borne | 217 | 261,87 | 44,87 | 7.01 |
| N12 | Nœud | 215 | 261,87 | 46,87 | 0 |
| N11 | Nœud | 200 | 261,92 | 61,92 | 0 |
| B14 | Borne | 208 | 261,92 | 53,92 | 7,3 |
| N14 | Nœud | 225 | 261,84 | 36,84 | 0 |
| B11f | Nœud | 240 | 261,84 | 21,84 | 8,7 |
| B1 1e | Borne | 245 | 261,83 | 16,83 | 7,9 |
| N17 | Nœud | 218 | 261,8 | 43,8 | 0 |
| B15a | Nœud | 223 | 261,78 | 38,78 | 12,3 |
| B15b | Borne | 218 | 261,77 | 43,77 | 7.64 |
| B15c | Borne | 195 | 261,77 | 66,77 | 2.53 |
| N18 | Nœud | 235 | 261,77 | 26,77 | 3.70 |
| B15d | Borne | 227 | 261,74 | 34,74 | 10.76 |
| B15e | Borne | 215 | 261,71 | 46,71 | 11.25 |
| B15f | Borne | 218 | 261,7 | 43,7 | 10,32 |
| N19 | Nœud | 240 | 261,76 | 21,76 | 0 |
| B15h | Nœud | 222 | 261,73 | 39,72 | 10 |
| B15i | Borne | 225 | 261,71 | 36,71 | 9,5 |
| B15j | Borne | 200 | 261,69 | 61,69 | 11,3 |
| B15j | Borne | 220 | 261,71 | 41,71 | 12 |
| N9 | Nœud | 200 | 261,95 | 61,95 | 0 |
| B12 | Borne | 203 | 261,95 | 58,95 | 2 |
| B13 | Borne | 200 | 261,95 | 61,95 | 2,3 |
| B10 | Borne | 225 | 261,99 | 36,99 | 13,2 |
| B*6 | Borne | 230 | 261,8 | 31,8 | 0 |
| B16 | Borne | 230 | 261,8 | 31,8 | 5,6 |
| B17 | Borne | 230 | 261,8 | 31,8 | 4,2 |
| B20 | Borne | 230 | 261,8 | 31,8 | 4,2 |

