



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

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

Option: Réutilisation des Eaux Non Conventionnelles

THEME DU PROJET :

**Etude des caractéristiques des eaux usées épurées de la STEP
de Beni Messous en vue de leur réutilisation en agriculture**

Présenté par:

Mlle. BRAHMIA Lamia

Devant les membres de jury :

Nom et Prénoms	Grade	Qualité
Mme. DJOUDAR Dahbia	M.C.A	Présidente
Mme. BETATACHE Hayat	M.C.B	Membre
Mme. TAFAT Leila	M.A.A	Membre
Mme. MEDJDOUB Sonia	M.A.A	Promotrice

Décembre-2020

Dédicace :

Je dédie ce modeste travail à :

*A ma chère mère qu'elle m'a donnée tout soutien et encouragement
durant toutes mes années d'étude. Que dieu la protège.*

A la mémoire de mon père

*A mon marie qui a été à côté de moi tout au long de la préparation
de ce modeste travail et qui m'a donné le soutien tous le temps.*

A La mémoire de mes grands pères

A Mes très chers frère Oussama et Yacine

A ma Belle famille et mes ami(e)s.

LAMIA

REMERCIEMENTS

Je remercie Allah le tout puissant, pour m'avoir donné la santé, le courage et la volonté d'étudier et pour m'avoir permis de réaliser ce modeste travail dans les meilleures conditions.

Je tiens à remercier mon encadreur Mme. Leulmi Sonia pour ses conseils, ses orientations qu'il m'a apportés durant toute la durée de la réalisation de mon mémoire.

J'adresse également mes sincères remerciements et mon profond respect aux membres de jury, qui m'on fera l'honneur d'apprécier mon travail l'honneur d'examiner ce travail.

Je tiens à remercier du fond du cœur aussi : L'ensemble du personnel et enseignants de l'Ecole Nationale Supérieure de l'Hydraulique (ENSH), qui ont veillé à ma formation.

A la fin Je remercie toute personne ayant participé de près ou loin à l'élaboration de ce mémoire.

ملخص:

في هذه المذكرة درسنا خصائص مياه الصرف الصحي لمحطة تصفية المياه ببني مسوس، وامكانية إعادة استعمالها في سقي حظيرة دنيا .

لهذا قمنا بدراسة دقيقة لنوعية المناخ، التربة والمياه.

الغرض من هذه الدراسة هو الاقتصاد في استعمال المياه العذبة والاستغلال الامثل للموارد المائية.

Résumé :

Dans ce mémoire, nous avons présenté les caractéristiques des eaux usées de la station d'épuration de BENI MESSOUS, et la possibilité de les réutiliser à des fins agricoles.

Pour cela, nous avons réalisé une étude précise de la qualité du climat, du sol et de l'eau du périmètre de Parc Dounia avec une étude d'un réseau d'adduction, de distribution et d'irrigation goutte à goutte.

L'objectif de cette étude est l'économie de l'eau douce et l'utilisation optimale des ressources en eau.

Abstract:

In this brief, we presented the characteristics of the wastewater from the BENI MESSOUS treatment plant, and the possibility of reusing it for agricultural purposes.

For, we carried out a precise study of the quality of the climate, soil and water of the perimeter of Dounia Park with a study of an adduction, distribution and drip irrigation network.

The objective of this study is the economy of fresh water and the optimal use of water resources.

Table des matières :

INTRODUCTION GENERALE :.....ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

CHAPITRE I : Généralités sur la réutilisation des eaux usées

I. INTRODUCTION PARTIELLE :	3
II. GENERALITES SUR LES EAUX USEES :	3
1. Définition :	3
2. Origine des eaux usées :	3
2.1 Les eaux usées domestiques :	3
2.2 Les eaux industrielles :	3
2.3 Les eaux agricoles :	3
2.4 Les eaux pluviales :	3
3. Caractéristiques et compositions des eaux usées :	4
3.1 Caractéristiques des eaux usées :	4
3.1.1. Les paramètres physiques :	4
a- La température :	4
b- La couleur :	4
c- La turbidité :	4
d- Les matières en suspension (MES) :	4
e- Les matières volatiles en suspension(MVS) :	4
3.1.2 Les paramètres chimiques :	4
a- La demande biologique en oxygène (DBO) :	4
b- la demande chimique en oxygène (DCO) :	4
c- Carbone totale organique COT :	5
d- Azote totale NT :	5
e- les formes de phosphore :	5
f- PH :	5
g- La conductivité électrique :	5
3.1.3 Les paramètres bactériologiques :	5
a- Les coliformes totaux (CT) :	5
b- Les coliformes fécaux(CF) :	6
c- Les streptococcus fécaux.....	6
d- les clostridium sulfito- réducteurs :	6
3.2 Compositions des eaux usées :	6
3.2.1 Les microorganismes :	6
a- Les bactéries :	6
b- Les virus :	7
c- Les protozoaires :	7
d- Les helminthes :	7
3.2.2 Matières en suspension et matières organiques	7
3.2.3 Substances nutritives :	8
a- L'azote :	8
b- Le phosphore :	8
c- Le potassium :	8
d- Eléments traces :	8
3.2.4 Salinité :	9
III- LES NORMES DE QUALITE DES EAUX USEES DESTINEES A L'IRRIGATION :	10
IV- LES PRINCIPALES VOIES DE LA REUTILISATION DES EAUX USEES :	12

1. Agriculture irriguée :.....	12
2. La réutilisation industrielle :	12
3. La réutilisation urbaine :	12
4. production de l'eau potable :.....	12
5. la recharge des nappes :	13
6. Autres :.....	13
V- AVANTAGES ET CONTRAINTES LIEES A LA REUTILISATION DES EAUX USEES EPUREES :	13
1. Avantages :.....	13
2. Contraintes :	13
VI- LA REUTILISATION DES EAUX USEES EN AGRICULTURE DANS LE MONDE :.....	14
VII- LA REUTILISATION DES EAUX USEES EN AGRICULTURE EN ALGERIE :	14
VIII- CONCLUSION PARTIELLE :	16

Chapitre II : Présentation de la zone d'étude

I- INTRODUCTION PARTIELLE :	18
II- DELIMITATION SPATIALE :	18
III- LOCALISATION GEOGRAPHIQUE :	18
1. caractéristiques climatiques :	19
1.1 Les précipitations :	19
1.2 La température :	20
1.3 L'évaporation :	21
1.4 Le vent :	22
1.5 L'ensoleillement:	23
1.6 L'humidité	23
1.8 L'évapotranspiration :	24
2. Classification de climat :	25
2.1 Classification du climat selon l'indice de MARTON :	25
2.2 Classification du climat selon le diagramme d'EMBERGER :	26
1.7 Climagramme de Bagnols et Gausson :	27

3. Les caractéristiques géologiques :	28
3.1 Stratigraphie :	28
3.2 Tectonique :	30
4. Les caractéristiques hydrologiques et hydrogéologiques :	31
4.1 Hydrologiques :	31
4.2 Hydrogéologiques :	33
5. Les caractéristiques sismiques :	35
6. Ativité agricole :	39
IIV- CONCLUSION PARTIELLE :	39

Chapitre III : Présentation de la STEP de BENI MESSOUS

I-INTRODUCTION PARTIELLE :	41
II-PRESENTATION DE SYSTEME D'EPURATION D'ALGERIE :	41
III- PRESENTATION DE LA STATION DE TRAITEMENT DES EAUX USEES DE BENI MESSOUS :	42
1. Le rôle de station d'épuration :	44
2. Procédé d'épuration de la station :	44
3. Explication des filières d'épuration de la station :	47
3.1 Le prétraitement :	47
a)Le dégrillage :.....	47
b) Le dessablage/ Le dégraissage :	47
2- Décantation primaire :	48
3- Traitement biologique :	48
a) Le bassin d'aération :.....	48
b)-Clarificateur :.....	48
4- Traitement tertiaire :.....	50
a) La filtration sur sable :	50
b) Désinfection par rayonnement Ultraviolet :.....	50
4- Traitement des boues :.....	51
a) Epaissement :	51
c) Déshydratation :.....	51
VI- CONCLUSION PARTIELLE :	52

Chapitre IV : L'analyse physico-chimique de l'eau

I-INTRODUCTION :	54
II-DEGRE DE TRAITABILITE DES EFFLUENTS A LA SORTIE DE LA STEP:	54
1- Le PH :	57
2-Température :	57
3-Conductivité électrique (CE) :	58
4-Le coefficient d'absorption du sodium (S.A.R) :	59
5-Matières en suspensions (MES) :	62
6-Demande biochimique en oxygène (DBO5) : .	62
7-Azote :	62
7.1. Azote Kjeldhal :	63
7.2. L'azote organique :	63
7.3. Azote ammoniacal :	63
8- Phosphate :	64
III-CONCLUSION :	66

Chapitre V :Etude Pédologique de la zone d'étude

I-INTRODUCTION PARTIELLE :	68
II- REPARTITION DES SOLS :	68
1.Les sols peu évolués :	68
1.1 Caractères morphologiques :	68
a) Sous-groupe : Modal :	69
b) Sous-groupe : Hydromorphe :	72
1.2 Les sols Calcimagnésiques :	73
1.2.1 Caractères morphologiques :	73
1.2.2 Sols Bruns Calcaires :	73
a) Sous-groupe : Modal :	73
b) Sous-groupe : Vertique :	74
c) Sous-groupe : hydromorphe :	75
1.3 Les Vertisols :	76
a) Sous-groupe : Modal :	76
b) Sous-groupe : hydromorphe :	77
1.3.1 Propriétés agronomiques des Vertisols :	78
III-CONCLUSION PARTIELLE :	78

Chapitre VI :Besoin en eau d'irrigation

I-INTRODUCTION PARTIELLE :	80
II-ETUDE HYDROLOGIQUE :	80
1.Etude de l'homogénéité de la série pluviométrique :	80
1.1 Teste de Wilcoxon :.....	80
1.2 Ajustement statistique des pluies :	81
1.2.2 Ajustement des pluies annuelles à la loi du log-normale (loi de Galton) :.....	83
1.2.3 Test de validité de l'ajustement à la loi log-normale (loi de Galton) :.....	85
2. Détermination de l'année de calcul :	85
3. Choix des cultures :	86
3.1 Classification des cultures en fonction du degré de protection sanitaire requis :	86
3.2 Classification des cultures en fonction du potentiel de transmission en microorganismes pathogènes:	87
4. Détermination de l'évapotranspiration (ETP) :	87
4.1 L'évapotranspiration potentielle de référence (ETo) :.....	87
4.2 L'évapotranspiration maximale(ETM) :	87
4.3 Les Coefficients culturaux (Kc) :	89
5.Besoins en eau d'irrigation :	89
6. calcul des débits spécifiques :	92
7. Détermination de la pluie efficace :	92
8.Cycle végétatif des cultures :	92
III-CONCLUSION PARTIELLE:	96

Chapitre VII :Réseau d'adduction et de distribution

I-INTRODUCTION PARTIELLE :	98
II- CHOIX DU MODE D'IRRIGATION :	98
III- ORGANISATION ET STRUCTURE DU PERIMETRE :	98
1 .Ilots et bornes d'irrigation:	98
2. Rôle et fonction de la borne d'irrigation :	98

3. Calcul du débit aux bornes :	99
4. Choix du diamètre et du type des bornes :	99
IIV-DESCRIPTION DE L'AMENAGEMENT DU PERIMETRE :	101
1. Choix de la variante d'aménagement :	102
1.1 La variante 1 :	102
1.2 La variante 2 :	102
1.3 Choix de la variante :	102
V-ETUDE DE SYSTEME DE POMPAGE :	102
1. Détermination de la hauteur d'élévation :	103
2. Détermination du diamètre économique de conduit refoulement:	103
3. Calcul des pertes de charge :	104
▪ Pertes de charge linéaires :	104
▪ Pertes de charge singulières :	104
▪ Pertes de charge totales (ΔH_t) :	104
3.1 Calcul de la hauteur manométrique totale :	104
➤ Puissance absorbée par la pompe :	105
➤ Energie consommée par la pompe :	105
➤ Frais d'exploitation :	105
➤ Frais d'amortissement :	105
➤ Calcul des frais d'investissement :	106
➤ Calcul des frais d'exploitation :	106
➤ Bilan des coûts (Exploitation - Investissement) :	106
4. Choix des pompes et nombre des pompes :	107
4.1 Nombre de pompe de secours :	108
5. Dimensionnement du Réservoir de stockage (Bassin):	108
VI-DIMENSIONNEMENT HYDRAULIQUE DES CANALISATIONS :	109
1 .Vitesse admissible :	109
2. Choix du matériau des conduites :	109
a)-Conduites en fonte :	109
b)-Conduite en PEHD :	110
c)- Conduite en PRV :	110
3. Calcul des diamètres :	110
4. Estimation des pertes de charge :	110
5. Calcul des pressions aux bornes :	111
VII- CONCLUSION PARTIELLE:	112

Chapitre VIII : Dimensionnement à la parcelle

I-INTRODUCTION PARTIELLE :	114
II-DIMENSIONNEMENT DU RESEAU D'IRRIGATION GOUTTE A GOUTTE :	114
1. Données générales :	114
2. Besoins d'irrigation des cultures en irrigation localisée :	114
2.1 Influence du taux de couverture du sol :.....	114
2.2 Dose nette (Dose pratique) :.....	115
2.3 Calcul de la dose nette réelle d'irrigation :.....	115
2.4 Calcul de la dose brute :.....	115
2.5 Calcul de la fréquence d'arrosage :.....	116
2.6 La durée d'arrosage par mois :.....	116
2.7 Durée d'arrosage journalier :.....	116
2.8 Nombre de postes :.....	116
2.9 La surface du poste :.....	117
3. Calculs hydrauliques :	117
3.1 Conditions hydrauliques de base :.....	117
3.2 Le débit :.....	117
3.3 Le nombre d'arbres par rampe :.....	118
3.4 Le nombre de goutteurs par rampe :.....	118
3.5 Le nombre des rampes :.....	118
3.6 Débit de la rampe :.....	118
3.7 Débit de la porte rampe :.....	118
3.8 Le nombre de porte rampe :.....	118
3.9 Débit de la conduite tertiaire :.....	118
4. Dimensionnement des canalisations du réseau :	118
5. Vérification des pertes de charges :	119
6. Calcul du diamètre de la rampe et vérification de la perte de charge :	119
7. Calcul du diamètre du porte rampe et vérification de la perte de charge :	119
8. Calcul du diamètre de la conduite tertiaire	120
9. La pression d'eau a la borne de distribution :	120
III-CONCLUSION PARTIELLE :	121

Chapitre XI : Etude technico-économique du projet

I-INTRODUCTION PARTIELLE:	123
II-EXECUTION DES TRAVAUX DE POSE DES CANALISATIONS :	123
1. Exécution des tranchées :	123
2. Pose du lit de sable :	123
3. Mise en place des canalisations :	123
4. Assemblage des conduites en PEHD:.....	123
III-CHOIX DES ENGINS DU CHANTIER:	124
IV-FACTURE DES DIFFERENTS TYPES DE CONDUITES DU RESEAU DE DISTRIBUTION :	125
V-FRAIS DES TRAVAUX SUR RESEAU D'IRRIGATION :	126
1. Calcul des volumes de remblai et de déblai :	126
V- CONCLUSION PARTIELLE :	128
CONCLUSION GENERALE :	128

Liste des tableaux

Chapitre I

Tableau I-1 : Caractéristiques de quelque agent pathogènes des eaux usées.	7
Tableau I-2 : Concentration en éléments traces recommandées pour les eaux D'irrigation.	8
Tableau I-3 : Classes de qualité de salure de l'eau d'irrigation.....	9
Tableau I-4 : les valeurs limites des paramètres bactériologiques.....	11

Tableau I-5 : les valeurs limites des paramètres parasitologiques.....	11
Tableau I-6 : les valeurs limites de paramètres toxiques.....	11
Tableau I-7 : L'utilisation des eaux usées en quelques domaines.	12
Tableau I-8 : la comparaison des rendements en t/ha.	13
Tableau I-9 : quelque chiffres des volumes des eaux usées épurées réutilisées en Algérie	15

Chapitre II

Tableau II-1 : Caractéristiques de la station de référence (Dar El Beida)	19
Tableau II-2 : Moyennes mensuelles et annuelle des précipitations (période 2000-2019)	19
Tableau II-3 : Moyennes mensuelles et annuelle températures (période 2000-2019)	20
Tableau II-4 : Moyennes mensuelles et annuelle de l'évaporation (période 2000-2019)	21
Tableau II-5 : Moyennes mensuelles et annuelle du vent (période 2000-2019)	22
Tableau II-6 : Fréquences et directions des vents.....	22
Tableau II-7 : moyennes mensuelles et annuelle de l'ensoleillement (période 2000-2019)	23
Tableau II-8 : Moyennes mensuelles et annuelle de l'humidité.....	23
Tableau II-9 : Moyennes mensuelles et annuelle de l'évapotranspiration.....	24
Tableau II-10 : Classification de climat selon MARTON.....	25
Tableau II-11 : Phases tectonique de la région d'Alger.....	30
Tableau II-12 : Les principaux séismes de forte magnitude qui ont frappées la région d'Alger (1365-2005)	38
Tableau II-13 : la répartition des terres agricoles de la zone d'étude	39

Chapitre III

Tableau III-1 : Donnée fondamentale de la STEP de BENI MESSOUS-2020.....	41
---	----

Chapitre IV

Tableau IV-1 : Evolution des débits moyens des eaux usées brutes et épurées de la STEP	
---	--

de BENI MESSOUS.....	54
Tableau IV-2 : Paramètres physicochimiques des eaux usées à l'entrée de la STEP	54
<i>Tableau IV-3</i> : Paramètres physicochimiques des eaux usées a la sortie de la STEP	55
Tableau IV-4 : Résultats d'analyses Métaux Lourds	56
<i>Tableau IV-5</i> : Paramètres physicochimiques des eaux usées a la sortie de la step.....	56
<i>Tableau IV-6</i> : Paramètres bactériologiques des eaux usées épurées de la Step de beni Messous	59
Tableau IV-7 : Classe de qualité de salure de l'eau d'irrigation.....	60
Tableau IV-8 : Evaluation des eauxd'irrigation.....	64

Chapitre V

Tableau V-1 : Résultats du profil de sol N°.1.....	71
Tableau V-2 : résultats du profil de sol N°.2.....	72
Tableau V-3 : résultats du profil de sol N°.3.....	73
Tableau V-4 : résultats du profil de sol N°.4.....	74
Tableau V-5 : résultats du profil de sol N°.5.....	75
Tableau V-6 : résultats du profil de sol N°.6.....	76
Tableau V-7 : résultats du profil de sol N°.7.....	77

Chapitre VI

Tableau VI-1 : Test d'homogénéité de la série pluviométrique.....	81
Tableau VI-2 : Ajustement a la loi normale.	82
Tableau VI-3 : Ajustement des pluies annuelles à la loi-log normale.	84

Tableau VI-4 : Test de validité des deux ajustements.....	85
Tableau VI-5 : Précipitation moyenne mensuelle de l'année de calcul.....	86
Tableau VI-6 : Calcul de l'ET0.....	89
Tableau VI-7 : Les coefficients culturaux descultures	89
Tableau VI-8 : Densité apparente de l'ensemble de type de sol en fonction de texture.....	90
Tableau VI-9 : Représentation de la texture et l'humidité pondérales à pf2,5 et pf4,2 des profils échantillonné et analysés.....	91
Tableau VI-10 : Les valeurs moyennes mensuelles de P_{eff}	93
Tableau VI-11 : Cycle végétatif des cultures.....	92
Tableau VI-12 : Calcul des besoins en eau des oliviers.....	93
Tableau VI-13 : calcul des besoins en eau d'orange.	93
Tableau VI-14 : calcul des besoins en eau d'Amandier.....	94
Tableau VI-15 : calcul des besoins en eau du Gazon.....	95
Tableau VI-16 : Récapitule les besoins en eau (mm) des cultures.....	95

Chapitre VII

Tableau VII-1 : Type de bornes en fonction de superficies des ilots.....	100
Tableau VII-2 : Calcul des débits des ilots et choix du type de bornes.	101
Tableau VII-3 : Les deux formules de calcul le diamètre économique.....	104
Tableau VII-4 :Variation des HMT en fonction du diamètre.	106
Tableau VII-5 : Variation des frais d'investissement en fonction du diamètre.....	107
Tableau VII-6 :Calcul des frais d'exploitation.....	107
Tableau VII-7 :Bilan des frais d'investissement et d'exploitation.	107
Tableau VII-8 : les caractéristiques de la pompe choisie.	108
Tableau VII-9 :Choix de Nombre de pompes.	109

Tableau VII-10: pressions au niveau des bornes.....	112
--	-----

Chapitre VIII

Tableau VIII-1: Tableau récapitulatif.....	121
---	-----

Chapitre XI

Tableau XI-1 : Les engins utilisés pour la mise en place des conduites et leurs rôles.....	125
Tableau XI-2 : Facture des différents types de conduites du réseau de distribution.....	126
Tableau XI-3 : Cout des équipements de protection du réseau de distribution.....	126
Tableau XI-4 : Quantité des travaux de terrassement.....	128
Tableau XI-5 : Estimation du cout du réservoir	129
Tableau XI-6 : Coût des travaux de terrassement.	128

Liste des figures

Chapitre II

Figure II-1 : Carte de situation de la zone d'étude(ANRH alger)	19
Figure II-2 : Représentation graphique des moyennes mensuelles des précipitations.....	20
Figure II-3 : Moyennes mensuelles et annuelles des températures.....	21
Figure II-4 : Représentation graphique moyenne mensuelle de l'évaporation.....	21
Figure II-5 : Représentation graphique des moyennes mensuelles de la vitesse des vents.....	22

Figure II-6 : moyennes mensuelles et annuelle de l'ensoleillement.....	23
Figure II-7 : moyennes mensuelles d'humidité.....	24
Figure II-8 : Moyennes mensuelles et annuelle de l'évapotranspiration.....	25
Figure II-9 : Climagramme pluviothermique d'Emberger.....	27
FigureII-10 : Extrait de la carte géologique (1/50 000) de la zone d'étude.....	28
FigureII-11 : Carte géologique de la zone d'étude.....	31
Figure II-12 : Carte du réseau hydrographique du bassin versant de l'Oued Beni Messous.....	32
Figure II-13 : Carte hydrogéologique de la région d'Alger.....	34
Figure II-14 : Carte de sismicite du territoire.....	37
Figure II-15 : Carte de zonage sismique du territoire national.....	38

Chapitre III

Figure III-1 : Les différents éléments de la STEP.....	43
Figure III-2 : Alimentation générale de la station	46
Figure III-3 : Le dégrillage.....	47
Figure III-4 : Canal de dessablage/dégraissage.	47
Figure III-5 : Bassin de décantation	48
Figure III-6 : Bassin d'aération.....	48
Figure III-7 : Les clarificateurs 1 et 2.....	49
Figure III-8 : Schéma représente le filtre à sable.....	50
Figure III-9 : Schéma représente la longueur d'onde utilisée pour le traitement.....	50
Figure III-10 : Image réelle de la boue.....	51
Figure III-11 : Bâche des boues stabilisées.....	51
Figure III-12 : différents images de la machine déshydratation.	52

Chapitre IV

Figure IV-1: Diagramme (selon RIVERSIDE) de classification des eaux d'irrigation.....61

Chapitre VI

Figure VI-1: Ajustement des pluies annuelles à la loi de Gauss.....83

Figure VI-2 : Ajustement des pluies annuelles à la loi log-normale.84

Chapitre VII

Figure VII-1 : Schéma de la variante d'irrigation sous pression.....103

Figure VII-2: Courbe caractéristique de la pompe. (CAPRARI)109

Chapitre XI

Figure XI-1.Une pelle mécanique.....126

Figure XI-2: Disposition de la conduite dans une tranchée127

Liste des planches

Planche n°1 : profil en long de la conduite de refoulement

Planche n°2 : profil en long de la conduite de distribution

Planche n°3 : plan du réseau d'irrigation goutte à goutte (ilot8B8 parcelle N°01)

Liste des abréviations

ANRH Agence Nationale des Ressources Hydrauliques

CE Conductivité électrique

COT Carbone organique total

CF coliformes fécaux

CT coliformes totaux

DBO Demande biologique en oxygène

DCO Demande chimique en oxygène

EH équivalent habitant

EUM Eaux usées municipales

EUS Eaux usées synthétiques

ETP évapotranspiration

ETR évapotranspiration réelle

ETo évapotranspiration potentielle de référence

ETM évapotranspiration maximale

Kc coefficient cultural

MES Matière en suspension

MVS Matière volatile en suspension

MV matière volatile

NH₄-N Azote ammoniacal

NTK Azote total Kjeldahl

ONA : Office National de l'Assainissement

ONM : Office National de Météorologie

OMS : Organisation Mondiale de la Santé.

P Phosphore

PH : potentiel d'Hydrogène

Pe_{eff} précipitation efficace

REUE Réutilisation des eaux usées Epurées

SAU surface agricole utile

SEAAL Société des Eaux et de L'assainissement d'Alger

STEP Stations d'épuration

Strept.T :Sterptocoques Totaux

Strept.F : Streptocoques Fécaux

UV Ultraviolet

Introduction
générale

Introduction générale

Introduction générale

L'eau est une ressource vitale pour l'homme, sa survie et son alimentation; elle est également indispensable pour ses activités agricoles, industrielles et touristiques, et la qualité de son environnement. En effet, avec l'expansion des villes et l'évolution des modes de consommation, les eaux potables s'épuisent plus rapidement, augmentant le volume des eaux usées collectées qui sont rejetées, le plus souvent, sans traitements et de façon directe en milieu naturel.

D'après les eaux usées représentent une fraction du volume des ressources en eaux utilisables mais leurs qualités très médiocres exigent une épuration avant leurs rejets dans le milieu naturel.

Dans le secteur de l'agriculture, l'utilisation de l'eau non conventionnelle est une ressource additionnelle pour l'irrigation ; de même que les eaux usées épurées sont une source d'éléments fertilisants permettant une économie d'engrais. Seulement la manipulation des eaux usées ne cesse de poser des problèmes de santé à l'homme, de la phytotoxicité de certains rejets et de la pollution des eaux souterraines (**ONA. 2014**).

La réutilisation de ces eaux épurées, au-delà de leur effet positif, peut également avoir des impacts défavorables sur la santé publique et l'environnement, en fonction principalement des caractéristiques de l'eau épurée, du degré d'épuration, de la méthode et de l'endroit d'utilisation. La pollution du sol, des eaux souterraines et de surfaces est parmi les inconvénients potentiels les plus importants de l'utilisation d'eau usée traitée.

Cependant, de point de vue rigoureusement scientifique, la planification rigoureuse et la gestion efficace des régimes d'irrigation pouvant réduire au minimum ces inconvénients

De ce fait, en raison de la nature variable et de la composition de ressources hydriques, leurs réutilisations doivent être gérées soigneusement, surveillées et contrôlées par des spécialistes.

En Algérie, les ressources en eau existantes sont menacées par une pollution causée par les rejets des eaux urbaines et industrielles dans les milieux récepteurs. Ces rejets peuvent contenir de nombreuses substances, sous forme solide ou dissoute, ainsi que de nombreux micro-organismes pathogènes, menacent la qualité de l'environnement dans son ensemble

Une approche théorique a été adoptée, elle consiste à inventorier les pollutions résiduelles contenues dans l'effluent épuré rejeté au milieu naturel et les dangers sanitaires associés. Il entame ensuite les principes de la réutilisation et les normes de qualité à atteindre afin de pouvoir recycler l'eau.

Enfin, au dimensionnement du réseau d'adduction et de distribution des eaux Épurées de la station de la ville de Beni Messous afin d'irrigué une partie de parc Dounia.

CHAPITRE I :
Généralités sur la
réutilisation des eaux
usées

I. Introduction partielle :

Parmi les problématiques les plus répandues et qui secouent actuellement le monde entier, on cite celle de réutilisation des eaux usées brutes, surtout en agriculture qui consomme plus de 80% des ressources hydriques exploitées. Cette utilisation en agriculture semble la solution pour compenser le besoin en eau pour l'irrigation en raison de la rareté croissante de l'eau. En Algérie le volume annuel des eaux usées est plus de 1,8 milliard m³/an, alors la réutilisation des eaux usées est largement utilisée particulièrement dans les milieux arides et semi arides.

La réutilisation des eaux usées traitées assure une source de nutriment pour les plantes ce qui permet de réduire l'achat des fertilisants et de matières organiques.

II. Généralités sur les eaux usées :***1. Définition :***

Les eaux usées sont des eaux altérées par l'activité humaine à la suite d'un usage domestique (eaux ménagères lessives, cuisine et bain ainsi que les eaux de vanne (WC)), industriel, artisanal, agricole ou autre.

Une personne consomme en moyenne 150 à 200 litres par jour d'eau potable. Une fois utilisée elle devient de l'eau dite « eau usées ».

2. Origine des eaux usées :

Suivant l'origine des substances polluantes on distingue quatre catégories d'eaux usées :

2.1 Les eaux usées domestiques :

Elles proviennent des différents usages domestiques de l'eau. Elles sont essentiellement porteuses de pollution organique. Elles se répartissent en eaux ménagères, qui ont pour origine les salles de bains et les cuisines, qui sont chargées généralement de détergents, de graisses, de solvants, de déchets organiques, etc. Les eaux de vannes sont les rejets des toilettes, chargés de diverses matières organiques azotées et de germes fécaux (GOMELLA et GUERREE, 1978).

2.2 Les eaux industrielles :

Elles sont très différentes des eaux usées domestiques. Leurs caractéristiques varient d'une industrie à l'autre. En plus des matières organiques azotées ou phosphorées, elles peuvent également contenir des produits toxiques, des solvants, des métaux lourds, des micropolluants organiques ou des hydrocarbures.

2.3 Les eaux agricoles :

En milieu rural, les pluies provoquent le lessivage des terres agricoles, entraînant engrais et pesticides vers les cours d'eau ou les nappes. Elles ont un caractère fertilisant très important.

2.4 Les eaux pluviales :

Ces eaux peuvent être fortement polluées, en particulier en début de pluie, du fait :

a) De la dissolution des fumées dans l'atmosphère.

- b) Du lavage des chaussées grasses et des toitures chargées de poussière.
- c) Du lessivage des zones agricoles.

3. Caractéristiques et compositions des eaux usées :

3.1 Caractéristiques des eaux usées :

Les caractéristiques ou les propriétés des eaux usées peuvent être classifiées comme suivant :

3.1.1. Les paramètres physiques :

a- La température :

Elle modifie essentiellement la concentration de l'oxygène dissous. Elle joue un rôle important dans la solubilité des sels et surtout des gaz (en particulier O₂) dans l'eau ainsi que, dans la détermination de la valeur du PH et de la vitesse des réactions chimiques. Elle influe sur la multiplication des micro-organismes (croissance des micro-organismes vivants dans l'eau).

b- La couleur :

Elle est liée principalement aux éléments dissous et surtout aux rejets des produits industriels.

c- La turbidité :

Elle caractérise le degré de non transparence de l'eau, elle est liée à la présence des matières en suspension dans les eaux usées. Elle donne une première indication sur la matière colloïdale d'origine organique ou minérale.

d- Les matières en suspension (MES) :

Ce sont des matières maintenues en suspension grâce aux écoulements turbulents et leur densité est voisine de celle de l'eau. Elles comportent des matières organiques et minérales. Ce paramètre est exprimé en mg/l, mesuré par pesée après filtration ou centrifugation et séchage à 105°C.

e- Les matières volatiles en suspension (MVS) :

Elle représente la fraction organique de la matière en suspension. Elles sont mesurées par calcination à 650°C d'un échantillon. Elles sont appelées « les parties au feu ».

3.1.2 Les paramètres chimiques :

a- La demande biologique en oxygène (DBO) :

C'est la quantité d'oxygène renfermé dans les effluents utilisés en 5 jours par les microorganismes (les bactéries) pour décomposer les matières organiques à une température donnée, dans les ouvrages, cette consommation d'oxygène est dite DBO₅. L'épuration biologique aérobie exige un temps de 21 jours (DBO 21 dit ultime) nécessaire pour l'oxydation des composés azotés biodégradables, ou de 28 jours sinon de 35 jours, qui représentent les temps de dégradation de certaines familles d'hydrocarbures.

b- la demande chimique en oxygène (DCO) :

C'est la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder toutes les matières organiques et minérales contenues dans les eaux usées par les microorganismes. Mesurée par la consommation d'oxygène à 20°C.

c- Carbone totale organique COT :

Détermine les propriétés variables du carbone organique dissous et particulaire. sa mesure est réalisée par un analyseur de CO₂ à infrarouge après combustion catalytique à haute température de l'échantillon.

d- Azote totale NT :

Exprimé en mg/l, ce paramètre devient de plus en plus important. C'est la somme d'azote des formes réduites (organique et ammoniacal) . il est appelé azote de DJELDAL et l'azote des formes oxydées (NO₂⁻ et NO₃⁻) La présence de l'azote ammoniacal NH₄⁺ dans l'eau usée est un signe de pollution organique. L'azote nitrate NO₃⁻ provient essentiellement des engrais chimiques et des rejets industriels.

e- les formes de phosphore :

le phosphore se trouve dans les eaux usées sous formes :

- Orthophosphate : la forme la plus courante est PO₄³⁻
- Phosphore totale : somme de P contenue dans les orthophosphates, les polyphosphates et les phosphore organique.

La somme de ces diverses formes constitue le phosphore totale, dont chaque forme peut être mesurée indépendamment des autres par spectrométrie.

f- PH :

Ce facteur conditionne le traitement chimique de l'eau usée et participe dans la corrosion d'équipement. Il exprime le potentiel en hydrogène, indique la concentration en ion H⁺, il joue un rôle important dans :

- Les propriétés physico-chimiques de l'eau (l'acidité et l'alcalinité).
- L'efficacité de certains procédés (coagulation- floculation).
- Le processus biologique.

g- La conductivité électrique :

Elle est proportionnelle à la quantité des sels ionisables dissouts. Elle constitue une bonne indication de degré de minéralisation des eaux usées.

3.1.3 Les paramètres bactériologiques :

Les bactéries sont couramment recherchées dans l'eau principalement comme témoin de contamination fécale.

L'OMS(1979) a choisis plusieurs témoins répondant à certaines exigences, il s'agit des coliformes, des streptocoques fécaux du groupe D, et parfois les Clostridium perfringens. La raison de ce choix se réside dans le fait que la numérotation de ces bactéries est beaucoup plus simple et rapide entre 24h et 48h, que celle des germes pathogènes, généralement plusieurs jours avec nécessité de l'identification sérologique.

a- Les coliformes totaux (CT) :

les coliformes sont les bâtonnets, anaérobies facultatifs, gram (-) non sporulants permettant l'hydrolyse du lactose à 35°C.

Les coliformes regroupent les genres Escherichia, Citrobacter, Entérobacter, Klébsiella, yersinia, Serratia.

La recherche et le dénombrement de l'ensemble des coliformes totaux, sans préjuger de leur appartenance taxonomique et de leur origine est capital pour la vérification de l'efficacité d'un traitement désinfectant et est d'un intérêt nuancé pour détecter une contamination d'origine fécale.

b- Les coliformes fécaux(CF) :

les coliformes fécaux, ou coliformes thermotolérants, sont un sous groupe des coliformes totaux capable de fermenter le lactose à une température de 44°C. ce sont des bâtonnets gram (-), aérobies et facultativement anaérobies, non sporulants, on les désigne souvent sous le nom d'Escherichia Coli bien que le groupe plusieurs souches différents (Citrobacter Freundii, Entérobacter Aéroènes, klebsiella Pneumoniiae,...etc).

La recherche et le dénombrement des coliformes fécaux est un examen proposé en raison d'une concordance entre leur présence et l'existence d'une contamination fécale quasi certaine.

c- Les streptococcus fécaux :

Sont considérées comme streptocoques fécaux, toutes les bactéries gram (+) de formes oblongue ou de Cocci sphérique légèrement ovale, il se disposent le plus souvent, en diplocoques ou en chaînettes.

Selon la classification sérologique de Lancefield(1933), 5 espèces sont reconnues parmi les streptocoque fécaux (streptocoques du groupe D). il s'agit de :S.bovis, S.equinus, S.avium, S.faecalis, S.feacium, car les autre streptocoques ont une origine fécale douteuse.

d- les clostridium sulfito- réducteurs :

Ils peuvent être considérés comme germe fécaux ; ce sont aussi des germes telluriques, et de ce fait aucune spécificité fécale ne peut être attribuée à leur mise en évidence. Dans une telle optique d'interprétation , il y'a intérêt à ne chercher que les espèces les plus susceptibles d'être fécale ; c'est le cas en particulier des Clostridium perfringens qui sont des bâtonnets anaérobies gram(+), sporulants et qui réduisent les sulfites en sulfures en 24 a 48 h.

3.2 Compositions des eaux usées :

La composition des eaux usées brutes dépend :

- Essentiellement de l'activité humaine (eaux ménagères et eaux vannes).
- De la composition des eaux d'alimentation en eau potable, de la nature des matériaux entrant dans la construction des canalisations d'eau, pour les composés chimiques.
- De la nature et la qualité des effluents, industriels éventuellement rejetés dans le réseau urbain.

3.2.1 Les microorganismes :

Les eaux usées contiennent tous les microorganismes excrétés avec les matières fécales et les microorganismes pathogènes. Ces microorganismes peuvent être classés en quatre groupes :

a- Les bactéries :

Les eaux usées brutes contiennent environ 10⁶ à 10⁷ bactéries/ 100 ml, dont 10⁵ sont des entérobactéries ; 10³ à 10⁴ streptocoques, 10² à 10³ clostridium. La concentration en

bactérie est de l'ordre de 10⁴/l. les plus fréquemment rencontrées les salmonelles qui sont responsables de la typhoïde et des troubles intestinaux.

b- Les virus :

Leur concentration dans les eaux usées est comprise entre 10³ et 10⁴ particules/l. Parmi les virus les plus entériques humains les plus importants nous avons les entérovirus, les raotavirus, et les rétrovirus.

c- Les protozoaires :

Parmi les protozoaires les plus importants de point de vue sanitaire, il y'a ceux qui sont responsables de la dysenterie (maladie intestinale), les protozoaires passent par une forme de résistances formes les kystes qui peuvent être véhiculés par les eaux usées.

d- Les helminthes :

Les helminthes sont fréquemment rencontrés dans les eaux usées urbaines. Le nombre d'œufs d'helminthes peuvent être évalué entre 10 à 10³ d'œufs/l. Parmi ces œufs on trouve notamment les Ascaris et les Tænia (Faby, 2003).

Tableau I-1 : Caractéristiques de quelque agent pathogènes des eaux usées.

Agents	Quantité excrétée par/l	Survie
Virus		
Enterovirus	10 ⁷	3 mois
Hépatite A	10 ⁶	--
Rotavirus	10 ⁶	3 mois
Bactéries	10 ⁸	2 mois
Colibacilles	10 ⁸	2-3 mois
Salmonella tphi	10 ⁸	1 mois
Autre Salmonelles	10 ⁷	25 jours
Shigella	10 ⁷	25 jours
Parasites	10 ⁵	>1 an
Amibe dysent	10 ⁴	9 mois
Giardia Imablia	10 ⁴	
Tænia		
Ascaris		

(Source: Faby, 2003)

3.2.2 Matières en suspension et matières organiques :

Les matières en suspension sont en majeure partie de nature biodégradable. La plus grande part des microorganismes pathogènes contenus dans les eaux usées est transportés par les MES. Les particules en suspension plus lourdes que l'eau sont éliminées par décantation. C'est une étape simple dans la réduction de la charge organique des eaux usées et de la teneur en germes pathogènes. Toutefois, un traitement beaucoup plus poussé généralement pourrait être requis pour faire face aux risques sanitaires. Une présence excessive de matières en suspension peut entrainer des difficultés de transport et de distribution des effluents ainsi que le bouchage des systèmes d'irrigation.

Les concentrations significatives des matières organiques peuvent entrainer des odeurs, désagréables, notamment s'il arrive que les eaux stagnent au surface du sol (Faby, 2003).

3.2.3 Substances nutritives :

L'azote, le phosphore, le zinc, le potassium, les oligo-éléments, le bore et le soufre ; se trouve dans les eaux usées en quantités appréciables, mais en proportion très variables par rapport aux besoins de cultures.

Ces éléments peuvent être en excès par rapport au besoin de la plantes et provoquent des effets négatifs, aussi bien au niveau de la culture que des sols.

Un contrôle périodique de la quantité des nutriments présent dans l'effluent est nécessaire (Faby, 2003).

a- L'azote :

Dans certains cas, un apport d'azote excédentaire par rapport aux besoins des cultures peut provoquer un dans un sol très perméable la contamination facile des eaux souterraines.

Si l'azote est en quantité excessive pendant l'irrigation des cultures par les EU, il peut perturber certains productions, retarder la maturation de certaines cultures tel que les abricots, les agrumes, les avocats, la vigne et altérer leur qualité, par exemple réduire la teneur en sucre des fruits ou des betteraves(Faby, 2003).

b- Le phosphore :

La concentration en phosphore dans le effluents varie de 6 à 15 mg/l si l'élimination du phosphore n'est pas assurée durant l'épuration. La teneur en phosphore dans les eaux usées est généralement très faible. Mais s'il y'a un excès, le phosphore est retenue dans les sols par des réactions d'absorption et de précipitation. Cette rétention est d'autant plus effective que le sol contient des oxydes de fer, d'aluminium ou de calcium en quantité importantes (Faby, 2003).

c- Le potassium :

La concentration de potassium dans les effluents varie de 10 à 30 mg/l, et permet donc de répondre partiellement aux besoins des cultures (Faby, 2003).

d- Eléments traces :

Certains éléments traces sont nécessaires en très faibles quantités pour le développement des végétaux tels que le bore, le fer, le zinc, le manganèse, le cuivre.

L'irrigation avec les EU va apporter ces éléments mais aussi d'autre éléments non indispensables à la plante et très nocifs pour les êtres humains, tel que le plomb, le mercure, le cadmium, le brome, le fluor, l'aluminium, le nickel, le chrome, et le sélénium (Faby, 2003).

Tableau I-2 : Concentration en éléments traces recommandées pour les eaux D'irrigation.

Eléments (symbole)	Eaux utilisés en permanence sur tous types de sols (mg/l)	Utilisation allons jusqu'à 20 ans sur des sols à texture fine ayant un PH de 6 à 8,5 mg/l
Aluminium (Al)	5,0	20,0
Arsenic (As)	0,1	2,0
Béryllium (Be)	0,1	0,5
Bore (B)	1	2,0
Cadmium(Cd)	0,01	0,05

Chrome (Cr)	0,1	1,0
Cobalt (Co)	0,05	5,0
Cuivre (Cu)	0,2	5,0
Fluore (F)	1,0	15,0
Fer (Fe)	5,0	20,0
Plomb (Pb)	5,0	10,0
Lithium (Li)	2,5	2,5
Manganèse (Mn)	0,2	10,0
Molybdène (Mo)	1,01	0,05
Nickel (Ni)	0,2	2,0
Sélénium (Se)	0,02	0,02
Vanadium (V)	0,2	1,0
Zinc (Zn)	2,0	10,0

(Source: Faby, 2003).

Ces éléments ne doivent normalement pas endommager ni les plantes ni le sol.
Les éléments traces sont en générales fixer dans la couche supérieure dans l'eau.

● **Les métaux lourds :**

Les métaux lourds qui représentent les risques les plus notables sont : le cadmium, le cuivre, le plomb, le molybdène, le nickel et le zinc.

Les concentrations en métaux lourds dans les eaux usées traitées sont faibles et ne constituent pas un facteur limitant la réutilisation des eaux usées en irrigation. L'essentiel de ces métaux est retenue dans les boues des stations d'épuration.

● **Les éléments toxiques organiques :**

Une grande variété des composés organiques peut se trouve dans les effluents surtout en provenance des rejets industriels, certains se forment aussi lors des traitements de désinfection des effluents par le chlore.

Les principales familles de la chimie organique de synthèse sont les hydrocarbures polycycliques aromatiques, les chloraux-phénols, les ph-talâtes,...etc. Avec une concentration de l'ordre de 1 à 1µg/l dans les effluents (Faby, 2003).

3.2.4 Salinité :

Le principal critère d'évaluation de la qualité des eaux usées dans la perspective d'un projet d'irrigation est sa concentration totale en sels solubles. Elle est exprimée soit par la valeur de la conductivité électrique (CE) ou le résidu sec (RS).

La concentration en sel des eaux usées dépasse celle de l'eau potable.

Il y'a deux conséquences néfastes d'une salinité excessive dans les eaux usées d'irrigation :
Les dommages sur le sol et sur le rendement culturaux.

Les dommages causés à la culture.

–**Salinisation :**

Le phénomène d'évaporation des plantes peut conduire à l'augmentation de la salinité de l'eau du sol. La pression osmotique du sol augmente avec sa concentration en sel dissous, la plante consacre alors l'essentiel de son énergie, non pas à se développer mais à ajuster la

concentration en sel de son tissu végétale de manière à pouvoir extraire du sol l'eau qui est nécessaire (Faby, 2003).

Tableau I-3 : Classes de qualité de salure de l'eau d'irrigation

Qualité de l'eau	Sels solubles correspondants exprimés en NaCl
Excellente	<160
Faible salinité	160-500
Fort salinité	500-1500
Très forte salinité	1500-3600

(Source : Faby, 2003)

III- Les normes de qualité des eaux usées destinées à l'irrigation :

L'organisation de la santé mondiale (OMS) reconnaît depuis les années 1970, déclare l'importance de la réutilisation des eaux usées en irrigation ainsi ces avantages environnementaux et socio-économiques. Les experts de l'OMS ont conclu que la consommation d'aliments provenant des cultures irriguées par ces eaux entraîne des effets négatifs sur la santé publique en raison d'existence d'organismes pathogènes d'origines fécales. En effet, l'OMS a défini quatre mesures pour réduire le risque de la réutilisation des eaux usées sur la santé publique, dont : le traitement des eaux usées, la limitation des cultures, le contrôle de l'utilisation des eaux usées et d'exploitation. Par conséquent, l'OMS a élaboré une directive qui prend en considération ces quatre mesures en vue d'une réutilisation adéquate des eaux usées en agriculture. Elle a été nommée: la directive concernant la qualité microbiologique des eaux usées utilisées en agriculture.

Cette directive fixe le nombre de bactéries coliformes considérées comme indicateur d'organisme pathogène et le nombre d'œufs de nématodes acceptables dans un effluent final qui peut être destinés à l'irrigation, ces nombres sont considérés comme des normes. Donc la pollution microbiologique dans les eaux usées traitées selon l'OMS doit être moins de 1000 coliformes fécaux /100 ml et moins de 1 œuf d'helminthes/l. Ces normes ont pour objectif principal l'élimination des risques sanitaires pour pouvoir procéder à une irrigation sans restriction.

Les recommandations de l'OMS pour les rejets des eaux usées sont :

DBO5 ≤ 25 mg/l

DCO ≤ 125 mg/l

MES ≤ 35 mg/l

Ces normes définissent la qualité des eaux usées destinées à l'irrigation . Elles ont été établies a fin de :

- Protéger les usagers et les ouvriers agricoles.
- Protéger les consommateurs des produits agricoles.
- Protéger les ressources en eau superficiels et souterraines et les sols.
- Protéger le matériel d'irrigation.
- Maintenir les rendements acceptables.

Tableau I-4 : les valeurs limites des paramètres bactériologiques.

Paramètres	Valeurs limites
Coliformes fécaux	1000/100ml
Salmonelle	Absence dans 5 L
Vibrion cholérique	Absence dans 450 ml

(Source :www.eau-tensift.net, 2012).

Tableau I-5 : les valeurs limites des paramètres parasitologiques.

Paramètres	Valeurs limites
Parasites pathogènes	Absence
Œufs, kystes de parasites	Absence
Larves de d'ankylostomides	Absence
Fluococercaires de schistosomes hoematobium	Absence

(Source :www.eau-tensift.net, 2012).

Tableau I-6 : les valeurs limites de paramètres toxiques.

Paramètres	Valeurs limites (mg/l)
Mercure(Hg)	0,001
Cadmium (Cd)	0,01
Arsenic (Ar)	0,1
Chlore totale Cr)	1
Plomb (Pb)	5
Cuivre (Cu)	2
Zinc (Zn)	2
Sélénium (Se)	0,02
Fluor (F)	1
Cyanures (C)	1
Phénols (Ph)	3
Aluminium (Al)	5
Béryllium (BE)	0,1
Cobalt (Co)	0,5
Fer (Fe)	5
Lithium (Li)	2,5
Manganèse (Mn)	0,2
Molybdène (Mo)	0,01
Nickel (Ni)	2
Vanadium (V)	0,1

(Source :www.eau-tensift.net, 2012)

IV- Les principales voies de la réutilisation des eaux usées :

L'objectif principale de la réutilisation des eaux usées épurées est non seulement de fournir des qualités supplémentaires d'eau de bonne qualité, mais également d'assurer l'équilibre dans le cycle des ressources en eau et la protection d'environnement.

La REUE est considérée comme une stratégie planifiée qui vise la production des quantités complémentaires en eau pour différents usages à fin de combler des déficits hydriques.

L'évolution de la REUE a connu et connaît encore à l'heure actuelle différentes phases en fonction des intérêts mis en jeu, qu'ils soient économiques, sanitaires, socioculturels, ou environnementaux. Elle est liée aux développements de l'ingénierie des eaux usées, couplée aux pressions croissantes exercées sur les ressources en eau. Actuellement, les possibilités de la REUE sont très larges, quand la qualité est adéquate avec l'usage.

Tableau I-7 : L'utilisation des eaux usées en quelques domaines.

Utilisation	Pays
La fertilisation du sol	Chine, Thaïlande, Inde, Japon
La production de biogaz	Chine, Inde
La fertilisation des étangs (pisciculture)	Chine, Indonésie, Malaisie
La production des plantes aquatiques	Sud Est d'Asie, Vietnam
L'utilisation de la boue des eaux usées en agriculture	Kenya, UK, USA
La production des algues par stabilisation des étangs	Palestine, Japon, Mexique

1. Agriculture irriguée :

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

2. La réutilisation industrielle :

Les eaux usées épurées peuvent être utilisées dans les activités industrielles telles que la production d'énergie qui utilise beaucoup d'eau pour le refroidissement des machines, ou dans les stations de lavage de voiture, l'industrie du papier, la production d'aciers, de textiles,... etc.

3. La réutilisation urbaine :

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

4. production de l'eau potable :

Pour la production de l'eau potable plusieurs pays exigent des normes très sévères

l'élimination de totale des virus (l'Afrique du Sud et l'Australie).

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

5. la recharge des nappes :

la principale motivation concernant la recharge de nappe est la dégradation de sa qualité environnementale et/ou la diminution de sa réserve en eau. Ce mode de réutilisation a lieu essentiellement dans des zones arides qui doivent faire face à des problèmes d'assèchement de nappe, ou dans des zones côtiers ou les nappes sont envahies par l'eau de mer.

Il existe deux moyens de recharger une nappe phréatique :

- par percolation .
- par recharge directe.

6. Autres :

On peut utiliser les eaux usées dans d'autre domaine comme la pisciculture et l'aquaculture.

V- Avantages et contraintes liées à la réutilisation des eaux usées épurées :

1. Avantages :

La principale motivation qui justifie un projet de réutilisation des EUE est de réaliser des économies d'eau ou des accroitre la disponibilité de la ressource.

Selon la FAO, 2003, l'utilisation agricole des EUE a des fin agricoles peut être avantageuses sur plusieurs plans notamment :

- La suppression des rejets en eau de surface .
- La sauvegarde des ressources en eaux souterraines dans les zones de surexploitation de ces ressources pour l'agriculture.
- La possibilité de conservation des sols et de leur amélioration par l'apport d'humus sur les terres agricoles et de prévention de l'érosion.

Selon Mara, 2004, L'irrigation des terres se traduit par une meilleure productivité et des gains économiques conséquents. Comme en témoigne le tableau suivant qui compare les rendements des différents situations.

Tableau I-8 : la comparaison des rendements en t/ha.

Eau d'irrigation	Blé	Riz	Pomme de terre
Eaux usées brutes	3,34	2,97	23,11
Eaux traitées par lagunage	3,45	2,98	22,31
Eaux fraiche +NPK	2,70	2,03	17,16

(Source :Mara, 2004)

2. Contraintes :

Les applications des projets de réutilisations des EUE sont multiples. L'utilisation d'EUE pour l'irrigation peut avoir également des effets négatifs sur l'environnement et la santé humaine.

Les principaux dangers pour l'environnement associés à l'eau usée sont :

- L'introduction des produits chimiques dans des écosystèmes sensibles (principalement le sol, l'eau et les plantes).
- La contamination par des microorganismes pathogènes.

VI- La réutilisation des eaux usées en agriculture dans le monde :

La réutilisation des EUE est une pratique très répandue dans les régions du monde qui subissent des pénuries d'eau. Elle est par exemple, très développée aux Etats-Unis, au Mexique et plusieurs pays d'Amérique du Sud, l'Australie, l'Afrique du Sud, le Japon, la Chine et les pays du Golfe persique. Certains pays ont comme objectif de satisfaire 10 à 60% de leur demande en eau par cette ressource alternative dans les 5 à 10 prochaines années (Lazarova, et al, 2013).

Selon Lazarova, et al, 2013, pendant les dix dernières années la réutilisation des eaux usées a connu une croissance de l'ordre de 10 à 29% par an ; en Europe, aux Etats-Unis et en Chine et jusqu'à 41% en Australie, cependant, seulement 5% des EUE de la planète sont réutilisées à l'heure actuelle, ce qui représente un volume global de 7,1 milliards de m³ par an, soit de 0,18 % de la demande mondiale en eau.

Le bassin méditerranéen est l'une des régions où la réutilisation agricole des EUE est de plus en plus pratiquée. A titre d'exemple elle est largement répandue en Palestine, La Tunisie et Espagne.