| | | | | | |
|------|-------|-----|--------|-------|-------|
| B21 | Borne | 250 | 261,8 | 11,8 | 1,9 |
| B22 | Borne | 230 | 261,8 | 31,8 | 2,13 |
| B31a | Borne | 235 | 261,77 | 26,77 | 13 |
| B31b | Borne | 229 | 261,77 | 32,77 | 12,3 |
| B31d | Borne | 213 | 261,75 | 48,75 | 11,01 |
| B31c | Borne | 218 | 261,75 | 43,75 | 12,6 |
| N20 | Borne | 240 | 261,76 | 21,76 | 0 |
| B32 | Borne | 220 | 261,76 | 41,76 | 8,2 |
| B*12 | Borne | 248 | 261,75 | 13,75 | 0 |
| B31e | Borne | 215 | 261,74 | 46,74 | 12 |
| B31f | Borne | 221 | 261,74 | 40,74 | 12 |
| B*15 | Borne | 228 | 261,75 | 33,75 | 0 |
| B35 | Borne | 233 | 261,75 | 28,75 | 4,3 |
| B31j | Borne | 200 | 261,74 | 61,74 | 12,6 |
| B31h | Borne | 202 | 261,74 | 59,74 | 12,3 |
| B31i | Borne | 202 | 261,74 | 59,74 | 12,65 |
| B*15 | Borne | 195 | 261,75 | 66,75 | 0 |
| B*16 | Borne | 205 | 261,75 | 56,75 | 0 |
| B36 | Borne | 208 | 261,75 | 53,75 | 1,23 |
| B31k | Borne | 195 | 261,75 | 66,75 | 12,63 |
| B33 | Borne | 230 | 261,75 | 31,75 | 2,04 |
| B34 | Borne | 225 | 261,75 | 36,75 | 5,32 |
| B*13 | Borne | 235 | 261,75 | 26,75 | 0 |
| B30 | Borne | 198 | 261,82 | 63,82 | 4,11 |
| B*18 | Borne | 240 | 261,82 | 21,82 | 0 |
| B*11 | Borne | 215 | 261,82 | 46,82 | 0 |
| B27 | Borne | 197 | 261,82 | 64,82 | 7,89 |
| B*10 | Borne | 220 | 261,82 | 41,82 | 0 |
| B'25 | Borne | 220 | 261,82 | 41,82 | 4,98 |
| B*8 | Borne | 200 | 261,81 | 61,81 | 0 |
| B25 | Borne | 215 | 261,81 | 46,81 | 6,3 |
| B*7 | Borne | 220 | 261,8 | 41,8 | 0 |
| B24 | Borne | 228 | 261,8 | 33,8 | 3 |
| B18 | Borne | 235 | 261,8 | 26,8 | 2,03 |
| B*17 | Borne | 215 | 261,8 | 46,8 | 0 |
| B23 | Borne | 220 | 261,8 | 41,8 | 8,7 |
| N16 | Nœud | 225 | 261,82 | 36,82 | 0 |
| B29 | Borne | 190 | 261,82 | 71,82 | 6,2 |
| N15 | Nœud | 225 | 261,83 | 36,83 | 0 |
| N1 | Nœud | 250 | 262,01 | 12,01 | 0 |
| N13 | Nœud | 222 | 261,84 | 39,84 | 0 |
| B*9 | Borne | 228 | 261,82 | 33,82 | 0 |
| B26 | Borne | 215 | 261,82 | 46,82 | 7,8 |
| B'26 | Borne | 210 | 261,82 | 51,82 | 4,3 |
| B'29 | Borne | 198 | 261,82 | 63,82 | 5,87 |

| | | | | | |
|------|---------|-----|--------|-------|------|
| B*14 | Borne | 230 | 261,75 | 31,75 | 0 |
| B28 | Borne | 210 | 261,82 | 51,82 | 3,6 |
| B19 | Borne | 200 | 261,8 | 61,8 | 4,72 |
| B35 | Borne | 230 | 261,75 | 31,75 | 5,24 |
| | Bâche 1 | 97 | 97 | 0 | 512 |

1/ Zone à forte pression (pression statique entre 6 et 7 bars)

Cette zone est localisée sur les bornes B1. B3. B5. B11a. B13. B19. B27. B29. B31j et B15j (quelques dizaines d'hectares)

Dans ces bornes il est prévu :

- les appareillages sont dimensionnés pour une pression de 16 bars
- prévu de réalimenter à partir du réseau collectif, ne pourront pas être raccordées directement sur ce réseau, car leurs équipements internes ne sont pas prévus pour la pression de 7 bars ou plus. Des bornes d'irrigation équipées de régulateurs de pression sont prévues pour effectuer ces raccordements. A l'arrêt de l'irrigation la borne devra obligatoirement être fermée.

2/ Le réseau est calculé pour desservir sous 1 bar minimum. Le tableau des caractéristiques des bornes montre la pression statique souvent supérieure à 4 bars, il sera donc possible de pratiquer l'aspersion pour l'irrigation des terrains du golf hors des mois de pointe. Certaines bornes qui disposent d'une pression comprise entre 2 et 3 bars pourront pratiquer l'irrigation localisée (les roses et arbre).

3/ Conditions de pression en fonctionnement hiver

Les pressions en mode de fonctionnement hivernal (transfert) sont différentes de celles du fonctionnement en été. Les réseaux ont été calculés pour le fonctionnement été, ce qui suppose qu'en hiver pendant le transfert, les réseaux soient isolés de l'adducteur.