VII- La réutilisation des eaux usées en agriculture en Algérie :

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

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

Afin de satisfaire les besoins en eaux agricoles, dans les régions déficitaires en ressources en eau conventionnelles, une nouvelle stratégie est adoptée par les autorités nationales, celle de la réutilisation des EUE.

A l'état actuel, trois projets sont mis en exploitation depuis 2007, situés dans les wilayas de Boummerdes, Bourdj Bou Arreridj et Tlemcen. Le volume de l'EUE est estimé à 9,81 hm³/an satisfaisant en irrigation une superficie de près de 1285 ha.

S'ajoutent à ces volumes 79 hm³ d'EUE à mobiliser pour l'irrigation de plus de 7570 ha dans les wilayas de Constantine, souk Ahras, Sétif et Oran.

Sept autres études sont achevées concernant les wilayas de : Alger, Ouargla, Mascara, Médéa, Chleff, Saida. Les résultats de ces études ont montré qu'il y a une possibilité de mobiliser une de 54,43 hm³/an d'EUE pour satisfaire plus de 9799 ha. D'autre part, six autres projets dont les études de faisabilité sont en cours (Tipaza, Beni Messous, Skikda, Annaba et

Laghouat) ,vont faire ressortir un volume supplémentaire de 51,36 hm³/an qui sera être destiné à l'irrigation de 838 ha(ONA ,2014)..

Durant l'année 2019, un volume de 12.325.269 m³ d'EUE ont servi à l'irrigation de 10,045 ha de terres agricoles, soit un taux de réutilisation des EUE en agriculture de 31% du volume épurées(ONA ,2014).

Tableau I-9 : quelque chiffres des volumes des eaux usées épurées réutilisées en Algérie

Domaines de réutilisation	volumes des eaux
Agriculture	13 424 789 m ³
Lutte contre l'incendie	138 066 m ³
Arrosages des arbres	1 077 665 m ³
Lavages des chaussées	370 m ³

(Source : ONA,2014).

● **Le secteur agricole en Algérie :**

le secteur agricole Algérien regroupe l'agriculture, l'hydraulique agricole, les forêts et les pêches. Il se caractérise par la fragilité du potentiel hydrique (la surface agricole utilisée estimée à 8,458 millions d'hectare en 2020), dont la majeure partie est soumise à un climat aride et semi-aride. Ce qui constitue une menace pour les équilibres écologiques des différentes régions naturelles. La Surface Agricole Utile (SAU) par habitant n'a cessé de se dégrader comme l'indiquent le conseil national économique et social. La SAU est occupées principalement par les cultures céréalières qui représentent 57,49 % , suivies des autres cultures : les légumes secs, les cultures maraichères, l'arboriculture fruitière et la viticulture .

VIII- Conclusion partielle :

La pratique de la réutilisation agricole des eaux épurées nécessite le respect des normes nationales et intentionnelles des rejets dans les milieux récepteurs. D'après les études, ces eaux résiduaires et de drainage peuvent causer l'augmentation du niveau piézométrique de la nappe phréatique, ainsi la modification des caractères physicochimique ou microbiologiques.

Chapitre II :
Présentation de la
zone d'étude

I- Introduction partielle :

Il est essentiel de bien connaître la zone d'étude afin de déterminer et cerner les principaux facteurs influençant le traitement des eaux usées, et de ce fait, la qualité des eaux usées épurées. Pour cela on va se baser sur l'environnement du site : 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 Dounia 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.

II- Délimitation spatiale :

La délimitation spatiale de la zone d'étude dépend essentiellement :

Du site accueillant la station d'épuration de BENI MESSOUS.

De la région concernée par la réutilisation des eaux usées épurées.

Des terres à irriguer à partir des eaux usées épurées de la STEP de BENI MESSOUS.

III- Localisation géographique :

La STEP de BENI MESSOUS est destinée à épurer les eaux usées de la partie Ouest de la wilaya d'Alger. elle est localisée au centre du pays à une distance de 15km à l'ouest de la wilaya, Elle est située sur la route nationale N°11, s'étend sur le long de la méditerranée, sur une bande côtière d'environ 50km a une côte du terrain variant de 7 à 10 NGA environ, Le secteur urbanisé se situe surtout sur le versant nord-est de la montagne du sahel, en direction de la mer, au-dessous de la partie occidentale de la baie d'Alger et jusqu'à la plaine de Mitidja. Cette dernière occupe une superficie totale d'environ 17 ha . 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. Elle est répertoriée comme zone d'expansion touristique.

Le périmètre de Parc dounia est distribué dans plusieurs régions :

Récapitulatif des surfaces:

01-DELY BRAHIM:196 ha

02-EL ACHOUR:544 ha

03-OUELED FAYET:203 ha

04-BABA HSEN:96 ha

05-DRARIA:20 ha

TOTAL: 1059 HA

1. caractéristiques climatiques :

Puisque la zone d'étude ne contient pas de station météorologique, l'analyse de paramètres climatiques est basée sur les données de la station la plus proche, c'elles de Dar EL Beida présentant les mêmes caractéristiques de la région d'étude.

Tableau II-1 : Caractéristiques de la station de référence (Dar El Beida)

Indicatif	390
Latitude	36°41
Longitude	03°13 ^E
Altitude	25m



Figure II-1 : Carte de situation de la zone d'étude (ANRH alger)

1.1 Les précipitations :

Tableau II-2 : Moyennes mensuelles et annuelle des précipitations (période 2000-2019)

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moy. A
Pmax (mm)	109.05	100.42	74.09	61.04	47.89	9.6	1.41	7.81	36.74	62.03	147.91	110.64	62.03
Pmoy (mm)	112.80	104.48	75.21	61.81	49.87	10.02	1	7.14	34.85	64.05	145.05	113.40	779.73

(Source : ANRH)

D'après ce tableau, on remarque que la valeur maximale des précipitations est enregistrée au mois de Novembre 145.05 mm, tandis que le minimum est atteint au mois de Juillet 1 mm. La pluviométrie moyenne annuelle pour cette station est de 779.73 mm.

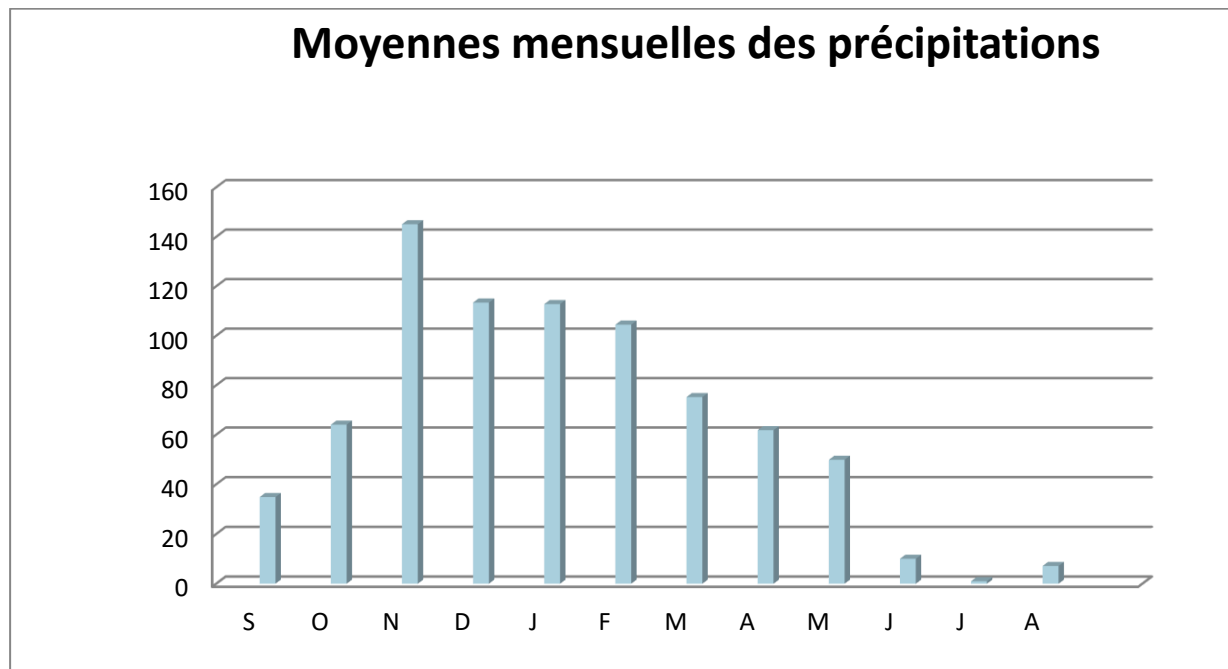


Figure II-2 : Représentation graphique des moyennes mensuelles des précipitations.

1.2 La température :

Tableau II-3 : Moyennes mensuelles et annuelle températures (période 1994-2008)

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	MOY. 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	17,75
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 pendant les trois mois d'hiver (Décembre, Janvier, Février) est atteint un minimum de 10,79°C en Février, elle augmente pendant les mois d'été (Juin, Juillet, Aout, Septembre) et atteint un maximum de 26,34°C en Aout.

La proximité de la mer a un impact 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.

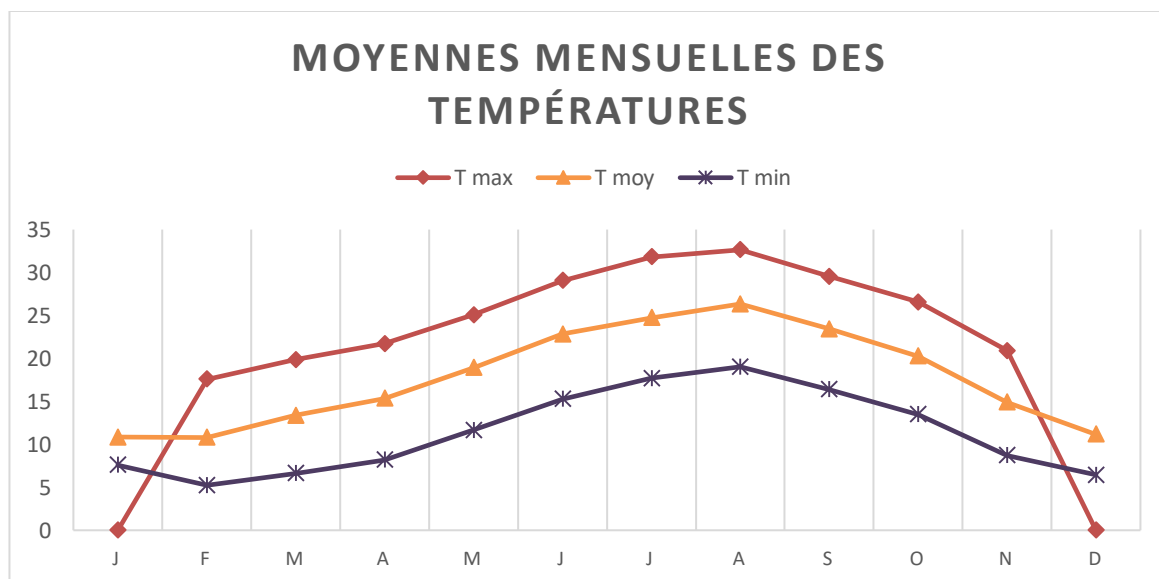


Figure II-3 : Moyennes mensuelles des températures

1.3 L'évaporation :

Tableau II-4 : Moyennes mensuelles et annuelle de l'évaporation (période 1994-2008)

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	MO Y.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	72,42

(Source : ONM)

Le tableau ci-dessus montre que l'évaporation est importante en été. Elle atteint son maximum au moins d'Aout avec une valeur de 111mm. Le minimum est enregistré au mois de Février avec une valeur de 48,07mm, celle de la moyenne annuelle est de 72,42mm.

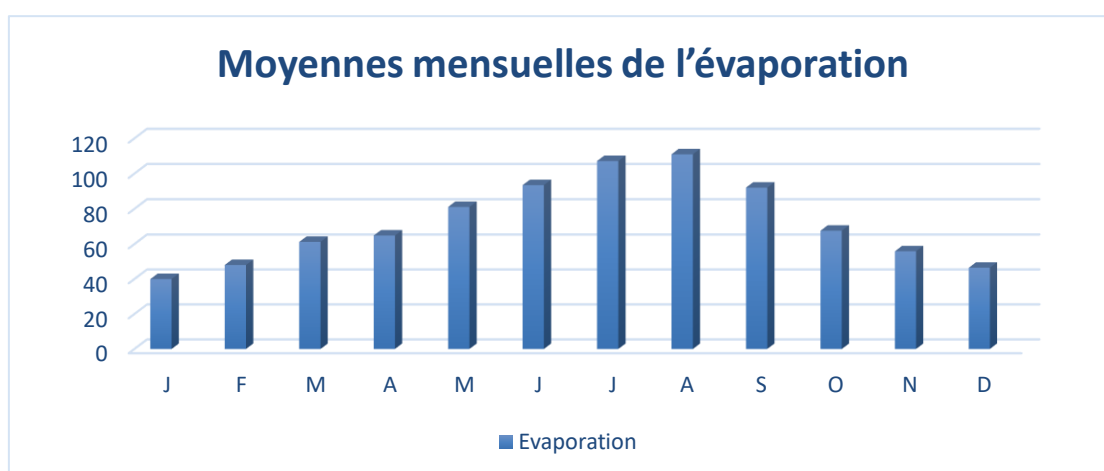


Figure II-4 : Représentation graphique moyenne mensuelle de l'évaporation

1.4 Le vent :

Tableau II-5 : Moyennes mensuelles et annuelle du vent (période 1994-2008)

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	MOY. A
V (moy) m/s	1,74	2,35	2,81	2,5 2	2,51	2,7 4	2,6 8	2,39	2,3	1,7 6	2,17	2,0 5	2.32

(Source : ONM)

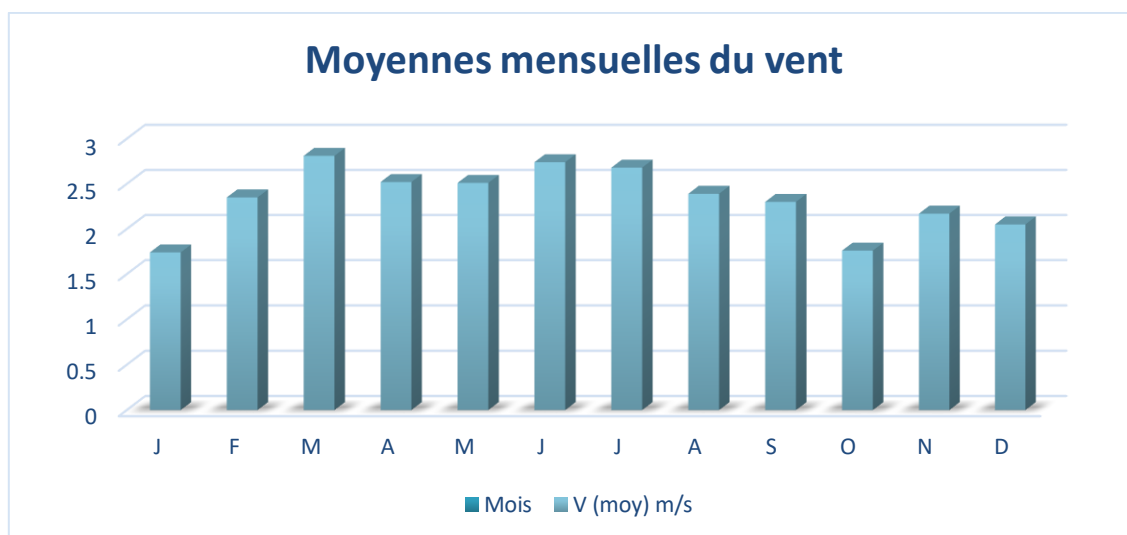


Figure II-5 : Représentation graphique des moyennes mensuelles de la vitesse des vents.

• La direction des vents:

Tableau II-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
Été	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)

1.5 L'ensoleillement:

Tableau II-7 : 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)

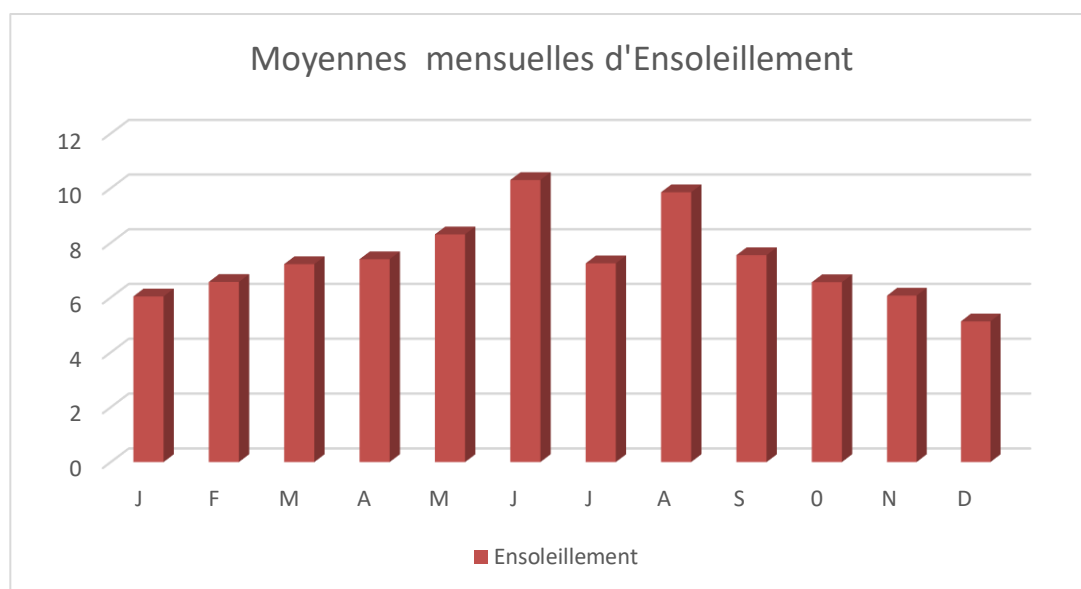


Figure II-6 : moyennes mensuelles de l'ensoleillement

1.6 L'humidité

Tableau II-8: 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	66,6	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 %.

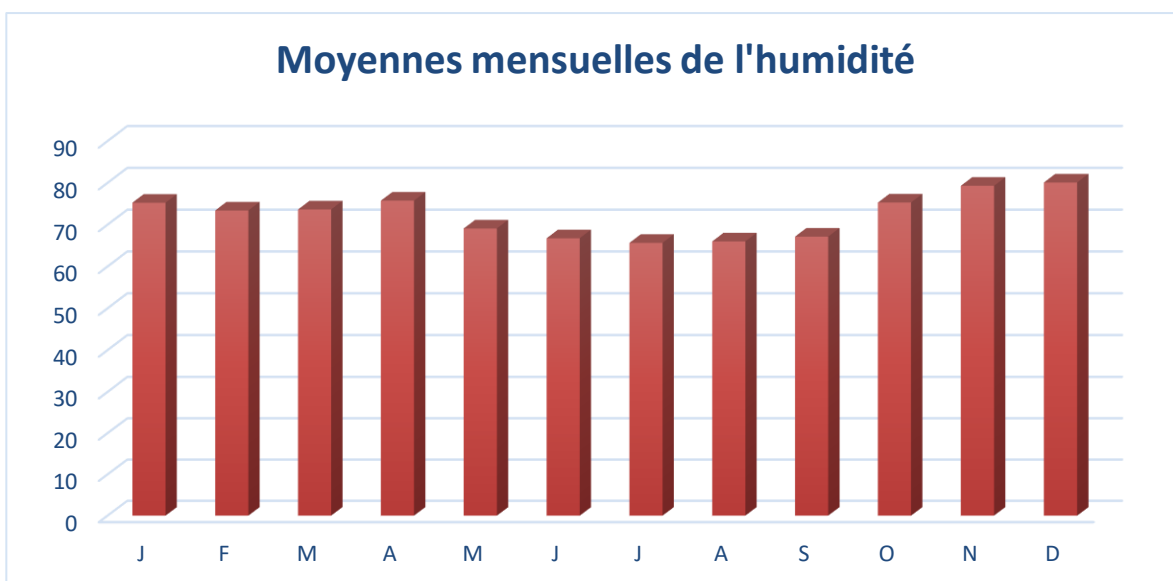


Figure II-7 : moyennes mensuelles d'humidité

1.8 L'évapotranspiration :

Tableau II-9 : Moyennes mensuelles et annuelle de l'évapotranspiration

(Période : 1994-2008)

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.

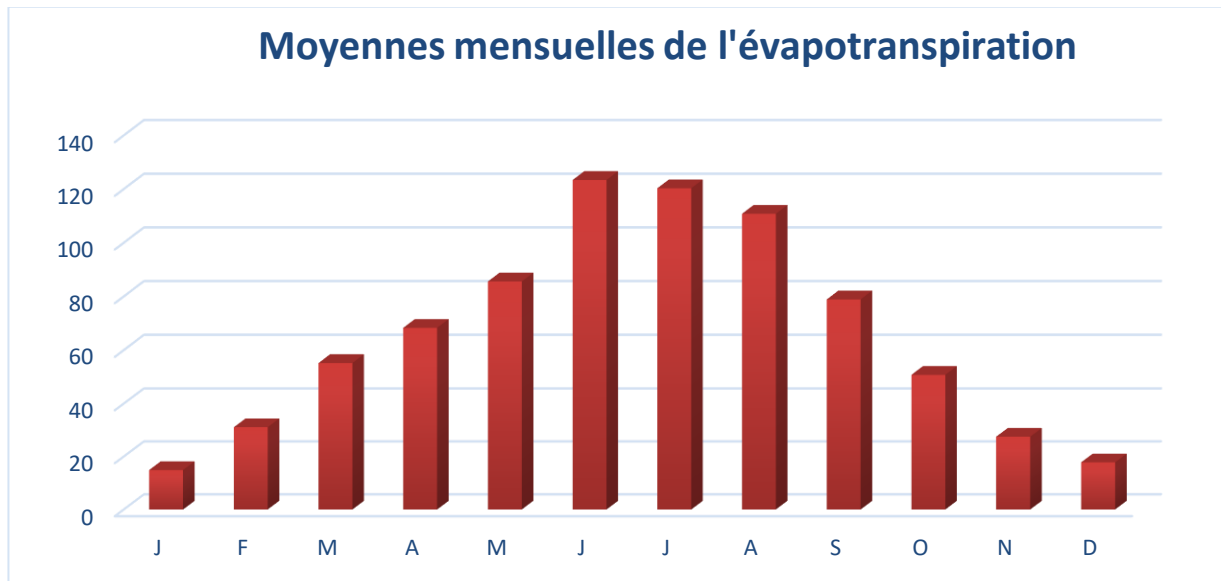


Figure II-8 : Moyennes mensuelles de l'évapotranspiration

2. Classification de climat :

2.1 Classification du climat selon l'indice de MARTON :

L'indice d'aridité ou de MARTON est un paramètre de classification du climat qui nous offre le moyen de savoir facilement 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 :

I_A : indice de MARTON

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

T : température moyenne annuelle en °c

TableauII-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=779.73mm

T=17.75 °C

On aura : $I_A = \frac{P}{T+10} = 28.09$

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

2.2 Classification du climat selon le diagramme d'EMBERGER :

La méthode est fondée sur un diagramme dressé par EMBERGER qui nous informe sur le type de climat, qui caractérise une région donnée en corrélation avec des facteurs climatiques (température max ; min et précipitation) ainsi que la nature de la saison hivernale. Le quotient d'EMBERGER qui a été projeté sur le diagramme bioclimatique est le suivant :

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

Avec :

P : précipitation moyenne annuelle de la région (mm)

M : température moyenne maximale du mois le plus chaud en (K°)

m : température moyenne minimale du mois le plus froid en (K°)

Pour :

P=779.73mm

M= 26.34 +273= 299.34K°.

m=10.82 +273= 283.82K°.

$$\text{On aura : } Q = \frac{2000*779.73}{(299.34^2 - 283.82^2)} = 172.303$$

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 (**FigureII-9**).

A l'analyse de la figure 9, on constate que la région se caractérise par un climat sub humide à hiver doux ou tempéré.

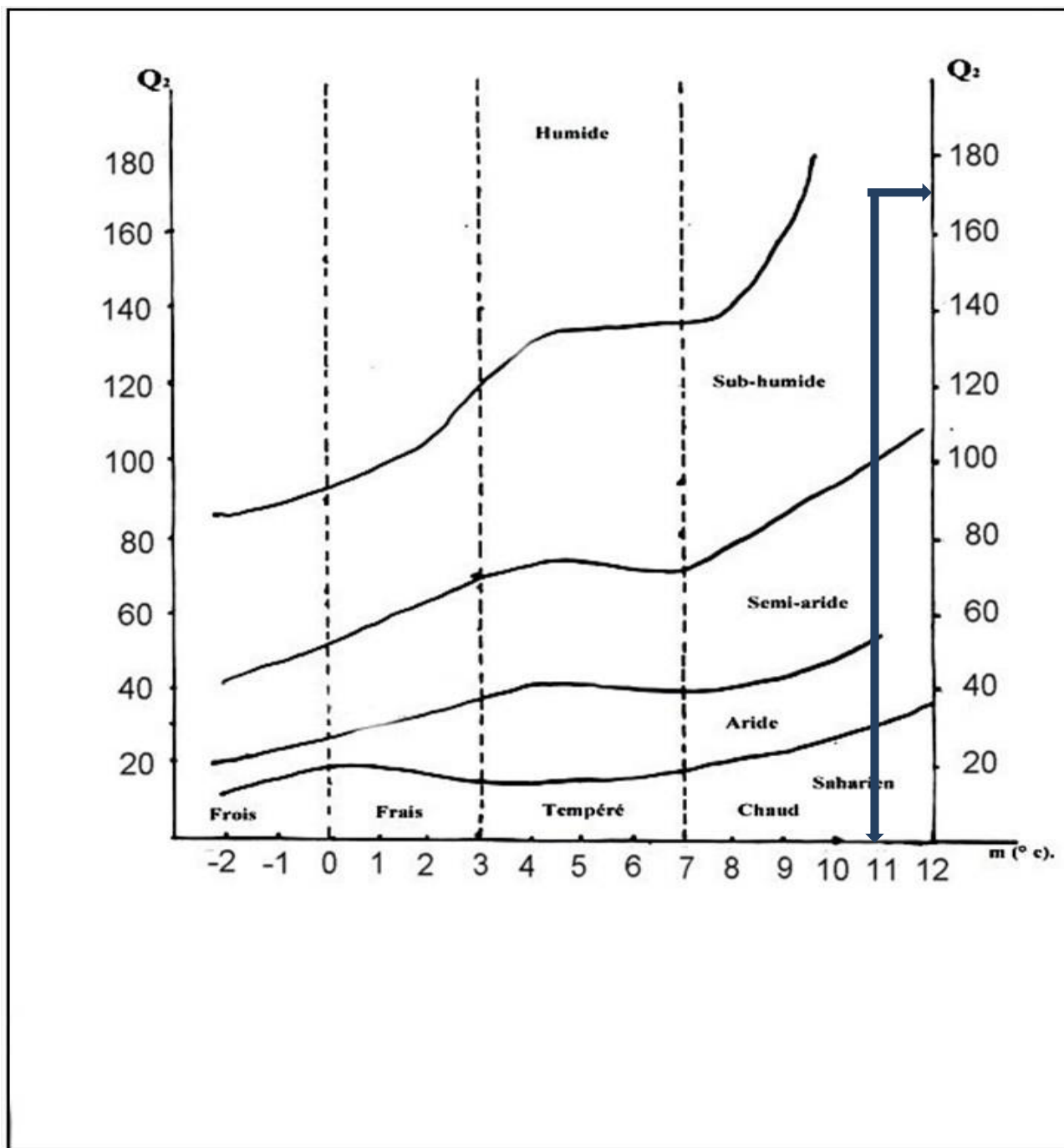


Figure II-9 : Climagramme pluviothermique d'Emberger

2.3 Climagramme de Bagnols et Gausсен :

Pour connaître la succession de périodes sèches et humides durant l'année, on trace le Climagramme de Gausсен à l'aide des données climatiques.

Le graphe est construit en mettant en abscisse les mois et en ordonnée les valeurs moyennes mensuelles des températures et des pluies dont l'échelle est égale à la moitié de celle des précipitations. Lorsque la courbe des températures dépasse celle des précipitations, il y'a sécheresse, dans le cas contraire on dit que la période est humide.

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.

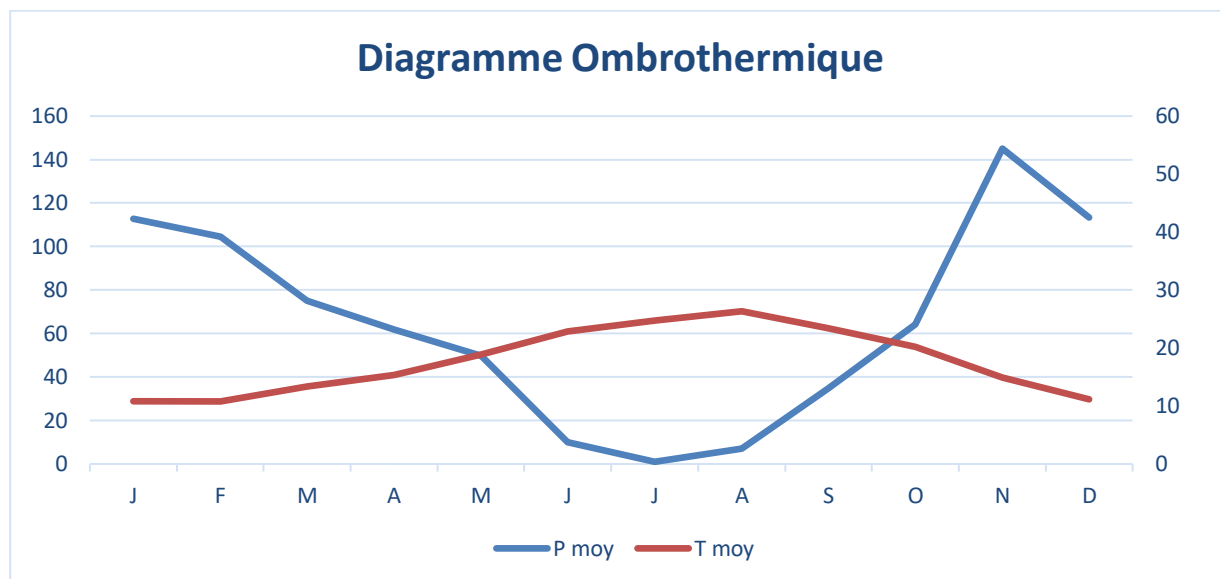


Figure II-10 : Diagramme Ombrothermique

3. Les caractéristiques géologiques :

La zone d'étude est constituée par des roches sédimentaires, reposant sur la mole de Bouzereah forme de roches métamorphiques.

Dans la partie Nord-Est de la zone d'étude se rencontre quelques affleurements de terrains métamorphiques, gneiss à la pointe de Sidi Ferruch, micaschistes à séricités à Ain Benian et sur les pentes du massif de Bainem.

Le plateau d'Ain Benian est en partie recouvert de dépôt torrentiel provenant des micaschistes et schistes du massif de Bouzéréah.

3.1 Stratigraphie :

Les roches métamorphiques forment la mole de Bouzereah qui s'étant depuis la mer au nord (région de Bologhine, Deux Moulins, Pointe Pescade), jusqu'aux confins de Béni Messous, et depuis Bainem à l'ouest, jusqu'à Bab El Oued à l'est. Les roches qui constituent cette série sont formées par :

- 1- Des schistes à sericite.
- 2- Des schistes à grenats.
- 3- Des schistes à sericités et à feldspathes.
- 4- Des micaschistes à deux micas.

- 5- Des quartzites.
- 6- Des niveaux de calcaires cristallins lenticulaires intercalés dans les micaschistes.
- 7- Des gneiss parfois œillet.

-Le Miocène inférieur (Burdigalien) : Représenté par des grès et des poudingues. Ce sont les formations les plus anciennes de la région, elle repose sur les formations métamorphiques sous forme d'une mince bande limitant par le sud le mole de Bouzereah. Cette bande s'étant depuis Air de France à l'ouest jusqu'à El Biar à l'est.

-Le Pliocène inférieur (Plaisancien) : Il est constitué par des marnes gris-bleu, qui affleurent dans la zone limitée par Bouchaoui, Cheraga au nord, Ouled Fayet au sud et El Achour au sud-est. On le retrouve également dans la région de Sidi Ferruch et Staouéli, où il est recouvert par les dépôts du Quaternaire.

Son épaisseur n'est pas connue dans la zone du parc des Grands Vents, un forage réalisé dans les années 1970 près de Staouéli montre que l'épaisseur du Plaisancien est de l'ordre de 1000 m.

-Le Pliocène supérieur (Astien) :

L'Astien que l'on rencontre dans tout le Sahel, et même dans la Mitidja, sous le recouvrement Quaternaire présente plusieurs faciès :

1-Faciès argileux sableux de couleur grise ou jaune. Il affleure à l'est d'El Achour et se prolonge vers le sud ainsi que dans la région de Château neuf.

2-Un faciès gréseux ou argileux gréseux, formant une large bande de direction NW- SE entre Cheraga et Delly Brahim. Il se présente sous forme de dalles, de miches, ou de plaquettes, avec ou sans argiles.

3-Un faciès calcaire, ou calcaréo-gréseux, qui affleure sur une grande surface entre El Achour et Tixeraine. Il est généralement associé à un faciès argilo-sableux.

4-Les calcaires à lithotamniées, qui occupent de grandes surfaces allant de Ben Aknoun au nord-ouest jusqu'à Birkhadem et Saoula au sud-est, en passant par Hydra, El Biar, et Mustapha.

Il s'agit d'une formation de calcaire littoral, qui se présente sous forme de bancs réguliers, parfois dur est compacte et souvent tendre, avec de nombreuses stratifications croisées.

-Le Quaternaire, représenté par :

Le Pléistocène : Constitué par des dunes consolidées, qui ont été déposées lors de la phase de régression de la mer. Elles s'étendent le long de la côte depuis Zeralda jusqu'à Baïnem en passant par Staouéli.

Le Villafranchien : Recouvre le Plaisancien et une partie du Pléistocène. Il est constitué par des sables argileux plus ou moins rubéfiés, et en certains endroits par des graviers provenant de la décalcification des poudingues marins.

Il couvre toute la zone située à l'ouest de Cheraga et s'étend jusqu'à Staouéli et Bouchaoui.

On le retrouve également dans la région de Béni Messous et de manière discontinue au dessus des calcaires à Lithotamniées entre Ben Aknoun et Bir Mourad Rais.

Les formations actuelles : Sont représentées par des dunes actuelles le long de la cote entre Zeralda et La Madrague. Ce sont des alluvions récentes (dépôts torrentiels du plateau de Ain Benian) que l'on retrouve au contact du mole de Bouzereah sur sa bordure ouest.

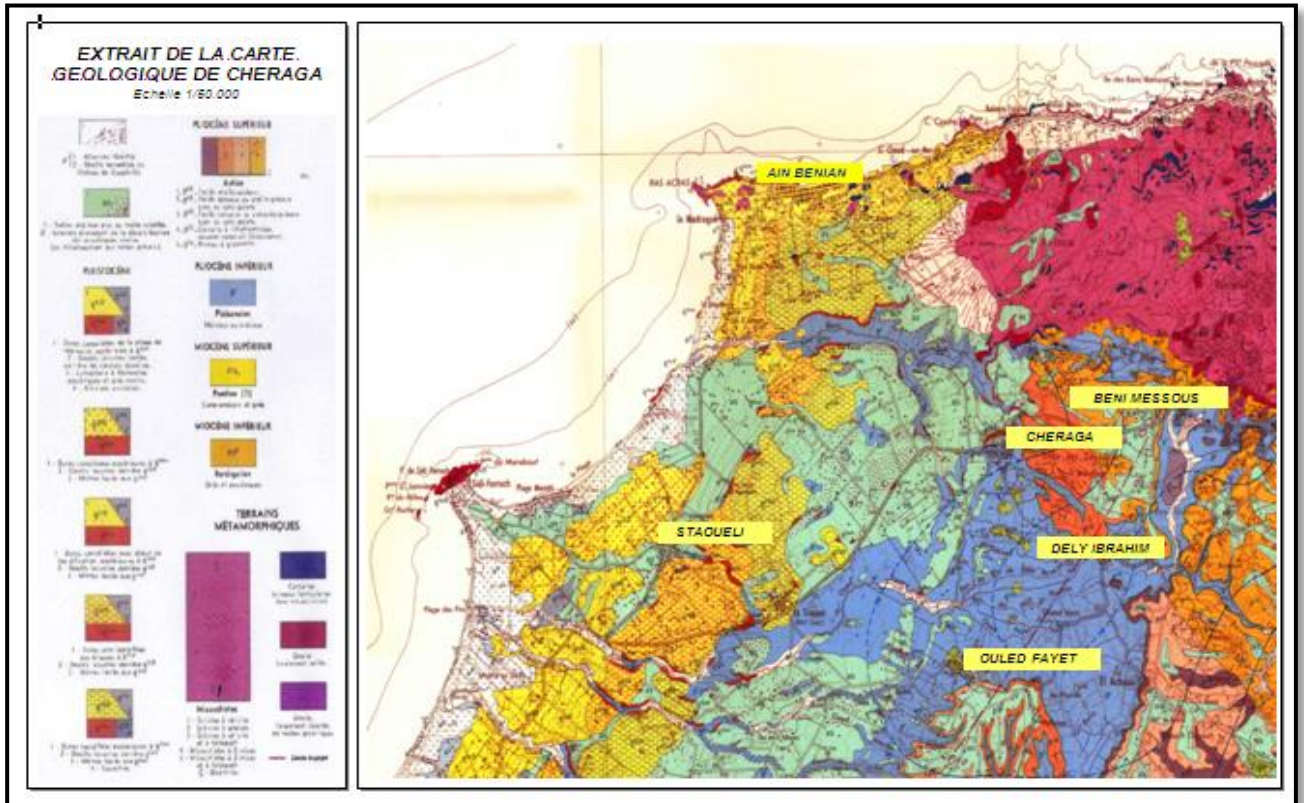
3.2 Tectonique :

La structure actuelle du Sahel a été mis en place durant la Pliocène. Il s'agit d'un anticlinal à grand rayon de courbure. Après les dépôts des sédiments marins et lagunaires, du Plaisancien et de l'Astien, le Sahel s'est individualisé en une ride anticlinale.

Au sud de cet anticlinal, apparaît un sillon subsident (Actuelle Mitidja), où s'accumulent les dépôts fluvio-lacustres provenant de l'Atlas. Les différentes phases tectoniques qui ont affecté la région d'Alger sont résumées dans le tableau ci-dessous.

Tableau II-11: Phases tectonique de la région d'Alger

Age	Style Tectonique	Principales Manifestations
Postastien	Déformation à grand rayon de courbure	- Anticlinal du sahel - Synclinal Mitidjien
Miocène Inférieur	Retrecissement du Socle	Mise en place des nappes telliennes par glissements vers les zones affaissées
Lutetien Supérieur à STAMPIEN	Phase de compression	- Mise en place de la chaîne calcaire du Primaire du Chenoua - Nappe du flysch Albo-Aptien - Plissement et surrection des terrains crétacés de l'Atlas et du Zaccars
Aptien -Albien	Déformations à grand rayon de courbure	- La région est plissée et découpée en compartiments



FigureII-11 : Carte géologique de la zone d'étude (Extrait de la carte géologique de Chéragua « Echelle 1/60 000 »)

4. Les caractéristiques hydrologiques et hydrogéologiques :

4.1 Hydrologiques :

La région étudiée est caractérisée par des oueds pérennes qui ont un débit d'étiage excessivement 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 descend vers l'Ouest en direction de CHERAGA puis tourne à droite pour terminer sa course entre Ain Benian et Staoueli. Par sa longueur 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 rodes.

CHAPITRE II

Présentation de la zone d'étude

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

Bassin versant de l'oued Beni Messous :

Le bassin versant de l'oued Beni Messous concerne les communes de Bouzaréah, Chéraga, Beni Messous, Dely Ibrahim et Ain Benian. L'oued Beni Messous, qui est le cours d'eau principal de ce bassin versant, prend sa source au mont de Bouzaréah et traverse le village de Beni Messous pour se rejeter en mer au niveau d'une mini baie appelée « les dunes » et qui fait partie de la baie d'El Djamila. La longueur totale de l'oued Beni Messous est de **11,82 km**. Il draine une superficie estimée à **33,42 km²**, avec un périmètre de 27,26 km. Sa pente moyenne est de l'ordre de 3% avec une altitude maximale de 360 m au niveau de Bouzaréah et un minimal de 0 m au niveau de la mer. C'est une zone qui alterne entre une topographie de plaine dans sa partie littorale, et un relief de colline dans une grande partie de son territoire.

Les apports pluviaux moyens annuels du bassin versant, selon la carte pluviométrique de l'Algérie du Nord (ANRH) se situe entre 700 et 800 mm donc une pluie moyenne inter annuelle de 750mm.

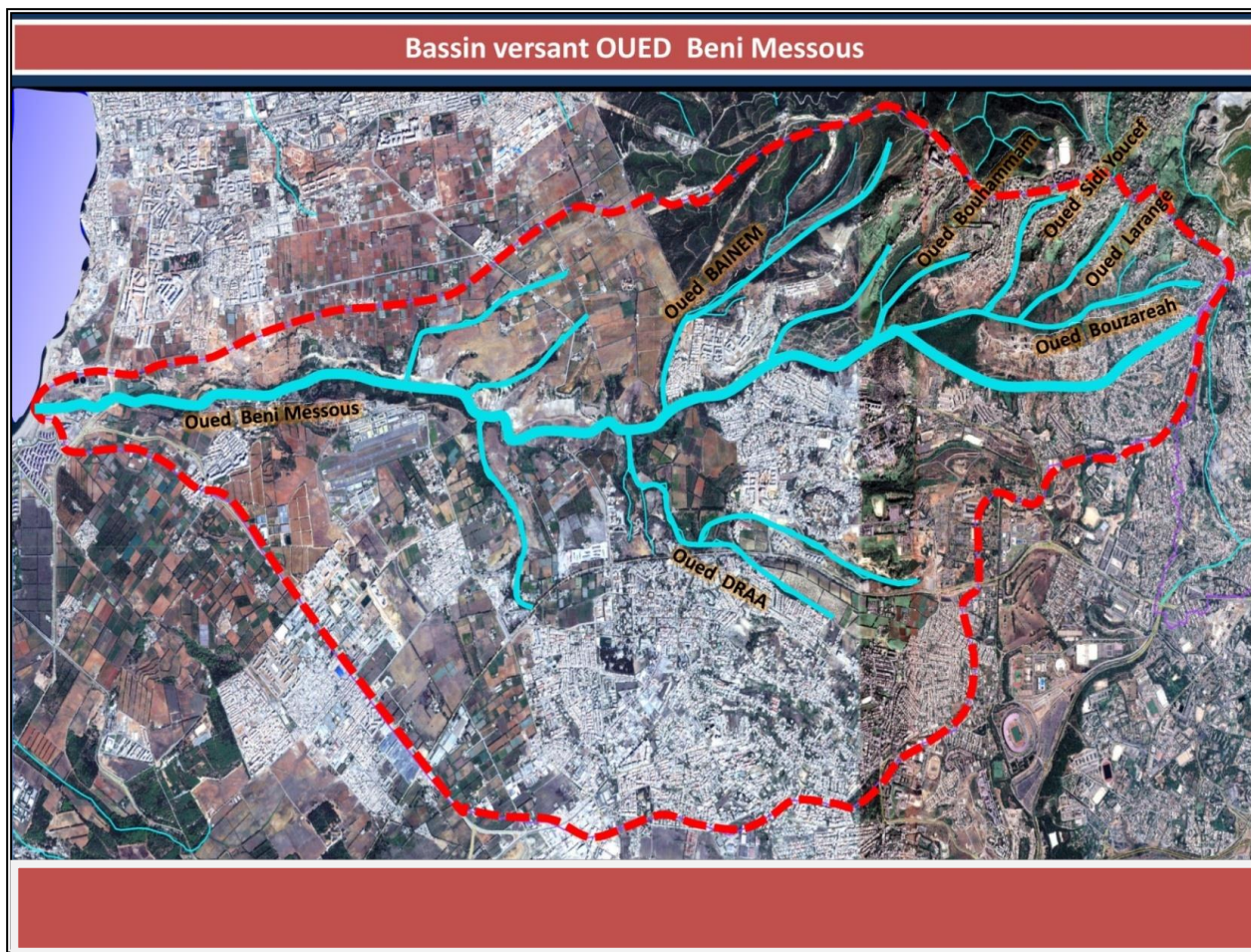


Figure II-12 : Carte du réseau hydrographique du bassin versant de l'Oued Beni Messous

4.1 Hydrogéologiques :

Les eaux souterraines de la zone d'étude se manifestent sous forme de sources ou des 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 grès 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 de l'astienne : les interstices se trouvant dans les grès constituent une roche favorable à l'emmagasinement de l'eau, mais l'essentiel se trouve entre l'astien et le plaisantin dont ce dernier constitue la couche planché permettant de garder une nappe de 5m de hauteur, des sources de résurgence peuvent apparaître en surface à certains endroits.

Le substratum rattaché aux nappes phréatiques du Sahel est caractérisé par une bonne perméabilité. Les grès et poudingues carteniens, qui affleurent d'Alger à la tribu de Beni Messous contiennent une nappe qui s'épanche par quelques petites sources descendant vers l'oued Beni Messous. Cette nappe, liée dans la zone d'affleurement à la nappe phréatique des terrains anciens, se met en charge vers le Sud sous les marnes bleues.

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 Marsa et Heroua à l'Est, ainsi que les communes de Hama 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).

HYDROLOGIE	HYDRAULIQUE
station de jaugeage	Barrage
Limite du bassin versant	Canal de drainage
Oueds permanents	Conduite d'eau et champs de captage des eaux souterraines
Oueds temporaires	

EAUX SOUTERRAINES	
Ligne de partage des eaux souterraines	CONDITIONS AUX LIMITES (sur superficie totale): 1 - Limite étanche 2 - Limite non étanche 3 - Perte de la nappe 4 - Apport de la nappe
Courbe hydro-isotopie	
Limite de la zone d'artificialité	
Limite de la nappe captive	
 10^{-1} 5×10^{-2} 2×10^{-2} 10^{-2} 2×10^{-3} $< 10^{-3}$	Valeur de la transmissivité en m^2/s , pour le BRG et le GMF

POINTS D'EAU	
Source avec un débit d'étiage moyen inférieur à 5 ls	Puits
Source avec un débit d'étiage moyen compris entre 5 et 10 ls	Forage d'eau
Source avec un débit d'étiage supérieur à 10 ls	Forage d'eau exploitant un aquifère profond
Source captée	Forage de reconnaissance
Source thermique	les sources ressortent au BRG de Alger et la Météo d'Alger

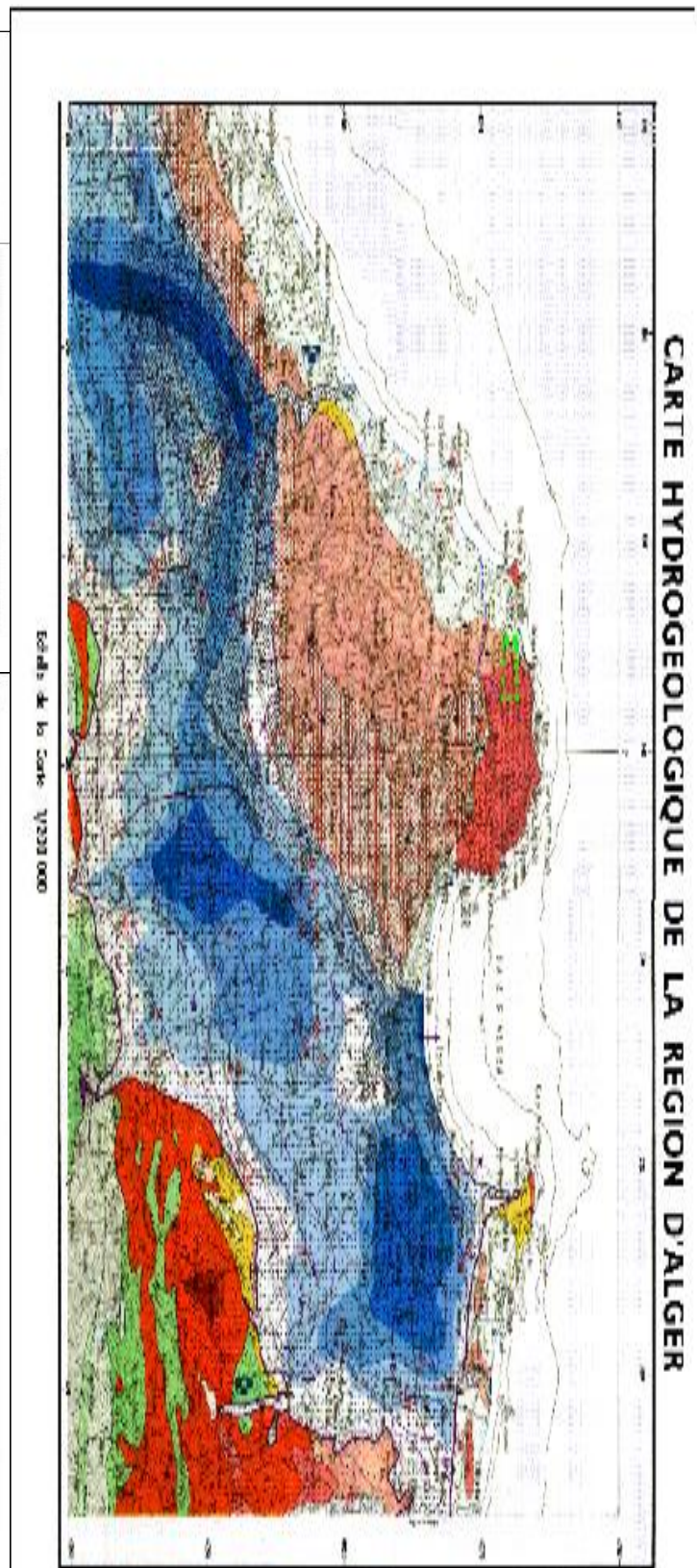
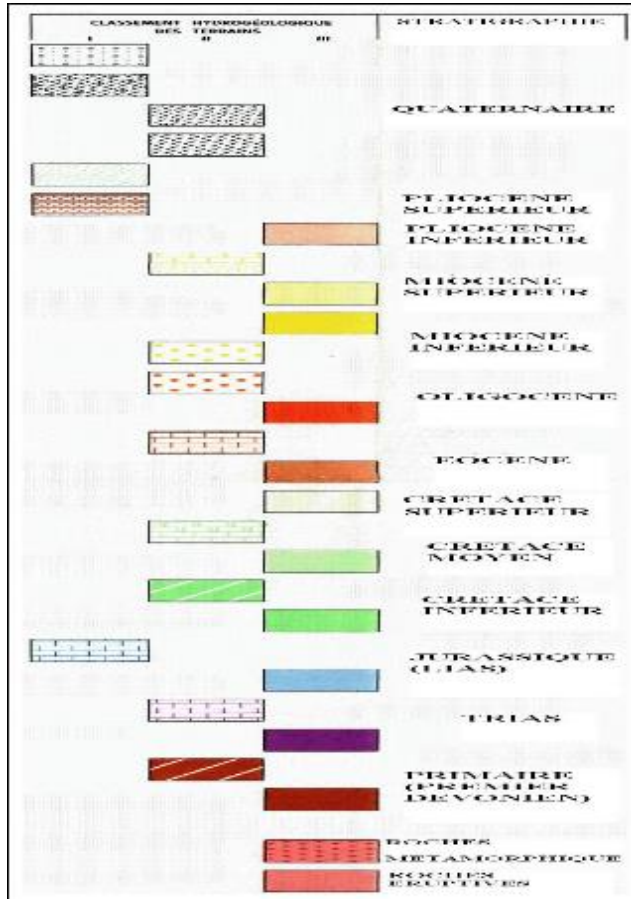


Figure II-13 : Carte hydrogéologique de la région d'Alger (Extrait de la carte HD, secrétariat d'état à l'hydraulique, ANRH, Alger).