VII.5. Les ouvrage d'adduction :**VII.5.1. Conduite d'adduction (Station de pompage-parc) :**

Le choix du diamètre de la conduite est effectué de façon à ce que la vitesse d'écoulement dans la canalisation soit admissible et comprise entre : **0,2 à 2,00 m/s**, et cela, afin de ne pas provoquer certaine contrainte d'ordre technique : risque de coups de bélier violents lors des changements brusques du régime d'écoulement ou difficulté d'alimenter correctement les points à desservir.

VII.5.2 Station de pompage:

La première étape pour dimensionner la station de pompage est de déterminer le débit demandé. Celui-ci représente la somme des débits des deux couloirs qui fonctionnent en même temps.

La seconde étape est de déterminer la pression manométrique totale à la quelle ce débit doit être porté. Elle comprend la pression de service (charge) des conduites, la perte de charge due aux frottements dans l'ensemble des sections, les pertes singulières dues aux connections et pièces spéciales et enfin la hauteur géométrique. Cette dernière est la différence de niveau entre la côte de la station et celle de réservoir

Les données de bases présentées ci-après, sont issues des calculs de besoins en eau du périmètre et d'optimisation des conduites d'adduction.

Débit nominal de la station de pompage : $Q = 150l / s$

Diamètre de refoulement Sp -parc : $D = 600mm$

Longueur de refoulement Sp-parc : $L = 6500m$

La hauteur manométrique est donnée par la formule de M Lechapt et Calmon.

$$HMT = hg + y + P_r$$

Avec :

HMT : Hauteur manométrique totale en m.

hg : Hauteur géodésique en m.

Δh : Pertes de charge totales en m

P_r : Pression requise nécessaire à la sortie (0,5 ÷ 1,5)m.

*Hauteur manométrique totale SP-parc : $HMT_1 = 108m$.

*Puissance absorbée section $P = 52.1Kw$.

Le nombre d'unité de pompage principale est fonction du débit nominal total que l'on doit refouler. Pour rendre l'encombrement de la station plus économique, le nombre de pompe doit être le plus restreint possible.

$$Q < 1m^3/s \Rightarrow (1 \div 2) \text{ pompes.}$$

En utilisant le logiciel caprari, on retrouve les différents types de pompes, résumés dans le tableau suivant :

Tableau VII.4. Type et nombre de pompes

| N | Q_{cal} (m ³ /s) | H_{cal} (mce) | Pompe choisie | η (%) | n (tr/min) | P (Kw) | (NPSH)r (m) |
|---|-------------------------------|-----------------|---------------|------------|------------|--------|-------------|
| 1 | 0.17 | 108 | - | - | - | - | |
| 3 | 0.17 | 108 | - | - | - | - | - |
| 5 | 0.17 | 108 | MEC-A004/80 | 71.3 | 2950 | 54 | 4.43 |
| 7 | 0.17 | 108 | - | - | - | - | - |

Tableau VII.5 : Caractéristiques des pompes.

| Station de pompage | Unité | Quantité |
|-----------------------------|---------|----------|
| Groupe de pompes installées | U | 2 |
| Groupe de pompes de réserve | U | 1 |
| Débit nominal d'une pompe | m^3/s | 0.034 |
| Hauteur de refoulement | M | 108 |
| Rendement hydraulique | % | 71.3 |
| Puissance absorbée | Kw | 54 |
| NPSHr | M | 4.43 |

Il sera placé à la sortie des groupes l'appareillage suivant d'amont vers l'aval :

- ventouse à double effet,
- 1 manomètre,
- clapet de non-retour à membrane,
- un compteur de volume de type irrigation,
- vanne d'isolement avec by-pass,
- réservoir anti-bélier à membrane,
- vanne de vidange manuelle.
- limiteur de débit.

VII.5.2.1 Dispositif anti-bélier :

Etant donné l'importance des débits transportés et des vitesses atteintes dans les canalisations, il faut porter une attention particulière à la protection contre les coups de bélier.

Les coups de bélier sont dus à une variation de la vitesse de l'eau qui entraîne des variations de pression d'autant plus accusées que le gradient par rapport au temps de la variation de vitesse est plus grand.