5. Les 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 frappées la région d'Alger (1365-2005) sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau II-12: Les principaux séismes de forte magnitude qui ont frappées la région d'Alger (1365-2005)

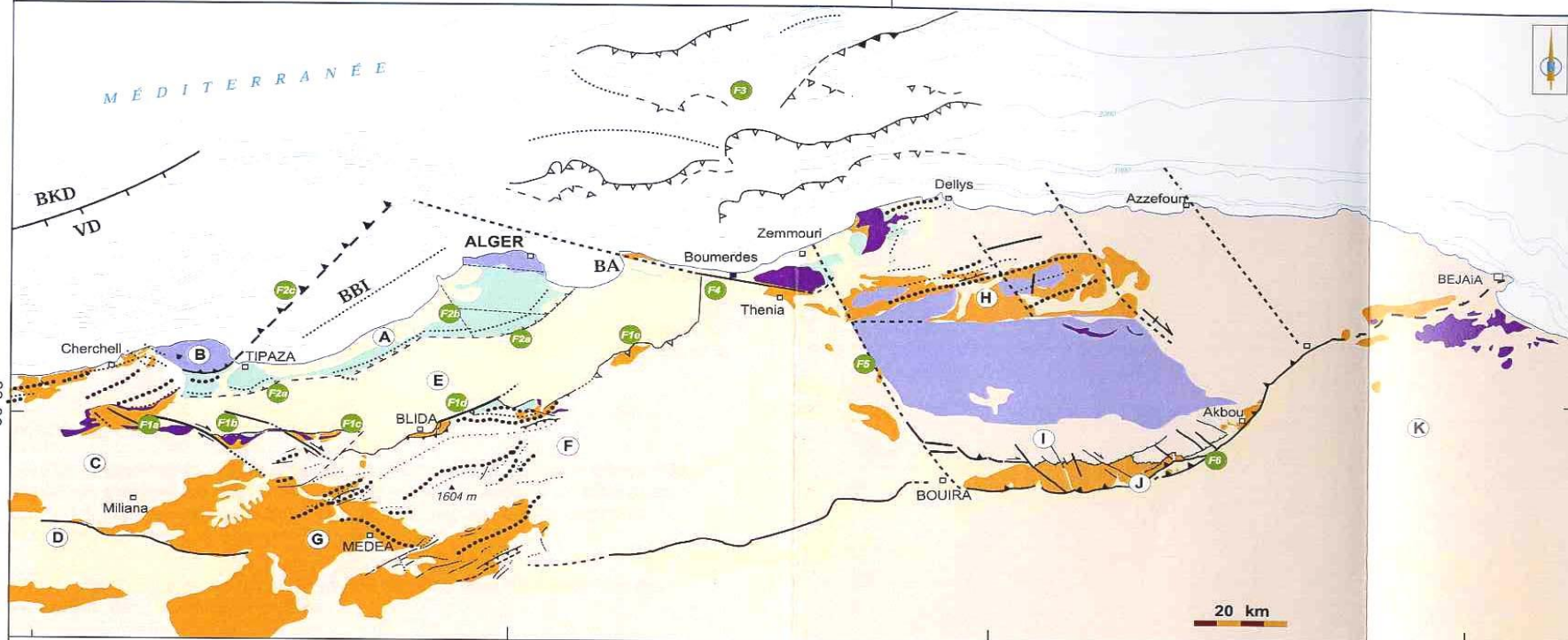
Lieu	Date	I/M	M	Victimes
Alger	03/01/1365	X	-	Plusieurs
Alger	10/03/1673	-	-	-
Mitidja	03/02/1716	X	-	20.000
Blida	02/03/1825	X	-	7000
Djidjelli	22/08/1856	X	-	-
Gouraya	15/01/1891	X	-	38
Tipaza	29/10/1989	VIII	6,0	22
Boumerdes-Alger	21/05/2003	X	6,8	2300

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.

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.

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

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.



2° 3° 4° 5° (D'après Boudiaf, 1996, 1998; Deverchère et al., 2005)

- | | | | |
|-------------------------|----------------|---|----------------------------------|
| Quaternaire | Faille inverse | F1 Faille de la bordure sud de la Mitidja | F4 Failles de l'Est Algérois |
| Pliocène | Axe synclinal | F2 Faille du Sahel (Chenoua et Bordure sud) | F5 Failles de l'axe Isser-Bouira |
| Miocène post-nappes | Axe anticlinal | F3 Faille en mer | F6 Failles de la Kabylie |
| Volcanisme Mio-pliocène | | | |
| Ant-Néogène | | | |
| Socle primaire | | | |

- | | | | | |
|---------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------------|
| A : Sahel d'Alger | D : Bassin du Haut Chelif | G : Bassin de Médéa | J : Bassin de la Soummam | BKD = Banc de Khayr Al-Din |
| B : Mont du Chenoua | E : Bassin de la Mitidja | H : Bassin de Tizi Ouzou | K : Mont des Babors | BBI = Baie de Bou Ismail |
| C : Monts du Zaccar | F : Atlas de Blida | I : Le Djurdjura | VD = Vallée du Dahra | BA = Baie d'Alger |

Figure II-14 : Carte de sismicite du territoire

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 Zemouri (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.

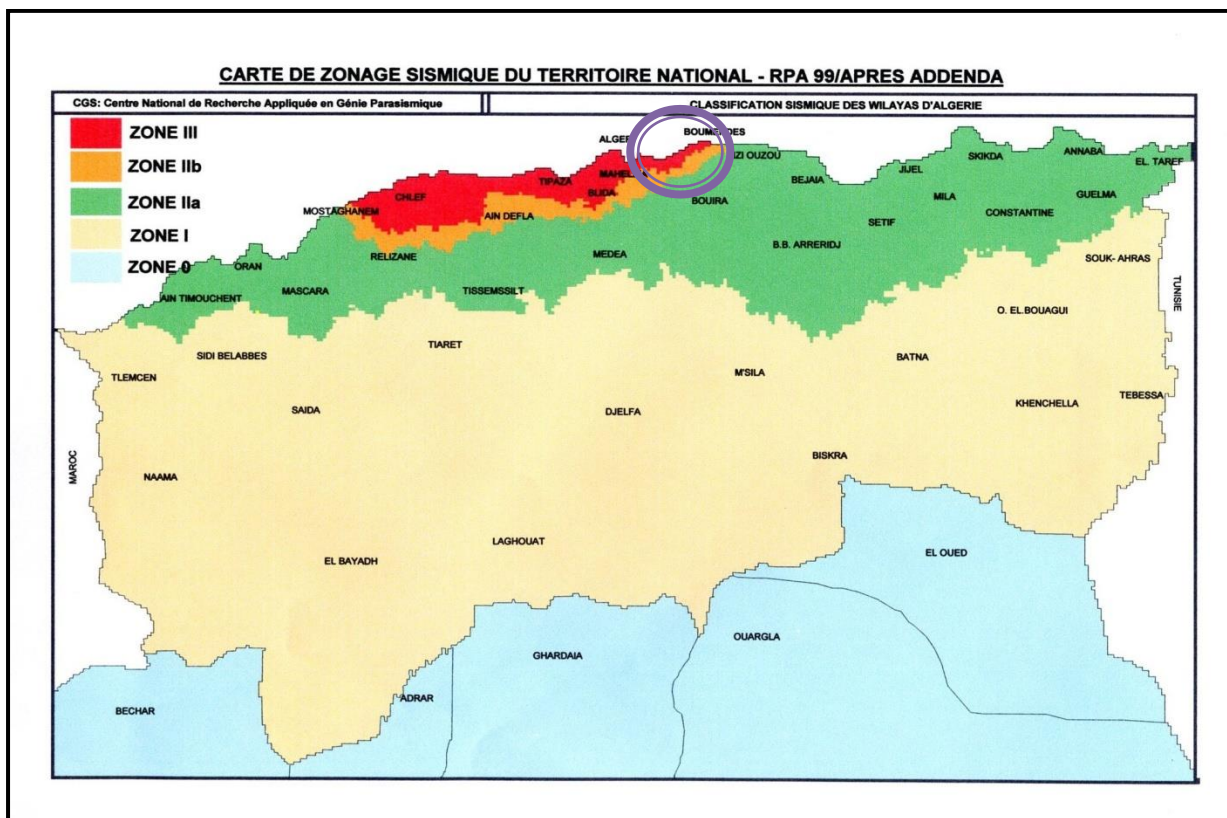


Figure II-15 : Carte de zonage sismique du territoire national

6. Activité agricole :

Une distribution des terres agricoles dans la zone d'étude ainsi que la SAU de chaque type de culture sont réparties dans le tableau suivant :

Tableau II-13 : la répartition des terres agricoles de la zone d'étude.

Communes	Superficie agricole totale (ha)	SAU (ha)	Terres Maraichères (ha)	Plantation (ha)	Terres Incultes (ha)
Ain benian	799	645	586	97	154
Beni Messous	149,27	147,27	112,68	35,47	2
Ouled fayet	1150	976	720	240	174
Chéraga	1379	1171	840,75	373,75	208
Parc Dounia	800	600	-	-	-
Sup totale (ha)	4277,27	3539,27	2259,43	746,22	538

(Source : ONS)

D'après le tableau ci-dessus, on remarque que la surface agricole utile(SAU) est de 3539,27 hectares soit 82,75% de la surface agricole totale. Quand à la surface des terres incultes, elle occupe 792 hectares, soit 12,58% de la surface agricole totale.

IIV- Conclusion partielle :

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 celle 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 élevée.

L'évaporation moyenne est de 72mm avec un maximum de 111mm au mois d'Août et un minimum de 40mm en Janvier. L'évaporation (ET) dans la région, étant de 784mm. La pluie moyenne observée est de 780mm

Chapitre III :
Présentation de la
STEP de BENI
MESSOU

I-Introduction partielle :

La STEP de BENI MESSOUS de type boues activées en moyenne charge 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 El Bahdja, en bordure de la mer méditerranée et à l'embouchure de l'oued Béni Messous. 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. Le présent chapitre contiendra une présentation détaillée de la STEP de BENI MESSOUS.

Tableau III-1 : Donnée fondamentale de la STEP de BENI MESSOUS-2020

Désignation		2020	2030
Capacité de la STEP (EH)		500000	4,809.10 ¹⁰
CHARGES HYDRAULIQUES			
Volume des eaux usées (m ³ /j)		100 800	9,69.10 ⁹
Débit moyenne horaire (m ³ /h)		4 200	4,039.10 ⁸
Débit de pointe par temps sec (m ³ /h)		5 500	5,29.10 ⁸
Débit de pointe par temps de pluie (m ³ /h)		7 500	7,2138.10 ⁸
CHARGES POLLUANTES			
DBO5	Charge journalière en DBO5 (kg/j)	25.000	2,4046.10 ⁹
	Concentration de l'effluent en DBO ₅ (mg/l)	248	2,385.10 ⁷
DCO	Charge journalière en DCO (kg/j)	50.000	4,809.10 ⁹
	Concentration de l'effluent en DCO (mg/l)	496	4,771.10 ⁷
MES	Charge journalière en MES (kg/j)	30.000	2,886.10 ⁹
	Concentration de l'effluent en MES (mg/l)	297	2,257.10 ⁷
N-NK	Charge journalière en NTK (kg/l)	5 000	4,809.10 ⁸
	Concentration de l'effluent en NTK (mg/l)	50	4,809.10 ⁶
Pt	Charge journalière en Pt (kg/l)	1 250	1,202. 10 ⁸
	Concentration de l'effluent en Pt (mg/l)	12,4	1,193.10 ⁶

(Source : Direction de la STEP de BENI MESSOUS-2020)

II-Présentation de système d'épuration d'Algérie :

Une goutte d'eau usée produite par le consommateur transite par plusieurs étapes avant d'être rejetée dans le milieu naturel. Ce cycle épuratoire débute par la collecte des eaux usées SEAAAL, gère sur les périmètres d'Alger et de Tipaza plus de 4500 km de réseau d'eaux usées qui permettent d'acheminer les eaux vers 7 stations d'épuration (STEP). 52 poste de relevage sur Alger et 8 sur Tipaza (avec 15 postes de relevage supplémentaires en cours de raccordement sur Tipaza), Dont le rôle principal est de pomper progressivement les eaux au fil des variations topographiques du terrain vers les sites de traitement, sont exploitées 24/24h. Une goutte d'eau usée peut ainsi transiter par plusieurs postes de relevage successifs avant de rejoindre une STEP. Le réseau est équipé par endroit d'exutoires nommés « déversoirs d'orage » permettant de sécuriser le réseau contre des surcharges, notamment en temps de pluie de forte intensité. Ces déversoirs d'orages sont progressivement instrumentés à fin de garantir leur fonctionnement optimal. Une fois arrivées sur une station d'épuration, les EU subissent différentes étapes de traitement pour devenir une eau

épurée apte à être accueillie par le milieu naturel sans impact environnemental.

Les premières étapes de traitement mettent en jeu des dispositifs physique faisant intervenir des grilles

tamis ou filtres pour retenir les particules de grosse taille. Les éléments plus fins (sables) sont ensuite piégés par décantation.

La pollution résiduelle, après prétraitement, se caractérise principalement par :

- La pollution carbonée.
- La pollution phosphorée.
- La pollution azotée.

Ces composantes de la pollution servent à des bactéries épuratrices qui sont « cultivées » dans Les STEP.

La consommation de la pollution par les bactéries va engendrer une épuration des eaux mais également un accroissement de la quantité des bactéries. La quantité excédentaire des bactéries épuratrices également nommée « biomasse », doit être extraite sous forme de boue liquide.

Les eaux et la biomasse passe par un ouvrage de séparation en fin de traitement. Les eaux ainsi assainies sont ensuite rejetées en milieu naturel ou réutilisées pour l'irrigation des terres agricoles dans le cadre de la réglementation en vigueur.

Des procédés de concentration et de déshydratation des boues liquides vont conduire à la production d'une boue pâteuse contenant des éléments fertilisants.

La production actuel des 7 stations d'Alger et de Tipaza est de l'ordre de 36.000 Tonnes de boue brute contenant 75%, soit environ 9000 T de boue sèches par an (ONA ;2014).

Le rôle de SEAAAL est ainsi clairement défini en matière d'assainissement. Cependant, la contribution de tous les citoyens est indispensable a fin, d'une part, de s'assurer que leur rejets sont intégralement collectés par le réseau public et d'autre part, qu'ils ne perturbent pas le bon fonctionnement des dispositifs de collecte et de traitement des EU. il est de devoir de chacun de :

- S'assurer que son activité (personnelle ou professionnelle) ne génère pas de rejet direct dans le milieu naturel.
- Dissocier les systèmes de collecte des déchets solides des systèmes de collecte des EU. Nous constatons malheureusement que de nombreux déchets ménagers et gravas sont encore régulièrement extraits des réseaux et des STEP.
- Prendre conscience que le cycle de l'eau est global : la protection de la ressource en eau passe obligatoirement par une collecte et un traitement efficient des eaux usées domestiques et industrielles. Chacun doit donc adapter son comportement dans un perspectif court, moyen et long terme, dans une logique de développement durable.

III- Présentation de la station de traitement des eaux usées de BENI

MESSOUS :

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 100 800 m³/j et 500.000 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 limithropes.



1-Dégrilleur

2- Dessaleur/Déshuileur

3-Décanteur primaire

4- Bassin d'aération

5-Clarificateur

6-Déshydratation

7-Stabilisation

8-Epaississeur

9-Bâtiment d'exploitation



Figure III-1 : Les différents éléments de la STEP (source: Step Beni Messous)

1. Le rôle de station d'épuration :

Traiter les eaux usées de façon à :

- Protéger l'environnement.
- Protéger la santé publique.
- Valoriser les eaux épurées.
- Valoriser les boues des stations d'épuration.

2. Procédé d'épuration de la station :

Les filières de traitement comprend ainsi en totalité et successivement :

- Prétraitement mécanique constitué de :
 - Une station de dépotage.
 - Dégrillage mécanique grossier.
 - Dégrillage mécanique fin.
 - Ouvrage dessablage et déshuilage.
 - Chenal de comptage de mesure.

- Décantation primaire constitué de :
 - Ouvrage de répartition.
 - Deux décanteurs primaires circulaires.
 - Station de pompage de boues primaires.

- Traitement biologique constitué de :
 - Deux bassin d'aération avec 3 aérateurs de surface chacun.

- Décantation secondaire et de pompage des boues constitué de :
 - Ouvrage de répartition.
 - Deux décanteurs secondaires circulaires.
 - Ouvrages de pompage des boues activées et de recirculation des boues.
 - Une canal de comptage et de mesure.

- Traitement tertiaire constitué de :
 - Six lits filtrants.
 - 176 lampes de rayonnement ultra-violet.

- Epaissement des boues constitué de :
 - Deux épaisseurs des boues.
 - Station de pompage des eaux troubles.
 - Station de pompage des boues épaissies.
- Stabilisation des boues constituée de :
 - Deux bassin de stabilisation des boues avec 2 aérateurs de surface chacun.
 - Station de pompage de boues stabilisées.
- Déshydratation des boues constituée de :
 - Deux chaines de déshydratation avec 2 filtres à bandes.
 - Station de lavage des filtres à bandes.
 - Station de préparation de polymère.

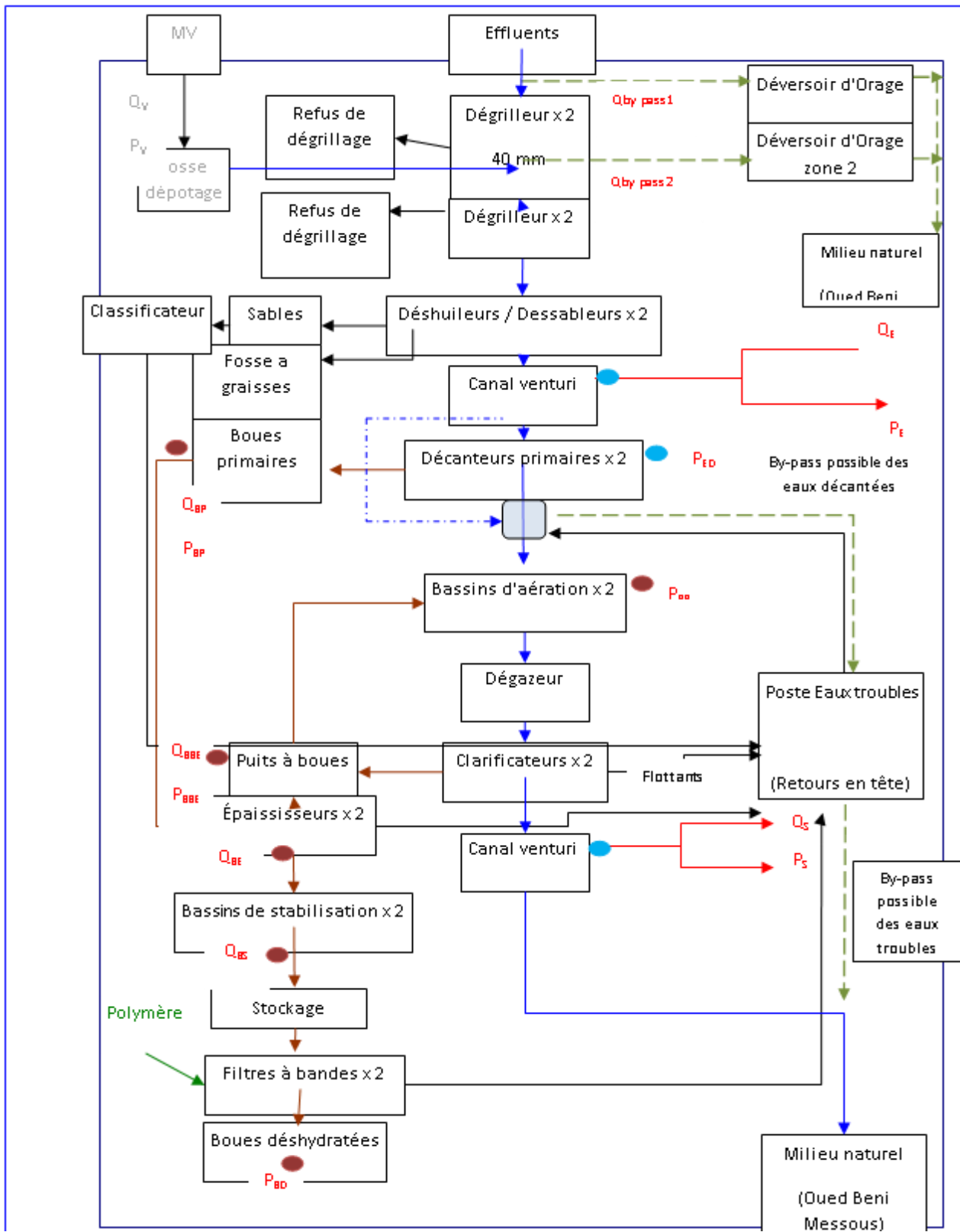


Figure III-2 : Alimentation générale de la station (source: Rapport de la Step Beni Messous)

3. Explication des filières d'épuration de la station :

3.1 Le prétraitement :

a) Le dégrillage :

- **Pré-dégrillage (40mm)** : La première étape du prétraitement est assurée par deux dégrilleurs moyens (grille verticale) pour retenir les déchets les plus volumineux et protéger les équipements implantés en aval.

Chaque dégrilleur peut être isolé par la mise en place de batardeaux.

- **Dégrillage (15mm)** : Ce deuxième étage de dégrillage, plus fin, a pour objectif d'affiner le dégrillage des effluents bruts pour protéger les équipements situés en aval.



Figure III-3 : Le dégrillage.

Figure III-4 : Canal de dessablage/dégraissage.

(source: Step Beni Messous)

b) Le dessablage/ Le dégraissage :

Les effluents dégrillés sont ensuite admis dans 2 canaux parallèles pour subir une élimination combinée des graisses et des sables, éléments perturbateurs du traitement aval.

Une insufflation d'air implantée sur la longueur favorise la concentration des graisses en surface des canaux. Les sables, plus denses, décantent au fond des canaux.

Un pont mobile fonctionnant en continu d'une extrémité à l'autre des canaux, équipé d'un racleur de surface et de surpresseurs d'air, assure l'élimination des graisses dans une fosse dédiée et le pompage des sables acheminés vers un classificateur.

2- Décantation primaire :

Il s'agit d'une séparation physique, par simple gravité des matières décantables contenue dans les eaux usées.

Les effluents prétraités sont orientés via un répartiteur, vers deux décanteurs primaires. Cette étape du traitement consiste à provoquer la sédimentation de la majorité des matières décantables contenues dans les EU (en général, on retrouve 70% des particules au fond de l'ouvrage), on jouant sur la vitesse de passage et le temps de séjour des effluents dans ces décanteurs.

Les eaux décantées, récupérées par surverse, sont ensuite orientées vers le traitement biologique. Les matières

**Figure III-5 :** Bassin de décantation.

décantées, appelées boues primaires sont

extraites régulièrement pour être envoyées vers l'étape d'épaississement des boues.

Deux ponts radiaux permettent le raclage des boues pour les ramener dans le puit centrale d'extraction.

3- Traitement biologique :**a) Le bassin d'aération :**

Les eaux décantées sont mises en contact avec une culture biologique, appelée « boues activées » riche en micro-organismes qui vont assurer l'élimination de la pollution biodégradable présente (DBO) ainsi qu'une partie des autres composés contenus dans l'eau décantée (Azote, Phosphore, etc...), ces micro-organismes, aérobies, nécessitent un apport d'oxygène dans le milieu. Cette aération est assurée par 6 aérateurs de surface dont la fonction est double : aération et brassage des boues activées, afin d'éviter toute décantation de la biomasse.

La station de Beni Messous a été dimensionnée pour

**Figure III-6 :** Bassin d'aération. (source: Step Beni Messous)

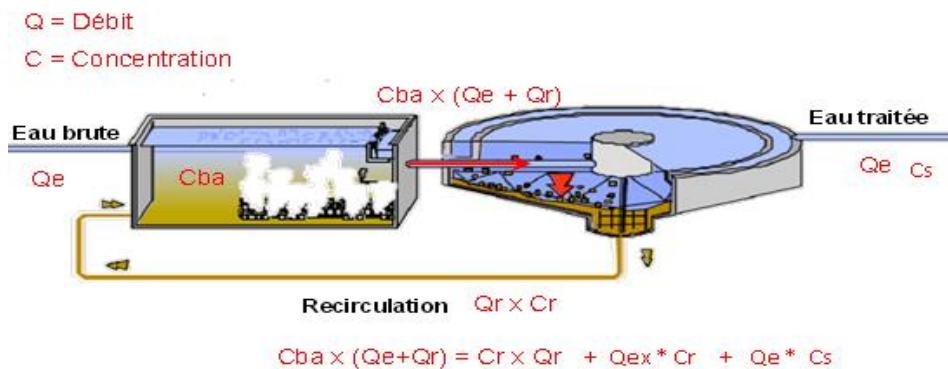
fonctionner à moyenne charge, soit $C_m = 0,25$ à $0,3$ kg DBO₅ MVS/J à capacité nominale.

Dans le cas d'une réelle sous charge de la station (phase de démarrage par exemple) un fonctionnement à plus faible charge peut s'envisager.

b)-Clarificateur :

Après la phase de contact entre l'eau décantée et la biomasse active dans le bassin d'aération, la clarification consiste à séparer par simple décantation l'eau épurée des boues activées. Cette étape est tout aussi importante que la précédente et indissociable. Le traitement biologique conventionnel est donc composé du couple bassin d'aération/clarificateur.

La liqueur mixte est admise au centre du clarificateur. Une jupe de répartition appelée Clifford permet une équi-répartition du flux.



Par surverse les eaux épurées rejoignent le canal de comptage avant de rejoindre le milieu naturel. Les boues biologiques décantées en fond d’ouvrage sont pompées et recirculées en tête du bassin d’aération rapidement pour les mettre de nouveau en contact avec la pollution. Afin de réguler la croissance bactérienne, des extractions de boues biologiques en excès sont faites à partir du puits de recirculation des boues. Ces boues en excès sont orientées vers l’épaississeur en mélange avec les boues primaires.

● **Paramètre influençant son fonctionnement :**

- Concentration en boue (CBA).
- Taux de recyclage (T x R).
- Vitesse (Q x S).
- Indice et qualité de la boue.
- Dimension (diamètre, profondeur, pente,...).
- Présence de Nitrates=> risque flottation.



Figure III-7 : Les clarificateurs 1 et 2 (source : Step Beni Messous)

4- Traitement tertiaire :

Ce traitement est récent appliqué à la STEP de BENI MESSOUS, c'est un traitement complémentaire permettre d'obtenir une qualité d'effluent traité supérieur à celle obtenue par les procédés biologiques classiques.

Les traitements tertiaires appliqués au sein de notre station sont :

a) La filtration sur sable :

La filtration par sable est constitué par une couche de sable de qualité adéquate, à travers laquelle l'eau circule à vitesse relativement faible, les matières en suspension sont retenue dans des espaces intergranulaires.

le filtre à sable sépare les MES de deux manières les particules qui sont plus gros que les pores du lit de sable sont séparé par filtration tandis que les particules plus petites s'adsorbent au grains de sables, au fur et à mesure que le lit de sable se charge en MES, se forme à la surface un gâteau de plus petite porosité qui permet d'obtenir une meilleure séparation.

Le type des filtres utilisés est filtre rapide tel que la vitesse maximum de la filtration au débit de pointe est de 10 m/s avec un cycle de lavage 16 h.

Nombre de lavages effectués est de 1.5 LAV/j.Filtre,

et une durée de lavage de 11 min.

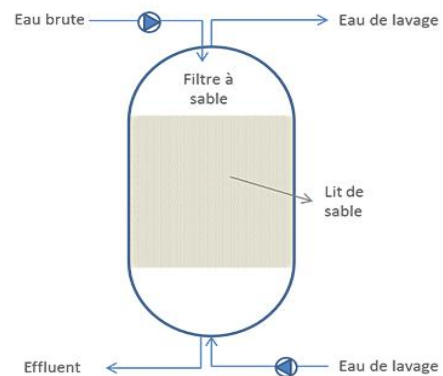


Figure III-8 : Schéma représente le filtre à sable.

b) Désinfection par rayonnement Ultraviolet :

Les Ultraviolets (UV) sont les plus utilisés depuis quelque année, pour désinfecter les eaux usées urbaines. Assurant un bon rendement de désinfection, les UV nécessitent un investissement important mais présente l'avantage de ne pas entrainer l'apparition de sous-produits de désinfection. Les UV stérilisent les pathogènes en restructurant leur ADN ou leur gènes pour empêcher leur reproduction. La radiation par UV est appliquée aux EU 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.