Le démarrage d'une pompe crée une onde de surpression qui se propage dans la canalisation de refoulement. En général, cette surpression est moins dangereuse que celle créée par l'arrêt des pompes, et c'est d'autant plus qu'il est facile d'imposer, par un jeu de relais chronométrique, un échelonnement dans le démarrage des pompes, alors que, quel que soient les précautions prises, une disjonction électrique entraîne l'arrêt brutal et simultané de toutes les pompes.

L'arrêt des pompes crée une onde de dépression, qui risque de mettre tout ou une partie de la conduite en cavitation et qui est suivie d'une onde de surpression très dangereuse.

VII.6. Appareillage d'équipement du réseau :

VII.6.1. Les borne d'irrigation :

Chaque îlot sera desservi par une borne d'irrigation à une, deux, trois ou quatre prises (tubulures) et chaque prise sera équipée d'un limiteur de débit, un compteur et éventuellement réducteur de pression. Les diamètres des bornes en fonction des débits sont comme suit:

Tableau N°VII.6 : choix de diamètre de la borne

| Débit fourni | Diamètre de la borne |
|-------------------|----------------------|
| $Q < 8$ l/s | D=65 mm |
| $8 < Q < 20$ l/s | D=100 mm |
| $20 < Q < 25$ l/s | D=150 mm |
| $Q > 25$ l/s | D=200 mm |

VII.6.2.1. Vannes :

Elles sont nécessaires pour l'exploitation des réseaux, puisque permettent d'en isoler une partie pour l'intervention sans arrêter totalement l'irrigation.

Les vannes de section sont installées automatiquement au départ de toutes les branches et des sous branches.

VII.6.2.2. Vanne de sectionnement :

Les vannes de sectionnement sont utilisées dans le réseau d'irrigation pour isoler les appareils placés en dérivation sur le réseau sur lesquelles il sera possible d'intervenir pour réparation ou réalisation d'un piquage.

Assurer une rotation entre les deux secteurs, en cas où la STEP ne produit plus le débit Nécessaire au périmètre

VII.6.3. Ventouses :

Comme nous l'avons dit précédemment les ventouses sont placées aux points hauts des adductions, voir le tableau ci-après.

Tableau N°VIII.7 : choix des ventouses

| Diamètre de la conduite | Diamètre de l'orifice d'évacuation de l'air |
|---------------------------|---|
| $D < 500\text{mm}$ | $D=80\text{mm}$ |
| $500 < D < 900\text{mm}$ | $D=100\text{mm}$ |
| $900 < D < 1250\text{mm}$ | $D=150\text{mm}$ |

VII.6.4. Vidange :

Les vidanges sont placées au niveau des points bas pour permettre l'évacuation gravitaire de l'eau.

VII.6.5. Cheminée d'équilibre ou d'entrée d'air :

Ces ouvrages sont utilisés pour une entrée d'air aux points hauts pour éviter une mise en dépression des conduites : du fait d'une ligne piézométrique très proche du profil du terrain naturel. Ces ouvrages remplacent les ventouses qui ne peuvent pas fonctionner correctement sous très basse pression. La hauteur des cheminées est calculée par rapport aux plus hautes eaux dans le réservoir plus 50 cm.

VII.6.6. Clapet de non retour :

Les clapets de non retour sont utilisés pour éviter un retour d'écoulements, ces appareillages sont disposés dans des chambres de vannes et utilisés dans ces cas :

Maillage entre les points B1 et N1, afin d'alimenter le réseau a l'amont de la STEP

VII.7. Ouvrage de Génie Civil :

Les ouvrages de Génie Civil abritent l'appareillage de protection de distribution et d'exploitation installé sur le réseau.

On distingue deux sortes d'ouvrages de Génie Civil :

-les ouvrages types constitués par des éléments circulaires préfabriqués où la seule variable est la hauteur du regard. Ils concernent les bornes et l'appareillage isolé, tels que ventouses, vidange, vanne de sectionnement < 400 mm.