La radiation ultraviolette fournit une vaste quantité d'énergie et les temps de contact entre les EU et les lampes UV sont typiquement très courts. Un temps de contact d'une minute ou moins, est fréquent. 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 entre 200 et 280 nm qui sont les plus germicides.

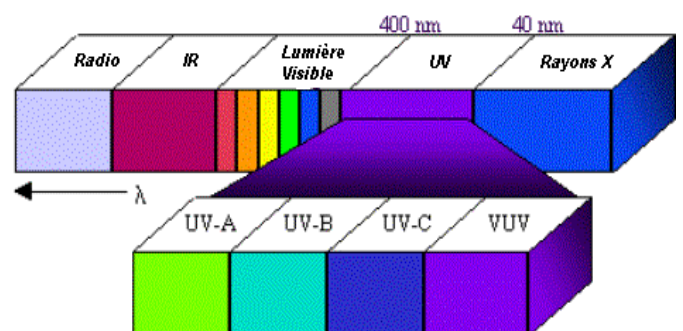


Figure III-9 : Schéma représente la longueur d'onde utilisée pour le traitement.

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 boueux ou ont une forte concentration en MES.

Le filtrage par le sable est indispensable avant la radiation UV.

4- Traitement des boues :

a) Epaissement :

- Réduction de volume de la boue.
- Production d'une boue plus concentrée en MV.
- Evacuation d'une eau claire, peu chargée, qui est recirculée en tête de la station.



Figure III-10 : Image réelle de la boue

b) Stabilisation :

- La station fonctionne à moyenne charge, l'âge des boues est fixé entre 6 et 8 jours, pour cette raison nous devons toujours terminer la dégradation des matières organiques présente au niveau de cette boue.
- La stabilisation au niveau de la STEP est un procédé aérobique similaire au bassin d'aération, l'âge des boues y est fixé aux environs de 21 jours.



Figure III-11 : Bâche des boues stabilisées

c) Déshydratation :

- La STEP utilise des filtres bandes pour déshydrater les boues en excès, un additif de type polymère est ajouté à la boue pour réaliser cette opération.
- Ces boues sont évacuées vers la décharge publique.



Figure III-12 : différentes images de la machine déshydratation(**Source**: Step Beni Messous)

VI- Conclusion partielle :

La station d'épuration des eaux usées comporte plusieurs étapes et différents procédés.

L'étape primaire est constituée par les prétraitements et la décantation qui permet d'éliminer de l'eau les matières en suspension (déchets grossiers, sables...) et les huiles.

L'étape secondaire qui associe l'épuration biologique et le décanteur secondaire, élimine les matières en solution dans l'eau (matières organiques, substances minérales...). Enfin, un traitement tertiaire est ajouté aux procédés d'épuration pour l'amélioration de qualité de l'eau rejetée. Tous ces procédés produisent des déchets (boues) qui grâce à la chaîne de traitement des boues seront utilisés ou rejetés.

Après toutes ces étapes de traitement on obtient à la fin ; des eaux usées traitées et des boues qui sont également traités s'ils sont conformes aux normes des produits rejetés leur réutilisation est bénéfique pour le secteur agricole.

Chapitre IV :
L'analyse physico-
chimique de l'eau

I-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 allons évaluer les analyses des différents paramètres de pollution.

II-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 de la période de 21/03/2019 au 20/02/2020 (du mois de pointe), sont enregistrées dans le tableau cité ci-dessous :

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

	Débit entrant (m ³ /s)	Débit sortant (m ³ /s)
Totale	1 287 245	1 184 261
Moyenne	41 524	38 202
Min	35 466	32 629
Max	45 686	42 031

(Source : Step Beni Messous)

Tableau IV-2 : Paramètres physicochimiques des eaux usées à l'entrée de la STEP :

Eau brute											
Paramètres	PH	T°C	Conductivité (us/cm)	MES (mg/L)	DBO (mg/L)	DCO (mg/L)	NGL (mg/L)	N- NO3 (mg/L)	P-PO4 (mg/L)	Pt (mg/L)	NH ₄ (mg/L)
Moy	7.89	9.2	1225	161	183	331	67	0,5	2,4	2,8	26,4
Min	7.54	7.8	1217	90	123	232	67	0,5	2,4	2,8	26,4
Max	8.23	10.9	1431	330	299	493	67	0,5	2,4	2,8	26,4

(Source : Step Beni Messous)

Tableau IV-3: Paramètres physicochimiques des eaux usées a la sortie de la STEP :

Eau filtrée											
Paramètres	PH	T°C	Conductivité (us/cm)	MES (mg/L)	DBO (mg/L)	DCO (mg/L)	NGL (mg/L)	N- NO3 (mg/L)	P-PO4 (mg/L)	Pt (mg/L)	NH ₄ (mg/L)
Moy	7,92	9,8	1178	2,3	3,2	22.9	29	13	0,7	2,7	2
Min	7,57	8,1	1121	1.40	2.00	19.00	29	13	0,7	2,7	2
Max	8,6	11	1316	4.00	6.40	27.00	29	13	0,7	2,7	2

(source : Step Beni Messous)

Tableau IV-4: Résultats d'analyses Métaux Lourds :

Paramètres analysés	Unités	E'1	E'2	E'3	E'4	E'5	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

(Source: SEAAL-CNTC)

Avec : C: Résultat conforme à la valeur exigée

NC: Résultat non conforme à la valeur exigée

Tableau IV-5: 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	40	35	35	30	30
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 IV-5: Paramètres physicochimiques des eaux usées a la sortie de la step

CHAPITRE IV :

L'analyse physico-chimique de l'eau

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	12	12	15	10	10	-	11	
DCO	mgo2/l	30	35	30	30	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	
Potasium	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)

Tableau IV-6 : Paramètres bactériologiques des eaux usées épurées de la Step de beni Messous:

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/1 ml	1287	321	438	720	1060	1054	813	-	-	
Germes aérobies mésophiles à 22°	NPP/1 ml	2888	1300	740	1004	1356	2390	1613	-	-	
Coliformes totaux	NPP/l	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/50ml	-	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	-	-
Salmonella	NPP/25ml	-	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	-	-

Clostridium. S.R	NPP/ 20ml	-	3	3	6	8	-	-	5	-	-
CEufs d'helminthes	NPP/11	-	0	0	0	0	0	0	0	≤0,1	C

(Source :SEAAL-CNTC)

Avec : C: Résultat conforme à la valeur exigée

NC: Résultat non conforme à la valeur exigée

● **Interprétation des résultats :**

1- Le PH :

Les valeurs du pH révèlent une augmentation de l'entrée (8,23) à la sortie (8,6) au niveau de la station d'épuration.

Les eaux usées sont alcalines, elle proviennent généralement des rejets domestiques (eau du savon, fèces, urine et ordures).

Le pH est un élément important pour définir le caractère agressif ou incrustant d'une eau. Il intervient dans des phénomènes complexes avec d'autres paramètres comme la dureté, le dioxyde de carbone, l'alcalinité et la température.

La plage de pH acceptable dans le cas des eaux usées est de 6,5 à 8,5. Dans le cas d'une station d'épuration des eaux usées, une eau acide aura tendance à corroder ou à user l'équipement alors qu'une eau alcaline occasionnera des dépôts de tartre dans les conduites.

On obtiendra de bons résultats si l'écart varie entre 6,5 et 8,5. Si le pH est bien au-delà de la plage de 6,5 à 8,5, on procède à un ajustement à l'aide de produits chimiques afin de satisfaire les exigences biologiques et assurer la stabilité et l'hygiène du procédé de traitement biologique.

La plage normale de pH, pour une eau d'irrigation est de 6,5 à 8,5. Certaines eaux d'irrigation ayant un pH hors de cette plage peuvent encore donner satisfaction, mais il faut s'attendre à d'autres problèmes de nutrition ou de toxicité. Si le stockage ne tamponne pas le pH, il faut alors procéder à une neutralisation de l'eau avant irrigation.

Dans notre cas le pH des eaux usées prélevées au niveau de la station d'épuration est acceptable pour une eau en voie de traitement et pour sa réutilisation en irrigation.

2-Température :

Au niveau de la station d'épuration, les valeurs de la température indiquent une légère augmentation de l'entrée (10,9°C) vers la sortie (11,00°C).

L'analyse de ce paramètre est très importante, car elle conditionne de nombreux paramètres, tels que la conductivité électrique, l'oxygène dissous et le pH, ainsi que les réactions de dégradation et minéralisation de la matière organique. L'élévation de la température s'accompagne toujours d'une modification des propriétés de l'eau, la densité et la viscosité qui

CHAPITRE IV :

L'analyse physico-chimique de l'eau

favorisent l'autoépuration et accroît la vitesse de sédimentation, ce qui peut présenter un intérêt dans les stations d'épuration.

Au niveau des stations d'épuration la température des eaux usées influe beaucoup sur l'efficacité du procédé de traitement, par exemple, la décantation est plus efficace à des températures élevées. De plus, l'activité biologique prenant place lors du traitement décroît avec le froid, la vitesse de nitrification est très ralentie en dessous de 10°C.

Une eau trop chaude ou trop froide peut donner lieu à des accidents surtout sur des jeunes plantes.

3-Conductivité électrique (CE) :

Les valeurs de la conductivité électrique enregistrées au sein de la station d'épuration varient de 1431 $\mu\text{S/cm}$ (entrée) à 1316 $\mu\text{S/cm}$ (sortie).

la conductivité électrique d'une eau est définie comme étant la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1 cm^2 , elle s'exprime en $\mu\text{S/cm}$. La mesure de la conductivité permet d'évaluer rapidement mais très approximativement la minéralisation globale de l'eau et d'en suivre l'évolution.

Ces valeurs de conductivité électrique élevées traduisent une minéralisation importante et indiquent ainsi une certaine richesse en sels, expliquant les valeurs élevées enregistrées toujours à l'entrée.

La diminution des valeurs moyennes de l'entrée vers la sortie au niveau de la station d'épuration est probablement due au traitement biologique effectué sur l'eau usée.

Dans les eaux de surface et les rejets d'eaux usées, des modifications importantes de la conductivité peuvent intervenir rapidement au cours de la journée. On peut admettre que la situation est particulière ou anormale au-delà de 2000 $\mu\text{S/cm}$.

Il est possible de classer les eaux d'irrigation d'après la conductivité spécifique à 25 °C (CE 25°C)

CE 25°C	< 250 $\mu\text{S/cm}$: eau non salines,
250 < CE 25°C	< 750 $\mu\text{S/cm}$: eau à salinité moyenne,
750 < CE 25°C	< 2250 $\mu\text{S/cm}$: eau à forte salinité,
2250 < CE 25°C	< 5000 $\mu\text{S/cm}$: eau à très forte salinité,
5000 < CE 25°C	< 20000 $\mu\text{S/cm}$: eau à salinité excessive.

La limite des 20000 $\mu\text{S/cm}$ a été retenue en tenant compte de la tolérance du palmier dattier et de la concentration que subit l'eau d'irrigation dans le sable en climat aride.

Les eaux dont la CE 25°C dépasse 20000 $\mu\text{S/cm}$ sont inutilisables pour l'irrigation. En fait la qualité d'une eau d'irrigation ne peut être établie qu'en fonction du sol qui la reçoit et la culture à pratiquer.

CHAPITRE IV :

L'analyse physico-chimique de l'eau

La conductivité électrique est l'un des critères de choix pour juger l'aptitude d'une eau à un usage agricole. En générale, jusqu'à 750µS/cm, l'eau est considérée comme étant de bonne qualité. De 750 à 1500µS/cm, l'influence de la composition ionique et celle de la nature du sel joue un rôle prépondérant dans le choix de l'eau d'irrigation. La part du sodium dans la minéralisation de l'eau est un facteur important à prendre en compte. Ces trois éléments conditionnent l'usage agricole de l'eau. Au-delà de 1500µS/cm l'eau est difficilement utilisable pour l'irrigation .

Selon ces deux classifications, les eaux usées brute (1431µS/cm) et traitées (1316µS/cm) utilisées en irrigation sont considérées comme des eaux à forte salinité et difficilement utilisables pour l'irrigation.

Le tableau suivant contient une échelle de qualité des eaux d'irrigation en fonction de leur salinité évaluée par leur conductivité électrique.

Tableau IV-7: Classe de qualité de salure de l'eau d'irrigation.

Qualité de l'eau	Conductivité de l'eau (mmhos/cm)	Sels solubles correspondants estimés en Na Cl (mg/l)
I. Excellente	< 0,25	< 160
II. Faibles salinité	0,25 - 0,75	160 – 500
III. Forte salinité	0,75 - 2,25	500 - 1 500
IV. Très forte salinité	2,25 – 5	1 500 - 3 600

4-Le coefficient d'absorption du sodium (S.A.R) :

La S.A.R est calculé par la formule suivante :

$$S.A.R = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{++}+Mg^{++}}{2}}}$$

Avec : Na⁺, Ca⁺⁺ et Mg⁺⁺ en meq/l

• S1 : S.A.R <10

L'eau contenant une faible quantité de sodium, elle peut être utilisée pour l'irrigation de presque tous les sols sans qu'il y ait à craindre que des difficultés ne surgissent du point de vue alcalinisation.

• S2 : 10<S.A.R<18

Les eaux contenant une quantité moyenne de sodium, peuvent présenter quelques difficultés dans les sols à texture fine, ces eaux peuvent être utilisées sur des sols a texture grossière.

• S3 : 18<S.A.R<26

Les eaux contenant une quantité de sel élevée, peuvent provoquer des difficultés dans la plupart des sols et ne peuvent être employées qu'avec des précautions spéciales.

• S4 : S.A.R>26

Les eaux contenant une quantité très élevée de sodium, sont généralement impropres à l'irrigation.

CHAPITRE IV :**L'analyse physico-chimique de l'eau**

Les valeurs maximales de Ca^{++} , Na^+ , Mg^{++} contenue dans l'eau traitée d'après le **tableau IIV-4** :

Elément	Ca^{++}	Na^+	Mg^{++}
Eau traitées en meq/l	64,93	72,5	26,73

$$\text{S.A.R} = \frac{72,5}{\sqrt{\frac{64,93+26,73}{2}}} = 10,71$$

Donc le SAR est 10,71 meq/l.

- **Classification chimique de l'eau d'irrigation :**

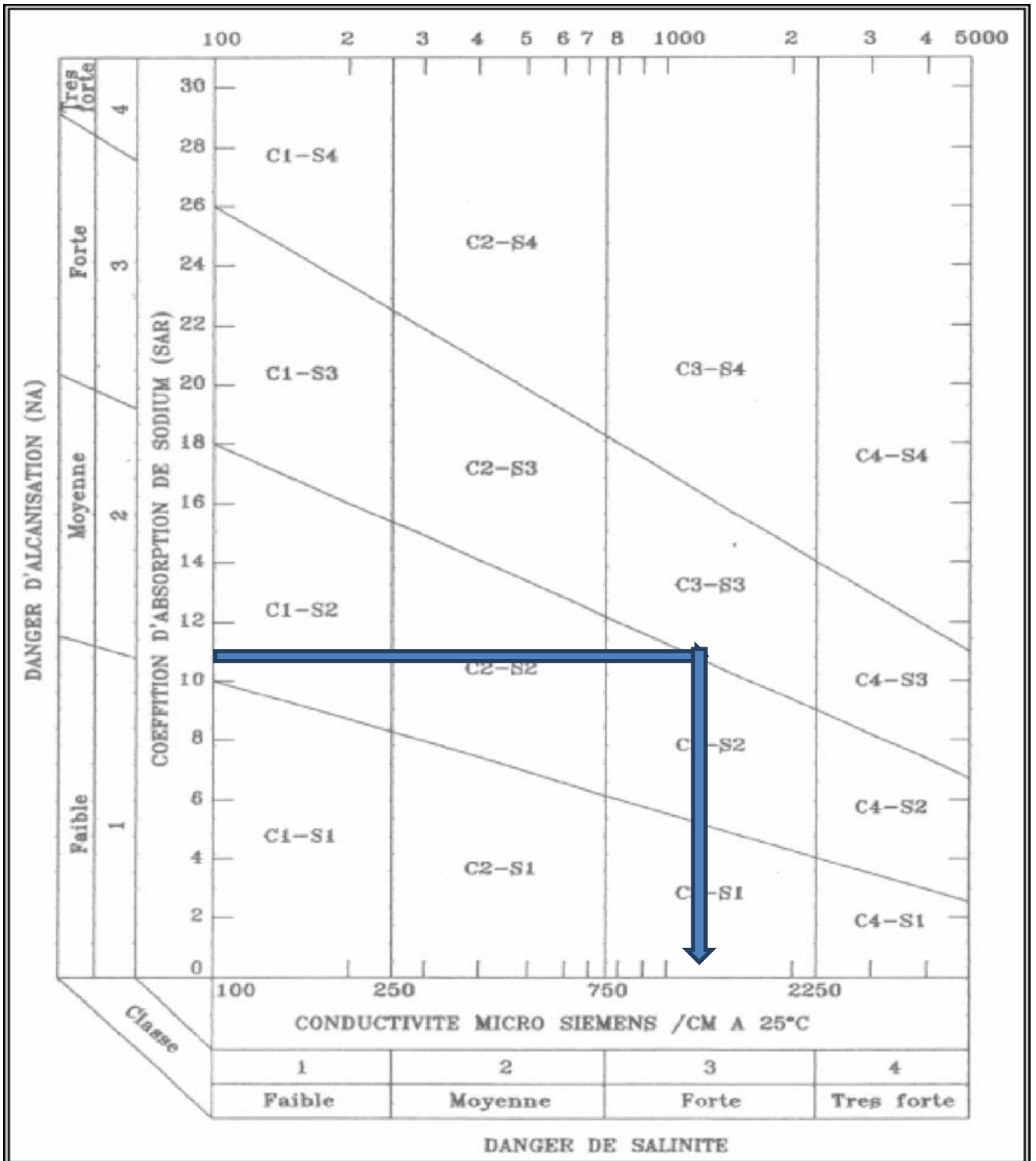


Figure IV-1: Diagramme (selon RIVERSIDE) de classification des eaux d'irrigation.

Puisque l'eau du Step Beni Messous a un SAR de 10,71 meq/l, et une CE=1316 us/cm, et en se référant, sur le diagramme de classification des eaux d'irrigation, on peut dire que notre eau est

CHAPITRE IV :

L'analyse physico-chimique de l'eau

caractérisée par une salinité forte avec un degré d'alcalinité moyenne (C3-S2), donc il y'a un risque moyen de salinité

5-Matières en suspensions (MES) :

L'analyse des MES révèle une diminution importante des valeurs de l'entrée (330 mg/l) vers la sortie (4 mg/l) de la station d'épuration.

Dans les zones industrielles et urbaines les eaux résiduelles contribuent à l'élévation des matières en suspension dont le taux varie en quantité et en qualité suivant le type d'industrie considérée.

La portée de la mesure des matières en suspension se trouve limitée, le prélèvement opère déjà une sélection : la mesure donnera systématiquement un résultat par défaut.

La teneur des eaux en MES est variable, à cause des divers facteurs qui la conditionnent et la nature elle-même de l'eau, qu'elle soit résiduelle ou naturelle. La connaissance de ce paramètre (ainsi que le taux de résidu sec) renseigne sur les possibilités épuratoires de certains ouvrages de traitement, décanteurs par exemple, et intervient dans l'évaluation de la production des boues en excès.

Le résultat obtenu au niveau de l'entrée de station d'épuration est évidemment élevé car il s'agit d'eau usée urbaine, et sa diminution à la sortie est due au traitement d'épuration qu'a subie l'eau usée. Cette diminution est très importante car ils ne reste que 3,21 % de MES initiales ce qui donne encore une idée sur l'efficacité du traitement, surtout si on considère que les normes de MES pour le rejet des eaux traitées est de < 30 mg/l.

6-Demande biochimique en oxygène (DBO5) :

Les valeurs de la DBO₅ enregistrées au sein de la station d'épuration varient de 299 mg/l (entrée) à 6,4 mg/l (sortie).

La concentration organique des eaux usées, telle que mesurée par sa DBO₅, est un des plus importants critères utilisés dans la conception d'une installation de traitement des eaux usées afin de déterminer le degré de traitement nécessaire. La charge organique de l'installation de traitement est la DBO₅ des eaux usées qui y sont amenées. Pour déterminer l'efficacité du traitement et prévoir l'impact des effluents sur les eaux réceptrices, on effectue des tests de DBO₅, avant et après le traitement.

La DBO₅, ou demande biochimique en oxygène indique la quantité de matières organiques présentes dans les eaux usées.

Vu la nature et l'origine de l'eau usée collectée et acheminé vers la station d'épuration afin qu'elle soit traitée. La valeur élevée de la DBO₅ au niveau de l'entrée de la station est tout à fait compréhensible, car les eaux usées domestiques sont chargées en matières organiques biodégradables.

La valeur minimale enregistrée au niveau de la sortie de la station d'épuration, indique que le traitement biologique effectué sur l'eau usée est très acceptable, surtout si on considère que la norme exige une DBO₅ < 25mg/l.

7-Azote :

Parmi les éléments présents dans l'eau, deux sont très importants parce qu'ils sont indispensables à la synthèse des micro-organismes et des végétaux dans le milieu aquatique. Il s'agit de l'azote (N) et

CHAPITRE IV :

L'analyse physico-chimique de l'eau

du phosphore (P) assimilés généralement par les plantes sous forme de nitrate NO_3^- et de phosphate PO_4^{3-} . L'azote est présent dans les matières organiques complexes, par exemple les protéines des déchets alimentaires, ainsi que dans les micro-organismes et dans l'ammoniaque NH_4^+ issus de nos déchets fécaux.

Dans la mesure de l'azote, on distingue l'azote ammoniacal et l'azote organique qui ensemble représentent l'azote sous forme réduite dit azote Kjeldhal, et l'azote total qui comprend aussi les formes oxydées, nitrites et nitrates.

7.1. Azote Kjeldhal :

Les résultats obtenus indiquent une teneur en azote Kjeldhal qui diminue de l'entrée (67 mg/l) vers la sortie (29mg/l) de la station d'épuration.

En effet l'azote Kjeldhal comporte l'azote présent sous les formes organiques et ammoniacales, à l'exclusion des formes nitreuses et nitriques. Il comprend donc en plus de l'ammoniac l'azote contenu dans les protéines, les polypeptides, les acides aminés et certains composés tels l'urée ou l'hydrazine en particulier. L'origine de l'azote organique peut être :

- La décomposition des déchets organiques (protéines).
- Les rejets organiques humains ou animaux (urée).
- Les rejets industriels et notamment fabrique d'engrais azotés.

7.2. L'azote organique :

Au niveau de la station d'épuration, l'azote organique augmente de l'entrée (0,5 mg/l) à la sortie (13 mg/l).

Présent dans les eaux usées, l'azote organique est estimé à 40 % des concentrations en azote. Ils entre dans la composition de diverses molécules des êtres vivants. L'azote organique à part le fait qu'il résulte de la décomposition des déchets organiques et d'organismes aquatiques, sa présence dans l'eau est un signe de pollution.

L'azote organique est rapidement transformé en ammoniac (NH_3) ou en sels d'ammonium (NH_4^+), selon un processus bactériologique appelé ammonisation réduisant ainsi sa présence dans les eaux usées ou les eaux de surface.

7.3. Azote ammoniacal :

Au niveau de la station d'épuration on note que les teneurs en azote ammoniacal diminuent de l'entrée (26,4 mg/l) vers la sortie (2 mg/l).

L'ammoniaque est un des maillons du cycle complexe de l'azote. Dans son état primitif, l'ammoniac est un gaz soluble dans l'eau, mais suivant les conditions de pH il se transforme, soit en un composé non combiné, soit sous forme ionisée.

La concentration en azote des eaux usées urbaines varie entre 30 et 100 mg/l dont l'essentiel est représenté par l'azote ammoniacal, soit 60 %, ce qui fait une teneur de 18 à 60 mg/l d'azote ammoniacal.

Les normes exigent des teneurs < 3 mg/l, nos valeurs d'ammoniaque pour l'eau utilisée en irrigation sont incluses dans la gamme habituelle d'une eau destinée à l'irrigation (0-5 mg/l).

CHAPITRE IV :**L'analyse physico-chimique de l'eau****8- Phosphate :**

Globalement la valeur la plus élevée est celle de l'entrée de la station d'épuration (2,4 mg/l), qui s'abaissent vers la sortie (0.7 mg/l) Les phosphates font partie des anions fixés par le sol ; leur présence dans les eaux naturelles est liée à la nature des terrains traversés et à la décomposition de la matière organique.

Dans les eaux usées, la part des rejets humains ne présente que 30 à 50 % du phosphore total (entre 5 et 20 mg/l), le reste provenant des produits de nettoyages (Rodier, 1984). Cela explique les teneurs élevées perçues dans les prélèvements sur l'eau usée.

Le phosphate échappe en grande partie au traitement des stations d'épuration biologique, et la diminution des teneurs en phosphates de l'entrée de la station (2.4 mg/l) vers la sortie (0.7 mg/l) est due à sa consommation par les bactéries au cours du processus d'épuration.

La connaissance de la quantité en phosphates contenue dans les eaux résiduaires permet de vérifier si ce composé ne fait pas défaut pour envisager un traitement biologique de ces eaux.

Selon le **tableau IV-8**, les teneurs en phosphate des eaux usées brutes et traitées utilisées en irrigation se situent dans la gamme habituelle.

Tableau IV-8 : Evaluation des eaux d'irrigation

Paramètres de l'eau	Symbole	Unité ¹	Gamme habituelle dans l'eau de l'irrigation	
SALINITE				
CONTENU EN SEL				
Conductivité électrique	EC _w	dS/m	0 – 3	dS/m
(ou)				
Total des solides dissous	TDS	mg/l	0 – 2000	mg/l
<u>Cations et Anions</u>				
Calcium	Ca ⁺⁺	me/l	0 – 20	me/l
Magnésium	Mg ⁺⁺	me/l	0 – 5	me/l
Sodium	Na ⁺	me/l	0 – 40	me/l
Carbonate	CO ⁻⁻ ₃	me/l	0 – .1	me/l
Bicarbonate	HCO ⁻ ₃	me/l	0 – 10	me/l
Chlorure	Cl ⁻	me/l	0 – 30	me/l
Sulfate	SO ⁻⁻ ₄	me/l	0 – 20	me/l
NUTRIENTS				
Nitrate –Nitrogène	NO ₃ -N	mg/l	0 – 10	mg/l
Ammoniaque –Nitrogène	NH ₄ -N	mg/l	0 – 5	mg/l
Phosphate Phosphore	PO ₄ -P	mg/l	0 – 2	mg/l
Potassium	K ⁺	mg/l	0 – 2	mg/l
DIVERS				
Bore	B	mg/l	0 – 2	mg/l
Acidité/Alcalinité	Ph	1–14	6.0 – 8.5	
Sodium Adsorption Ratio ²	SAR	(me/l)	0 – 15	

CHAPITRE IV :

L'analyse physico-chimique de l'eau

¹ dS/m = deciSiemens/mètre en S.I. unités (équivalent à 1 mmhos/cm = 1 millimhos/centimètre)

mg/l = milligramme par litre \approx Parties par million (ppm).

me/l = milliéquivalent par litre (mg/l \div poids équivalent = me/l); en unités SI, 1 me/l = 1 millimol/litre ajusté par charge de l'électron.