-les ouvrages individualisés (chambre de vannes) nécessaires dès que l'appareillage est regroupé.

Le dimensionnement des chambres de vannes est effectué en fonction du matériel à mettre en place et des impératifs de démontage et d'entretien. Les dimensions des ouvrages apparaissant sur les plans sont susceptibles d'être légèrement modifiées en fonction des cotes d'encombrement de la robinetterie qui sera installée à l'intérieur. Ces cotes seront donc vérifiées lors de l'élaboration des plans d'exécution.

CONCLUSION GENERALE

Au terme de cette étude, nous constatons que les eaux usées représentent une ressource d'eau renouvelable qu'il faudra exploiter dans l'agriculture, l'industrie et d'autres usages municipaux, donc, constituer sans doute, demain, l'une des solutions incontournables pour notre pays qui souffrant énormément de déficit hydrique.

Cette réutilisation ne représente pas seulement une option économique compétitive mais aussi a de nombreux avantages sociaux et environnement. Ainsi cette valorisation doit être placée dans le cadre de la gestion intégrée des ressources en eau en élaborant une stratégie nationale de valorisation des eaux usées.

Les résultats expérimentaux obtenus lors de cette étude montrent que les eaux usées de la station d'épuration de Béni Messous sont d'une qualité médiocre nécessite un traitement tertiaire qui permette de les utiliser dans le domaine agricole (l'irrigation), un stockage dans des bassins et nécessaire pour mieux affiner ces eaux.

L'enquête effectuée nous a permis de constater qu'il existe réellement des possibilités d'utilisation de l'eau épurée par la station de Béni Messous, sans risque, dans le secteur agricole en améliorant par des traitements complémentaires.

En fin, il faut noter que cette utilisation doit être rendue optimale et pour qu'il en soit ainsi, les conditions suivantes doivent être remplies :

- il faut adapter les systèmes d'irrigation à la qualité de l'eau employée,
- il faut optimiser l'apport d'eau et ajuster la fertilisation aux besoins des cultures,

BIBLIOGRAPHIE

1. la déphosphoration des eaux usées (liege.palais des congrès 22-23mai1997)
2. The worlds water 2000-2001 Washington DC-USA
3. Régalément Parasismique Algerian-(RPA- 2003)
4. Trait d'irrigation 2^{ème} édition 2003
5. The status of wastewater reuse in the Mediterranean basin 2004
6. Réutilisation des eaux épurées pour l'irrigation –mémoire de fin d'étude pour obtenue master spécialise eaux et assainissement septembre2006 écoulé de génie de eaux de Strasbourg
 - JEAN-ANTONIE FABY - L'utilisation des eaux usées épurées en irrigation Office international de l'eau - Etude réalisée pour le compte du Ministère de L'agriculture, de la Pêche et de L'alimentation - FNDAE [en ligne] Office International de L'eau www.oieau.fr/eaudoc/integral/reuinter.htm
7. Mémoire fin d'étude Détermination des besoins en eau des cultures à l'aide de logiciel cropwat. 8 dans la wilaya de Tipaza
Ecole nationale supérieure agronomique EL- Harrach - ingénieur hydraulique 2007
8. Station d'épuration de Béni Messous 2011
9. cours de Réutilisation des eaux usée en Irrigation ENSH -2011
10. DHW Alger -2011
 - étude d'environnement d'Alger (projet de collecte et dépurations des eaux usée-rapport Mission B –Tome II)
 - rapport Méthodologie de l'étude de Réutilisation des eaux Epurées de la step de Baraki 1^{ère} partie
11. ANRH d'Alger 2011
 - rapport Méthodologie de l'étude pédologique du sahel algérois

ANNEXE

ANNEXE N° 1 Schéma de calcul de Réseau

ANNEXE N° 2 Carte pédologique

ANNEXE N° 2 Carte pédologique