² SAR est calculé du Na, Ca et Mg rapporté en me/l.

9-Métaux lourds :

Les métaux 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

Métaux provenant essentiellement des rejets industrielles. Source(OMC)

Dans notre cas, les concentrations enregistrées sur les métaux 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).

10-Paramètres bactériologiques :

L'analyse microbiologique dans les eaux nous permettrons d'apprécier le risque dû à des micro-organismes pathogène (bactérie, virus, protozoaire).qui peuvent être trouver 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.

III-Conclusion partielle :

Les valeurs obtenues pour les eaux usées épurées de la STEP de BENI MESSOUS, montrent une conformité aux normes de tous les paramètres physicochimiques exceptés sauf la conductivité électrique qui a une forte salinité tel que l'eau est de classe C3-S2(il suffit juste de donner un peu plus de l'eau plus que la dose nécessaire aux cultures à fin de réduire la salinité dans la wonze racinaire).

Pour les analyses microbiologiques, les valeurs obtenues montrent l'absence de germes pathogènes et des valeurs conformes pour les autres germes et les œufs d'helminthes . En fin le rendement de décontamination de La STEP de BENI MESSOUS est 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 :
Etude Pédologique
de la zone d'étude

I-Introduction partielle :

La zone étudiée (parc dounia) 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. [ANRH d'Alger 2020 - rapport Méthodologie de l'étude pédologique du sahel algérois].

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.

II- Répartition des sols :

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

- **Les sols peu évolués ;**
- **Les sols calcimagnésiques ;**
- **Les Vertisols.**

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 %. [ANRH d'Alger 2020 – rapport Méthodologie de l'étude pédologique du sahel algérois].

✓ **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. [ANRH d'Alger 2020 – rapport Méthodologie de l'étude pédologique du sahel algérois].

✓ **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 type de sol.

1.Les sols peu évolués :

1.1 Caractères morphologiques :

Chapitre V :

Etude Pédologique de la zone d'étude

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

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.

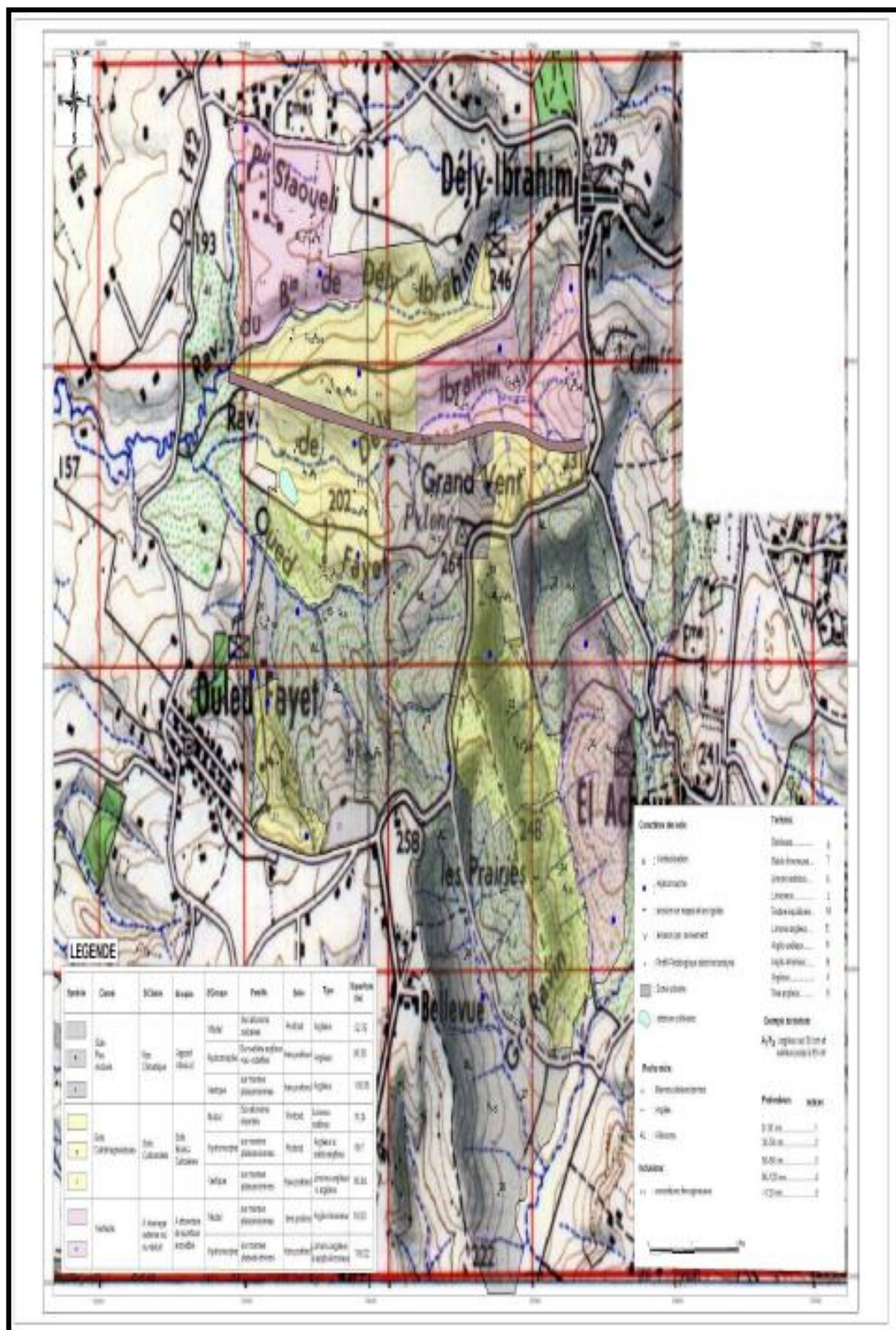


Figure V-1 : Carte Pédologique (ANRH Alger)

Tableau V-1: Résultats du profil de sol N°.1

Profondeur en cm	0-50	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	807	6.20
Réserves Minérales			
Caco3 Total %	18.72	18.72	19.11
Caco3 Actif %	11.18	11.30	11.05
P205 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.

Chapitre V :**Etude Pédologique de la zone d'étude**

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.

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 V-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
P205 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.

1.2 Les sols Calcimagnésiques :

1.2.1 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**.

1.2.2 Sols Bruns Calcaires :

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.

a) Sous-groupe : Modal :

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

Tableau V-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 %			

P205 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
Solution du sol			
PH	7.57	7.67	7.67
Conductivité Electrique 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.

b) 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 V-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
C/N	9.20	8.50	9.50
Réserves Minérales			
Caco3 Total %	17.55	17.94	19.50
Caco3 Actif %	11.18	11.30	11.43
P205 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 Electrique 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 2,85mmhos /cm. Les teneurs en éléments fertilisants (azote, potassium et phosphore) sont faibles. Le rapport C/N varie entre 8,50 et 9,50.

c) Sous-groupe : hydromorphe :

Les sols bruns calcaires hydromorphes sont peu représentés dans la zone étudiée (66,70ha). Ils sont localisés dans l'Exploitation Agricole Collective (No 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 V-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%	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	6.40	4.04
Réserves Minérales			
Caco3 Total %	0.40	0.40	0.40
Caco3 Actif %			
P205 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 Electrique 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).

1.3 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.

a) Sous-groupe : Modal :

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

Tableau V-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
P205 Total %	0.1	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 Electrique 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 1er 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) .

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 V-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	701	5.39	4.05
Réserves Minérales			
Caco3 Total %	17.55	16.77	18.33
Caco3 Actif %	10.79	10.79	10.16
P205 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 Electrique mmhos/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.

1.3.1 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.

III-Conclusion partielle :

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 VI :
Besoin en eau
d'irrigation

I-Introduction partielle :

Les cultures se développent, puisent du sol l'eau et les éléments nutritifs, mais la quantité d'eau donnée à la culture n'est pas entièrement absorbée par la culture. Une partie percole et se perd en profondeur. L'eau qui rentre dans la constitution de la plante est libérée par transpiration à travers l'appareil foliacé, le reste est évaporé par le sol. L'ensemble de ces deux actions est l'évapotranspiration. Ce phénomène conditionne et détermine les besoins en eau des cultures.

II-Etude hydrologique :***1.Etude de l'homogénéité de la série pluviométrique :***

Pour vérifier l'homogénéité de la série pluviométrique on procède au Test de Wilcoxon:

1.1Teste de Wilcoxon :

Ce test repose sur un procédé simple, permettant de tester l'homogénéité d'une série de données, sans qu'il fasse appel à une autre série pluviométrique homogène d'une station voisine, étalée sur la même période d'observation.

La vérification de l'homogénéité d'une série pluviométrique par cette méthode repose sur le procédé ci-dessous :

On divise la série complète en deux sous séries : x et y tel que : N1et N2 représentant respectivement les tailles de ces deux sous séries considérant généralement $N_1 > N_2$

On constitue par la suite, la série x unions y après avoir classé la série de pluie d'origine par ordre croissant. À ce stade, on attribue à chaque valeur de la série pluviométrique classée, son rang tout en précisant à quelle sous séries appartient elle.

La série est homogène avec une probabilité de 95%, si la relation ci-dessous est vérifiée.

Avec : $W_{min} < W_x < W_{max}$; $W_x = |Rang|_x$

W_x : Somme des rangs de sous sérient =119

$$W_{min} = \left[\left(\frac{(N_1 + N_2 + 1) \times N_1 - 1}{2} \right) - 1,96 * \left(\frac{N_1 \times N_2 (N_1 + N_2 + 1)}{12} \right)^{1/2} \right]$$

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

Les résultats du test de Wilcoxon sont détaillés comme suit :

Tableau VI-1: Test d'homogénéité de la série pluviométrique

Rang	annuel	Série Y	Série X	Tri	Xunion Y
1	545.8	545.8	766.9	490.8	Y
2	811.9	811.9	740.5	545.8	Y
34	809	809	794.5	654.5	Y
5	742.6	742.6	756	660.1	Y
6	803.1	803.1	972.5	682.1	Y
7	660.1	660.1	654.5	724.7	Y
8	724.7	724.7	490.8	740.5	Y
9	829.5	829.5		742.6	Y
10	682.1	682.1		756	Y
11	937.9	937.9		766.9	Y
12	1021.5	1021.5		794.5	Y
13	1071	1071		803.1	Y
14	766.9			809	X
15	740.5			811.9	X
16	794.5			829.5	X
17	756			937.9	X
18	972.5			972.5	X
19	654.5			1021.5	X
20	490.8			1071	X

A.N : $W_{\min}=58,09$ et $W_{\max}=109.91$

$$58,09 < W_x=119 < 109.91$$

La condition d'homogénéité de Wilcoxon est **vérifiée**, donc les pluies annuelles de la station de Dar el Beida sont homogènes à seuil de $(1-\alpha)$ avec $\alpha=0.05$.

1.2 Ajustement statistique des pluies :

Les séries pluviométriques peuvent être ajustées par de nombreuses lois statistiques, pour notre projet on utilise celles qui garantissent le meilleur ajustement possible.

Les Lois d'ajustement les plus utilisées sont les suivantes:

Chapitre VI :**Besoin en eau d'irrigation**

- Loi de Gauss ou loi normale.
- Loi de Gibrat-Galton ou loi log normale.

1.2.1 Ajustement des pluies annuelles a la loi de Gauss ou loi normale :

La méthode de Gauss consiste à :

- Classer les valeurs des précipitations annuelles par ordre croissant.
- Affecter un numéro d'ordre aux valeurs classées.
- Classer les fréquences des valeurs observées par la formule :

Station: DAR EL BEIDA

Résultat de l'ajustement à la loi normale (maximum de vraisemblance)

Nombre d'observation : 19

Mu: 779.732

Sigma: 148.137

Quantiles:

$q = F(x)$ (probabilité au non dépassement)

$T = 1 / (1 - q)$

Tableau VI-2: Ajustement a la loi normale.

T	q	XT	ECART TYPE	Intervalle de confiance (95%)
50.0	0.9800	1080	61.1	964 – 1200
20.0	0.9500	1020	53.0	920 – 1130
10.0	0.9000	970	46.4	879 – 1060
5.0	0.8000	904	39.8	826 – 982
3.0	0.6667	843	35.6	774 – 913
2.0	0.5000	780	34.0	713 – 846
1.25	0.2000	655	39.8	577 – 733
1.0001	0.0001	229	97.9	36.8 - 421

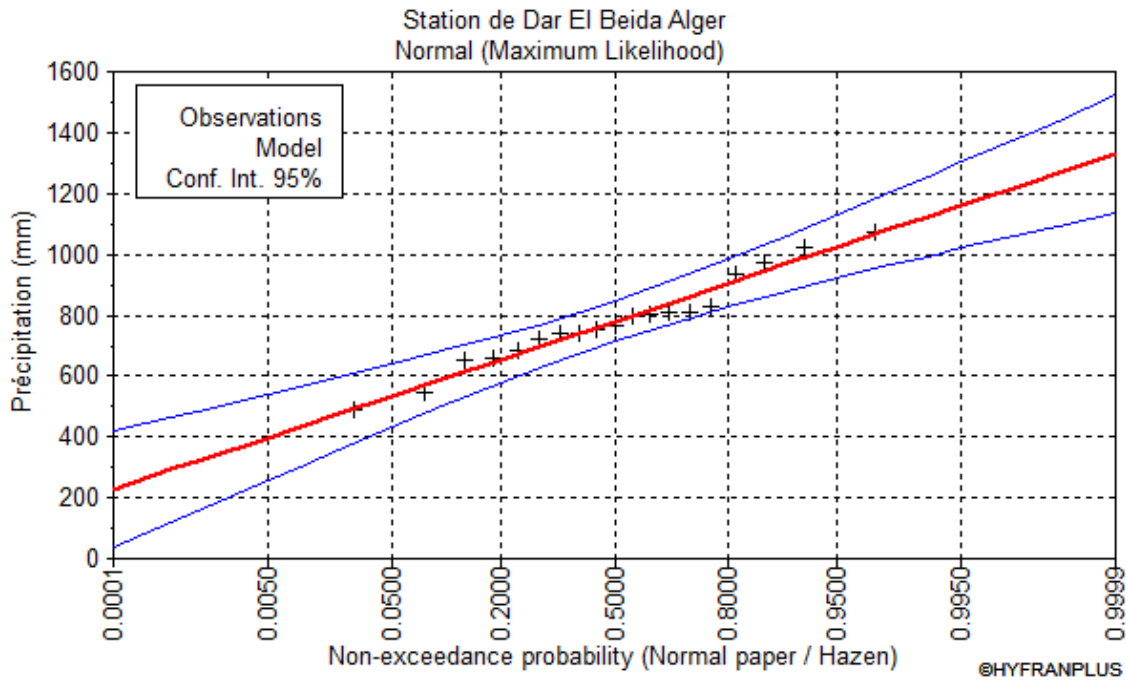


Figure VI-1: Ajustement des pluies annuelles à la loi de Gauss

1.2.2 Ajustement des pluies annuelles à la loi du log-normale (loi de Galton) :

L'ajustement par la loi log-normale se fait comme suit :

-Les données statistiques des pluies sont rapportées à une autre échelle à savoir l'échelle du log normale.

Nous avons l'équation de la droite de Galton qui s'écrit comme suit :

$$\text{Ln}(X_{p\%}) = \overline{\text{Ln}(X)} + \delta \text{Ln} * U_{p\%}$$

Avec:

Ln: symbole de l'opérateur mathématique correspondant au logarithme népérien.

X_{p%} : précipitation probable à P%.

$\overline{\text{Ln}(X)}$: Moyenne arithmétique du log des précipitations observées.

δLn : la variance calculée pour les précipitations observées sous l'échelle logarithmique sa formule s'écrit comme suit :

$$\delta \text{Ln} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^{i=n} [\text{Ln}(X_i) - \overline{\text{Ln}(X)}]^2} \quad \text{Si } n < 30$$

$$\delta \text{Ln} = \sqrt{\frac{1}{1-n} \sum_{i=1}^{i=n} [\text{Ln}(X_i) - \overline{\text{Ln}(X)}]^2} \quad \text{Si } n \geq 30$$

U_{p%}: variable réduite de Gauss.

Résultat de l'ajustement a la loi normale (maximum de vraisemblance)

Nombre d'observation : 19

Chapitre VI :
Mu: 6.64129
Sigma: 0.195528

Tableau VI-3: Ajustement des pluies annuelles à la loi-log normale.

T	q	XT	Ecart-type	Intervalle de confiance (95%)
100.0	0.9900	1210	106	999 – 1420
50.0	0.9800	1140	92.2	964 – 1330
20.0	0.9500	1060	73.9	912 – 1200
10.0	0.9000	984	60.3	866 – 1100
5.0	0.8000	903	47.5	810 – 996
2.0	0.5000	780	34.0	713 – 846
1.2500	0.2000	655	39.8	577 – 733
1.0001	0.0001	370	47.8	276 – 464

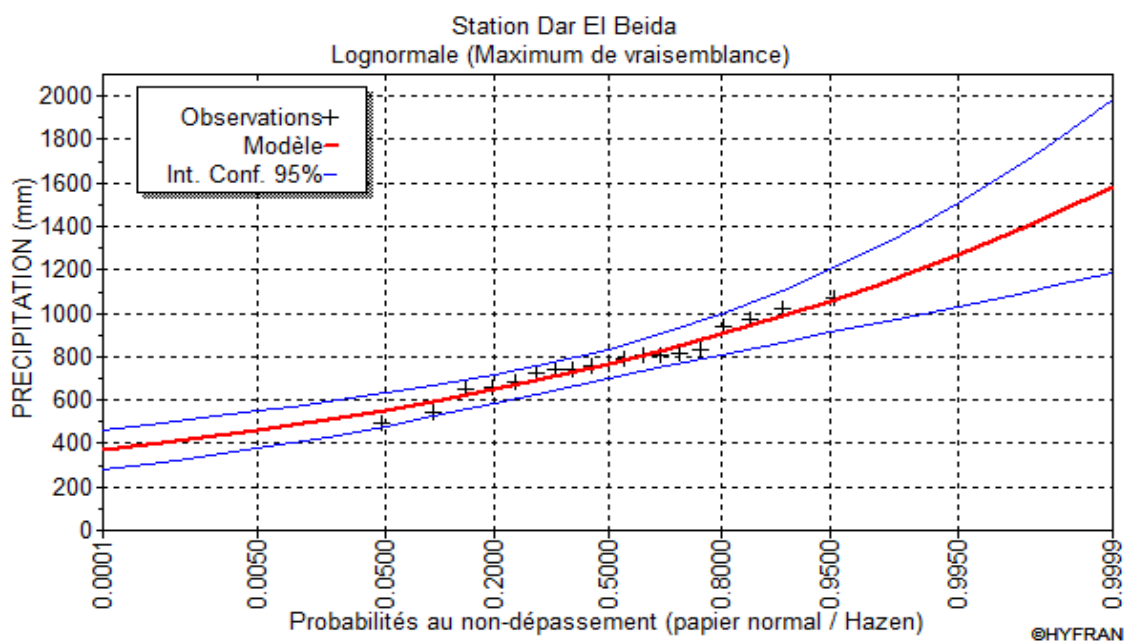


Figure VI-2 : Ajustement des pluies annuelles à la loi-log-normal

1.2.3 Test de validité de l'ajustement à la loi log-normale (loi de Galton) :

● Test de validité d'un ajustement :

Après ajustement des données par la loi, Il convient de comparer l'adéquation de cette loi a fin d'adopter le meilleur ajustement. Dans notre cas, nous avons a utilisé le teste de Khi carrée χ^2 .

La loi est adéquate pour une erreur $\alpha = 0.05$ si et seulement si :

$\chi^2_{calculé} < \chi^2_{théorique}$

Avec : $\chi^2_{théorique}$ est déterminer a partir de tableau de $\chi^2_{théorique} = f(\alpha, \gamma)$

Pour les calculs nous avons utilisé le logiciel HYFRAN.

Tableau VI-4 : Test de validité des deux ajustements.

Loi normale	Loi log-normale
$\chi^2_{calculé} = 5.95$	$\chi^2_{calculé} = 5,95$
Degrés de liberté =2	Degrés de liberté =2
$\chi^2_{théorique} = 5,991$	

D'après le test de Khi carré, la loi log-Normale s'ajuste mieux aux pluies annuelles par rapport à la loi normale.

2. Détermination de l'année de calcul :

Puisque la loi log-normale est la plus adéquate, alors nous la retenons pour l'estimation de la pluviométrie moyenne mensuelle représentative de la région.

L'estimation de l'année sèche de fréquence 80%; on utilise la formule suivante :

$$P_{sec\ 80\%} = P_{moy\ de\ chaque\ mois} * \frac{P_{théorique(80\%)\ Annuelle}}{P_{théorique(50\%)\ Annuelle}}$$

Avec : i : mois

On déduire les résultats suivants :

P théorique 80% = 656mm.

P théorique 50% = 770.7mm.

Les pluies mensuelles servant au calcul et au dimensionnement du réseau de notre périmètre sont présentées comme suit :

Tableau VI-5 : Précipitation moyenne mensuelle de l'année de calcul

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moy. A
Pmoy (mm)	112. 80	104.4 8	75.2 1	61.8 1	49.8 7	10.0 2	1	7.1 4	34.8 5	64.0 5	145. 05	113.4	779, 73
P sec 80% (mm)	96,0 1	88,93	64,0 2	52,6 1	42,4 5	8,53	0,8 5	6,0 8	29,6 6	54,5 2	123, 46	96,52	663, 68

3. Choix des cultures :

Pour faire ce choix nous nous sommes basés sur l'aptitude culturale des sols, sur les contraintes climatiques existantes au niveau du périmètre, mais surtout sur les risques sanitaires liés au potentiel de transmission des microorganismes pathogènes en fonction du type de culture mise en place, car faut-il le rappeler, l'irrigation du périmètre se fera à partir d'une ressource en eau non conventionnelle, à savoir par la réutilisation des eaux usées épurées de la ville Tlemcen.

L'irrigation avec les eaux usées qui répond aux directives de qualité de l'O.M.S pour un usage sans restriction (<1000 coliformes fécaux par 100ml et <1 œuf de nématode pour litre) peut être employé pour l'irrigation tous les cultures, sans autres mesures sanitaires de protection supplémentaires. Par contre si les directives de qualité de l'OMS ne sont pas entièrement satisfaites, il sera nécessaire d'opérer à une sélection des cultures en fonction du degré de protection sanitaire requis et du risque et lié au potentiel de transmission des microorganismes pathogènes pour chaque culture mise en place.

3.1 Classification des cultures en fonction du degré de protection sanitaire requis :

Ces cultures peuvent être groupées en trois grandes catégories, en fonction du degré de protection sanitaire requis (selon la FAO).

Catégorie A: protection nécessaire pour des ouvriers:

- Cultures industrielles non destinées à la consommation humaine (coton)
- Cultures normalement traitées par chaleur ou le séchage avant consommation humaine (graines, graines oléagineuses, betterave à sucre).
- Légumes et fruits cultivés exclusivement pour mettre en conserves ou autre procédé qui détruit efficacement les pathogènes.
- Fourrages séchés au soleil et moissonnés avant consommation par les animaux.
- Parc irrigué en zone clôturée sans accès au public (pépinières, forêts, et ceinture de verdure).

Catégorie B: des mesures complémentaires peuvent être nécessaires:

- Terre de pâture fourrage vert
- Plantes pour la consommation humaine qui n'entrent pas en contact direct avec l'eau usée, à condition que rien ne soit ramassé sur le sol et que l'irrigation par aspersion ne soit pas employée (culture arbustives, vignes, etc...)
- Plantes pour la consommation humaine, consommées seulement après cuisson (pommes de terre, aubergine, betteraves)
- Plantes pour la consommation humaine, dont la peau ne pas manger (melons, pastèque, citron, bananes, noix, arachides).

● Cultures irriguées par aspersion.

Catégorie C: le traitement des eaux usées jusqu'à la qualité "sans restriction" des directives de l'OMS est essentiel.

● Les plantes souvent consommées crues et développées en contact étroit avec les eaux usées (légumes frais tels que la laitue ou les carottes, ou les fruits irrigués par aspersion).

● Irrigation des parcs avec accès public (parcs, pelouses, cours de golf).

3.2 Classification des cultures en fonction du potentiel de transmission en microorganismes pathogènes:

Les cultures irriguées avec l'eau usée traitée (indépendamment de la méthode d'irrigation et de la qualité de l'eau usée utilisée), ayant un potentiel de transmission en microorganismes pathogènes décroissant; sont classées de la façon suivante:

● Les légumes consommés crus.

● Les légumes consommés cuits.

● Les plantes ornementales.

● Les arbres produisant des fruits consommés sans épluchage.

● Les arbres produisant des fruits consommés après épluchage

● Les raisins de table.

● Les pelouses en zone d'agrément d'accès public limité.

● Les fourrages verts.

● Les arbres produisant des noix ou autres semblables.

● Les cultures industrielles

4. Détermination de l'évapotranspiration (ETP) :

Les besoins en eau qui peuvent également s'exprimer sous le terme déficit hydrique, se définissent comme la différence entre l'évapotranspiration réelle (ETR) de la culture considérée et les précipitations efficaces (Pe_{eff}).

L'évaluation des Besoins en eau du périmètre est basée sur la détermination des Besoins de chaque culture retenue dans le calendrier agronomique.

4.1 L'évapotranspiration potentielle de référence (ETo) :

C'est l'évapotranspiration maximale d'un gazon ras couvrant complètement le sol, bien alimenté en eau, en phase active de croissance et situé au sein d'une parcelle suffisamment étendue (Perrier, 1977).

4.2 L'évapotranspiration maximale(ETM) :

S'obtient en multipliant l'évapotranspiration standard par le coefficient cultural.

$$ETM = ETo * Kc$$

ETo : représente l'évapotranspiration standard (de référence)

Kc : le coefficient cultural.

L'évapotranspiration de référence (ETo) d'une culture de référence conduite dans des conditions de référence, de sorte que le taux d'évapotranspiration (mm /j) représente les conditions climatique locales.

Pour prédire l'évapotranspiration de référence on utilise des méthodes basées sur des variables climatiques, parmi les plus communiquement employées sont:

- Méthodes du lysymètre
- Méthodes des stations expérimentales
- Méthodes directes de l'évaporation
- Méthodes empiriques

En ce qui concerne les méthodes empiriques, il existe des formules de calcul dont les principales sont:

- Penman
- Turc
- Blaney – Cridle
- Thornthwaite
- Penman- Monteith modifiée.

Sur la base des résultats de plusieurs études, la consultation d'experts menée par la FAO sur les méthodologies d'estimation des Besoin en eau des cultures, a conduit à recommander la méthode de Penman Monteith modifiée comme méthode privilégiée d'estimation de ETo (Bulletin F.A.O, N° 30).

La formule de Penman est la meilleure manière d'estimation de l'ETP sous tous les climats. Son seul inconvénient est qu'elle nécessite un nombre important d'informations climatiques, rarement toutes disponibles sur une même station.

- La formule de Penman-Monteith modifiée se présente comme suit:

$$E_{To} = C \times [w \times R_n + (1 - w) \times F (u) \times (e_a - e_d)]$$

E_{To} : représente l'évapotranspiration de référence, exprimée en mm / jour.

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

R_n : rayonnement net d'évaporation équivalente exprimé en mm/ j

F(u) : fonction liée au vent.

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

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

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

C : facteur de correction pour compenser les conditions météorologiques diurnes et nocturnes.

Le calcul de l'évapotranspiration de référence a été effectué à l'aide du logiciel CROPWAT 8.0, fondé sur la méthode de Mr Penman et Monteith.

Pour l'exploitation du logiciel, nous devons fournir les données climatiques mensuelles de la station météorologique: à savoir:

- Les températures moyennes en degré Celsius.
- L'humidité relative de l'air exprimé en (%)
- L'insolation journalière en heure, et la vitesse du vent en m/s

Les résultats de l'évapotranspiration de référence E_{To} calculés à l'aide du logiciel CROPWAT 8.0 sont récapitulés dans le tableau ci-après.

Tableau VI-6 : Calcul de l'ET₀.

Mois	Min Temp (°C)	Max Temp (°C)	Hr%	Vent (Km/jour)	Isolation (Heurs)	Radiation Solaire (MJ/m2/j)	ET0 (mm /j)
Janvier	7.6	16.9	75	150	6	9.7	1.41
Fevrier	5.2	17.6	73	203	6.6	12.5	2.02
Mars	6.6	19.9	73	242	7.2	16.2	2.81
Avril	8.2	21.7	75	217	7.4	19.0	3.32
Mai	11.7	25.7	69	216	8.3	21.9	4.30
Juin	15.3	29.1	66	236	10.3	25.2	5.49
Juillet	17.7	31.8	65	231	7.3	20.5	5.32
Août	19	32.6	66	206	9.8	22.9	5.55
Septembre	16.4	29.6	67	198	7.5	17.4	4.23
Octobre	13.5	26.5	75	152	6.6	13.2	2.77
Novembre	8.7	20.9	79	187	6.1	10.2	1.83
Decembre	6.4	17.8	80	177	5.1	8.3	1.31
Moy	11.4	24.1	72	201	7.3	16.4	3.36

(Source : CROPWAT)

4.3 Les Coefficients culturaux (Kc) :

Les valeurs du coefficient cultural (Kc) de chaque culture ont été ressorties, en fonction du stade végétatif de la plante, de la force du vent et de la valeur moyenne de l'humidité moyenne minimale de l'air régnant au niveau de notre périmètre d'étude, à partir du bulletin « irrigation et drainage », (Bulletin F.A.O, N° 24).

Les coefficients culturaux des cultures de notre périmètre sont détaillés comme suit :

Tableau VI-7 : Les coefficients culturaux des cultures.

culture	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Août
Olivier	0,85	0,85	0,75	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,85	0,85	0,85
Oranger	0,8	0,7	0,7	0,7	0,8	0,9	0,9	0,9	0,8	0,8	0,8	0,8
Amandier	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6
Gazon		0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5		

5. Besoins en eau d'irrigation :

Par définition le bilan hydrique d'une culture donnée est la différence entre d'une part les besoins en eau des cultures tels que déterminés par le climat et les caractéristiques végétales (ETM) et d'autre part la somme des apports effectifs des précipitations.

Le calcul des volumes d'eau à apporter par irrigation est réalisé en effectuant période par période le bilan :

$$Bi = ETM - (Peff + K.RFU_i - 1)$$

Avec :

ETM : évapotranspiration potentielle de référence en (mm/mois)

Peff : pluie efficace en mm

RFU : Réserve du sol assimilée à la réserve facilement utilisable disponible au début de la période ;

K est un coefficient généralement égal à 1/2 ou 1/3.

L'irrigation est faite lorsque Bi (bilan hydrique) > 0

● **Le calcul de la RFU se fait comme suit :**

$$\text{RFU} = Y (\text{Hcc} - \text{Hpf}) \cdot \text{Da} \cdot Z$$

Avec :

Y : degré de tarissement

Da : densité apparente (1.45)

Z : profondeur d'enracinement mm

Hcc : humidité à la capacité au champ, dans notre cas.

Hpf : humidité au point de flétrissement, dans notre cas.

Tableau VI-8 : 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 indiquées dans le tableau suivant.

Tableau VI-9 : 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 V-9 qui représente les valeurs de la densité apparente ; on peut extraire une valeur de da intermédiaire entre les deux textures.

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

dal : densité apparente d'un sol a texture limoneuse (Tableau V-8)

da2 : densité apparente d'un sol a texture limono-sableuse. (Tableau V-8)

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

$$da = 1,45$$

- L'humidité pondérale d'après le tableau V-9 à la capacité au champ moyenne entre les deux premiers horizons est de **11,2 %**.
- L'humidité pondérale d'après le tableau V-9 au point de flétrissement moyenne entre les deux premiers horizons est de **6,53 %**.

6. calcul des débits spécifiques :

Les débits spécifiques sont définis d'après les besoins en eau de chaque culture, évalués précédemment à partir de la répartition culturale. La dose d'arrosage de la consommation de pointe est donnée sous forme de débit permanent fourni 24 heures sur 24 afin d'assurer les besoins de la consommation mensuelle. Les débits spécifiques sont définis par la formule suivante :

$$q = \frac{Bm}{T \times t \times 3600 \times K}$$

Avec :

Bm : Besoin mensuel maximum net, exprimé en m³/ha.

t : Temps d'irrigation par jour.

T : Nombre de jours du mois d'irrigation, exprimée en jour ; égale à 30J.

K : Coefficient d'efficacité globale du système d'irrigation ≈ 0.75.

7. Détermination de la pluie efficace :

La pluie efficace correspond à la différence entre les précipitations totales et l'évapotranspiration réelle de la culture. L'eau des précipitations efficaces est répartie, au niveau du sol, en deux fractions : l'écoulement superficiel et l'infiltration.

Il existe plusieurs méthodes pour calculer Peff ici on va utiliser celle de pourcentage fixe (80%) :

Pluies efficaces (en mm/mois)=80% × Pluies moyennes mensuelles (80%) (mm/mois)

Tableau VI-10 : Les valeurs moyennes mensuelles de Peff

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moy.A
P moy (mm/mois)	112.80	104.48	75.21	61.81	49.87	10.02	1	7.14	34.85	64.05	145.05	113.40	779.73
Pluie eff (mm/mois)	92.4	87	66.2	55.7	45.9	9.9	1	7.1	32.9	57.5	111.4	92.8	659.6

(Source : Cropwat)

8.Cycle végétatif des cultures :

Pour le calcul des besoins en eau des cultures, il est impératif de déterminer le cycle végétatif des différentes cultures, il est résumé dans le tableau ci-dessous :

Tableau VI-11 : Cycle végétatif des cultures.

culture	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aoû
Olivier												
Oranger												
Amandier												
Gazon												

Chapitre VI :**Besoin en eau d'irrigation**

Les besoins en eau et les débits spécifiques sont calculés comme suit :

Tableau VI-12 : Calcul des besoins en eau des oliviers.

mois	P moy (mm)	Peff (mm)	ET0 (mm/mois)	Z (m)	RFU_THEO	RFU_REE L	KC	ETM	Bnet (mm)	Q spécifique (l/s/ha)
Septembre	34.85	27.88	126.9	1.50	54,38	0,00	0,85	107,87	79,99	0,41
Octobre	64.05	51.24	83.1	1.50	54,38	27,19	0,85	70,64	-7,80	-0,04
Novembre	145.05	116.04	54.9	1.50	54,38	27,19	0,75	41,18	- 102,06	-0,52
Décembre	113.40	90.72	39.3	1.50	54,38	54,38	0,65	25,55	- 119,56	-0,61
Janvier	112.80	90.24	42.3	1.50	54,38	54,38	0,65	27,5	- 117,13	-0,60
Février	104.48	83.58	60.6	1.50	54,38	54,38	0,65	39,39	-98,57	-0,51
Mars	75.21	60.17	84.3	1.50	54,38	18,12	0,65	54,8	-23,50	-0,12
Avril	61.81	49.45	99.6	1.50	54,38	18,12	0,65	64,74	-2,83	-0,01
Mai	49.87	39.90	129	1.50	54,38	18,12	0,65	83,85	25,83	0,13
Juin	10.02	8.02	164.7	1.50	54,38	0,00	0,85	140	131,98	0,68
Juillet	1.00	0.80	159.6	1.50	54,38	0,00	0,85	135,66	134,86	0,69
Août	7.14	5.71	166.5	1.50	54,38	0,00	0,85	141,53	135,82	0,70

Tableau VI-13 : calcul des besoins en eau d'orange.

mois	P moy (mm)	Peff (mm)	ET0 (mm/mois)	Z (m)	RFU_THE O	RFU_REEL	KC	ET M	Bnet (mm)	Q spécifique (l/s/ha)
Septembre	34,85	27,88	126,9	1,4	50,75	0,00	0,8	101,52	73,64	0,38
Octobre	64,05	51,24	83,1	1,4	50,75	25,37	0,7	58,17	-18,44	-0,09
Novembre	145,05	116,04	54,9	1,4	50,75	25,37	0,7	38,43	-102,98	-0,53
Décembre	113,4	90,72	39,3	1,4	50,75	50,75	0,7	27,51	-113,96	-0,59
Janvier	112,8	90,24	42,3	1,4	50,75	50,75	0,8	33,84	-107,15	-0,55
Février	104,48	83,58	60,6	1,4	50,75	50,75	0,9	54,54	-79,79	-0,41

Mars	75,21	60,17	84,3	1,4	50,75	16,91	0,9	75,8 7	-1,21	-0,01
Avril	61,81	49,45	99,6	1,4	50,75	16,91	0,9	89,6 4	23,28	0,12
Mai	49,87	39,9	129	1,4	50,75	16,91	0,8	103, 20	46,39	0,24
Juin	10,02	8,02	164,7	1,4	50,75	0	0,8	131, 76	123,74	0,64
Juillet	1	0,8	159,6	1,4	50,75	0	0,8	127, 68	126,88	0,65
Août	7,14	5,71	166,5	1,4	50,75	0	0,8	133, 20	127,49	0,66

Tableau VI-14 : calcul des besoins en eau d'Amandier.

mois	P moy (mm)	Peff (mm)	ET0 (mm/mois)	Z (m)	RFU_THEO	RFU_REEL	KC	ETM	Bnet (mm)	Q spécifique (l/s/ha)
Septembre	34,85	27,88	126,9	1,5	50,75	0,00	0,50	63,45	35,57	0,19
Octobre	64,05	51,24	83,1	1,5	50,75	25,37	0,50	41,55	-35,06	-0,18
Novembre	145,05	116,04	54,9	1,5	50,75	25,37	0,50	27,45	- 113,96	-0,59
Décembre	113,4	90,72	39,3	1,5	50,75	50,75	0,50	19,65	- 121,82	-0,63
Janvier	112,8	90,24	42,3	1,5	50,75	50,75	0,50	21,15	- 119,84	-0,62
Février	104,48	83,58	60,6	1,5	50,75	50,75	0,50	30,30	- 104,03	-0,54
Mars	75,21	60,17	84,3	1,5	50,75	16,91	0,50	42,15	-34,93	-0,18
Avril	61,81	49,45	99,6	1,5	50,75	16,91	0,50	49,80	-16,56	-0,09
Mai	49,87	39,9	129	1,5	50,75	16,91	0,50	64,50	7,69	0,04
Juin	10,02	8,02	164,7	1,5	50,75	0	0,60	98,82	90,80	0,47
Juillet	1	0,8	159,6	1,5	50,75	0	0,60	95,76	94,96	0,49
Août	7,14	5,71	166,5	1,5	50,75	0	0,60	99,90	94,19	0,48

Tableau VI-15 : calcul des besoins en eau du Gazon.

Mois	P moy (mm)	Peff (mm)	ET0 (mm/mois)	Z (m)	RFU_THEO	RFU_REEL	KC	ETM	Bnet (mm)	Q spécifique (l/s/ha)
Septembre	34,85	27,88	126,9							
Octobre	64,05	51,24	83,1	0,50	18,12	0,00	0,90	74,79	23,55	0,12
Novembre	145,05	116,04	54,9	0,50	18,12	9,06	0,90	49,41	-75,69	-0,39
Décembre	113,40	90,72	39,3	0,50	18,12	18,12	0,90	35,37	-73,47	-0,38
Janvier	112,80	90,24	42,3	0,50	18,12	18,12	0,85	35,96	-72,41	-0,37
Février	104,48	83,58	60,6	0,50	18,12	18,12	0,95	57,57	-44,13	-0,23
Mars	75,21	60,17	84,3	0,50	18,12	6,04	0,95	80,09	13,88	0,07
Avril	61,81	49,45	99,6	0,50	18,12	6,04	0,95	94,62	39,13	0,20
Mai	49,87	39,90	129	0,50	18,12	6,04	0,95	122,55	76,61	0,39
Juin	10,02	8,02	164,7	0,50	18,12	0,00	0,95	156,47	148,45	0,76
Juillet	1,00	0,80	159,6							
Août	7,14	5,71	166,5							

Tableau VI-16 : Récapitule les besoins en eau (mm) des cultures :

Mois/culture	Olivier	Orange	Amandier	Gazon
Septembre	79,99	73,64	35,57	
Octobre	-7,80	-18,44	-35,06	23,55
Novembre	-102,06	-102,98	-113,96	-75,69
Décembre	-119,56	-113,96	-121,82	-73,47
Janvier	-117,13	-107,15	-119,84	-72,41
Février	-98,57	-79,79	-104,03	-44,13
Mars	-23,50	-1,21	-34,93	13,88
Avril	-2,83	23,28	-16,56	39,13
Mai	25,83	46,39	7,69	76,61
Juin	131,98	123,74	90,80	148,45
Juillet	134,86	126,88	94,96	
Août	135,82	127,49	94,19	

Nous avons Besoin max mensuelle=148.14 mm

Le débit spécifique calculé pour la culture la plus exigeante est de : **0.76 l/s/ha.**

III-Conclusion partielle:

L'irrigation du Parc Dounia 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 779.73mm. Cette dernière couvrirait relativement dans une large mesure, les besoins des plantes dans des périodes bien précises.

Pour cela nous avons estimé les besoins en eau des cultures choisies et le débit spécifique de chaque une d'eux.

Chapitre VII :
Réseau d'adduction et
de distributio

I-Introduction partielle :

Un réseau d'irrigation est l'ensemble d'organes, d'ouvrages et d'appareils qui assurent le Transport. La répartition et la distribution à chaque exploitation agricole; dans chaque parcelle des eaux destinées à l'irrigation, sans oublier par ailleurs les organes qui doivent éventuellement évacuer les eaux en excès (le drainage). Le choix de la méthode d'irrigation est une tâche très importante dans le domaine d'irrigation afin d'avoir un meilleur rendement, le choix se fait en fonction des facteurs techniques, économiques, et sociologiques.

Les facteurs techniques incluent :

- Le type de culture, le type de sol, la topographie et la qualité de l'eau.
- Les facteurs socio-économiques incluent :
- La structure des exploitations, les coûts d'investissement, les frais de fonctionnement et d'entretien et les disponibilités en main d'œuvre.

II- Choix du mode d'irrigation :

Le choix de la technique la plus convenable repose sur l'analyse d'un ensemble de critères et Contraintes à savoir:

- la topographie (pente de terrain, relief géométrie de la parcelle...etc.)
- la ressource en eau (quantité, qualité, débit et pression disponible).
- la nature des cultures.
- la nature du sol (perméabilité).
- les facteurs socioculturels.
- les facteurs économiques.

III- Organisation et structure du périmètre :

L'organisation de périmètre est la première contrainte dans l'aménagement d'un périmètre, d'irrigation. Le périmètre est organisé en un secteur, et divisé en plusieurs îlots.

1 .Ilots et bornes d'irrigation:

Le terme « Ilot d'irrigation » est par définition la plus petite entité hydro-agricole desservie par une borne d'irrigation. Pour éviter tout conflit entre agriculteurs, les limites des îlots d'irrigation sont celles des: exploitations ou des parcelles ou à défaut les limites facilement matérialisées sur terrain.

L'organisation d'un périmètre en îlots résulte d'un compromis de plusieurs facteurs topographiques, technico-économique, taille et nombre de parcelles...etc.

2. Rôle et fonction de la borne d'irrigation :

Chaque îlot sera équipé d'un ouvrage de desserte appelé borne d'irrigation, qui comporte une ou plusieurs sorties ou « prises » suivant le nombre d'arrosages qu'elle doit assurer simultanément. Chaque borne, et même chaque sortie, doit assurer toutes les fonctions d'une prise c'est-à-dire :

- Régler le débit, ou plus exactement le limiter au débit de l'ilot ;
- Régler la pression ;
- Encaisser les suppressions accidentelles ;
- Compter les volumes distribués par la prise ;

3. Calcul du débit aux bornes :

Le débit de chaque borne pouvant desservir un ilot est calculé comme suit :

$$Q_b = q_s \cdot S_i$$

- Q_b : Débit de chaque ilot (l/s)
- q_s : Débit spécifique (l/s/ha)
- S_i : Superficie de l'ilot (ha)

4. Choix du diamètre et du type des bornes :

Le choix du type de borne dépend de la surface de l'ilot et du nombre de parcelles. Généralement on admet :

- Pour les ilots qui ont un nombre de parcelles entre [4 -8], et dont la superficie est inférieure à 15 ha, on prend la borne à quatre prises (Borne de type A4).
- Pour les ilots qui ont deux parcelles et dont la superficie est inférieure à 15 ha, on prend la borne à deux prises (borne de type A2).
- Pour les ilots qui ont deux parcelles et dont la superficie dépasse 15 ha, on prend la borne à deux prises (Borne de type B).
- Pour les grands ilots ($S > 50$ ha) on prévoit des bornes de type C.

Tableau VII-1: Type de bornes en fonction de superficies des ilots

Type	Débit fourni	Entrée	Sortie (prise)
Type A2	$Q < 40 \text{ m}^3/\text{h}$ (11.11) l/s	1 Entrée $\Phi 80, 100$	2 Entrée $\Phi 65$
Type A4	$Q < 40 \text{ m}^3/\text{h}$ (11.11) l/s	2 Entrée $\Phi 80, 100$	4 Entrée $\Phi 65$
Type B	$40 \text{ m}^3/\text{h}$ (11.11) l/s $< Q < 80 \text{ m}^3/\text{h}$ (22.22 l/s)	2 Entrée $\Phi 80, 100, 125$	2 Entrée $\Phi 100$
Type C	$Q > 80 \text{ m}^3/\text{h}$ (33.33 l/s)	2 Entrée $\Phi 80, 100, 125$	1 Entrée $\Phi 150$

Tableau VII-2 : Calcul des débits des ilots et choix du type de bornes.

N° de l'ilot projeté	Superficie (ha) de l'ilot	N° de parcelle d'irrigation	Superficie de la parcelle d'irrigation (ha)	Débit des bornes (l/s)	débit des prises (l/s)	Matériau	Diamètre de la borne (mm)	Diamètre de la prise (mm)	Borne type
I1	13.32	P1	3.91	10.123	2.972	PEHD	100	65	A2
		P2	9.41		5.426			100	A2
I2	11.34	P1	4.11	8.618	3.124	PEHD	100	65	A4
		P2	3.5		2.66			65	A4
		P3	2.23		1.695			65	A4
		P4	1.5		1.14			65	A4
I3	11.50	P1	7.36	8.74	5.594	PEHD	100	65	A2
		P2	4.14		3.146			65	A2
I4	11.00	P1	1.49	8.36	1.132	PEHD	100	65	A4
		P2	3.12		2.371			65	A4
		P3	2.81		2.136			65	A4
		P4	3.36		2.554			65	A4
I5	14.00	P1	2.45	10.64	1.862	PEHD	100	65	A4
		P2	4.99		3.792			65	A4
		P3	4.52		3.435			65	A4
		P4	2.04		1.55			65	A4
I6	14.58	P1	4.33	11.08	3.291	PEHD	100	65	A4
		P2	4.48		3.405			65	A4
		P3	2.71		2.059			65	A4
		P4	3.07		2.333			65	A4
I7	11.35	P1	5.15	8.626	3.914	PEHD	100	65	A2
		P2	6.2		4.712			65	A2

I8	14.88	P1	2.08	11.309	1.5808	PEHD	100	65	A4
		P2	1.85		1.406			65	A4
		P3	1.88		1.429			65	A4
		P4	2.09		1.589			65	A4
		P5	1.91		1.452			65	A4
		P6	2.04		1.55			65	A4
		P7	2.95		2.242			65	A4
I9	13.25	P1	3.6	10.07	2.736	PEHD	100	65	A4
		P2	4.25		3.23			65	A4
		P3	2.4		1.824	PEHD		65	A4
		P4	3		2.28			65	A4
II0	11.87	P1	5.27	9.021	4.005	PEHD	100	65	A2
		P2	6.6		5.016			65	A2
II3	17.32	P1	9	13.163	6.84	PEHD	100	65	B
		P2	8.32		6.323			65	B
II4	13.60	P1	6.5	10.336	4.94	PEHD	100	65	A2
		P2	7.1		5.396			65	A2

IIV-Description de l'aménagement du périmètre :

Lors de l'aménagement d'un périmètre d'irrigation, il est nécessaire d'étudier les variantes d'aménagement qui conditionnent le schéma hydraulique à savoir les systèmes d'adduction et de distribution, ceci en fonction de la disponibilité de la source d'eau et on choisit la variante adéquate pour alimenter notre périmètre.

1. Choix de la variante d'aménagement :

Le choix de la variante d'aménagement la plus adéquate se fait après étude des deux variantes d'aménagement disponibles, et en fin on choisit celle qui s'adapte mieux en tenant compte des pertes de charge minimales et le meilleur tracé (tracé économique).

1.1 La variante 1 :

La variante 1 est celle du réseau gravitaire sans pompage et donc sans réservoir. Une conduite enterrée en PEHD part de la chambre des vannes vers la station de tête(ST), qui alimentera le périmètre.

1.2 La variante 2 :

La variante 2 consiste à alimenter le périmètre à partir d'un pompage qui va alimenter un réservoir de stockage pour garantir les pressions adéquates (généralement à 2 bars) au niveau des bornes.

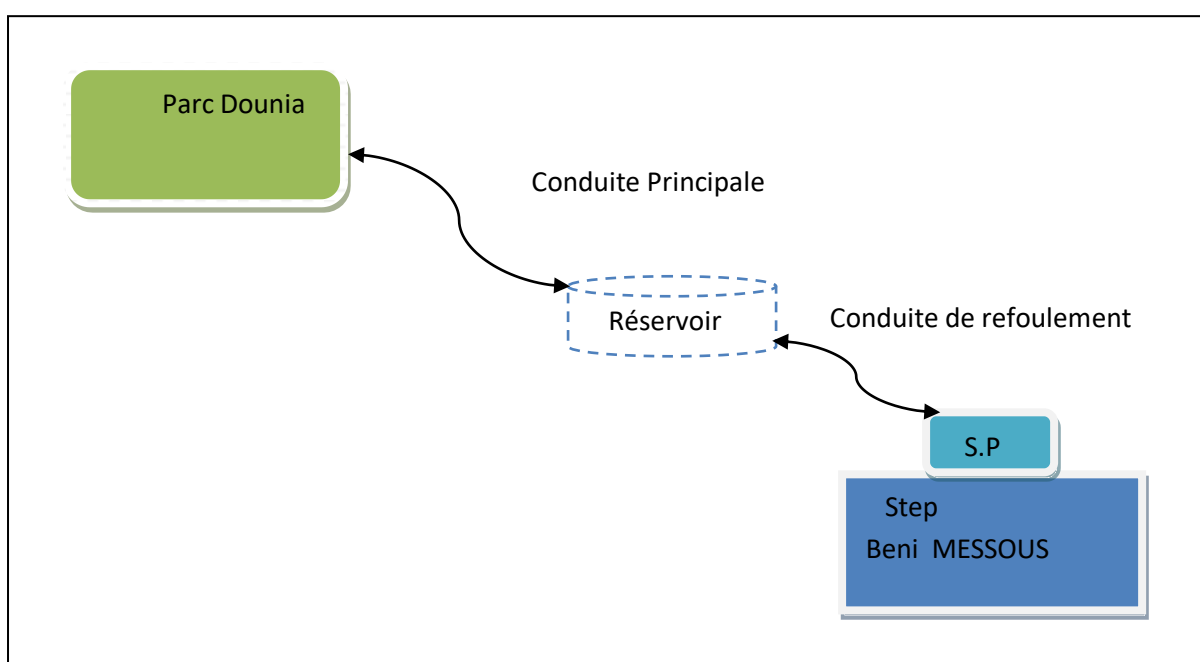


Figure VII-1 : Schéma de la variante d'irrigation sous pression

1.3 Choix de la variante :

Suivant les besoins de notre étude nous avons opté pour la variante 2 : variante avec système de pompage qui paraît la plus adéquate.

V-Etude de système de pompage :

La première étape pour dimensionner la station de pompage est de déterminer le débit demandé.

La seconde étape est de déterminer la pression manométrique totale à laquelle 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.

1. Détermination de la hauteur d'élévation :

A partir du calcul des besoins en eau, on peut tirer le débit caractéristique (pour le mois de pointe), dans notre cas il est de :

$$Q_{car} = q_s \cdot S = 0.76 \cdot 189 = 143.64 \text{ l/s} = 0.1436 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{car} = 0.1436 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{rf} = Q_c \cdot (1.05 - 1.1);$$

$$Q_{rf} = 1.06 \cdot Q_c = 152.22 \text{ l/s} = 0.1522 \text{ m}^3/\text{s}$$

La hauteur d'élévation se calcule comme suivant :

$$H_{cal} = h_a + h_r + \Delta h_p(asp) + \Delta h_p(ref) + P_{exh}$$

Avec :

h_a : Hauteur d'aspiration (m) ;

h_r : Hauteur de refoulement (m) ;

$\Delta h_p(asp)$: Pertes de charges à l'aspiration (m) ;

$\Delta h_p(ref)$: Pertes de charges au refoulement (m) ;

P_{exh} : Pression nécessaire à l'exhaure (sortie du collecteur) = (1,0÷1,5) m ;

On prend $P_{exh} = 1 \text{ m}$

Pour notre cas :

$$H_g = h_a + h_r \text{ (hauteur géométrique)}$$

D'où :

$$H_g = h_a - h_r ; H_g = 253 - 189.42 = 63.58 \text{ m}$$

2. Détermination du diamètre économique de conduit refoulement:

Adduction à partir de la station de pompage vers réservoir de distribution:

Notre étude consiste à déterminer le diamètre économique à partir de la station de pompage vers le réservoir d'irrigation.

La détermination du diamètre économique est basée sur l'étude technico-économique.

Le prix d'installation dépasse souvent celui du bâtiment de la station de pompage avec tous ces équipements, la raison pour laquelle l'installation des conduites de refoulement, matériaux, le nombre et leurs diamètres doivent être déterminés après une étude technico-économique et pour différentes variantes.

On choisit le tracé des conduites en charge en fonction des conditions locales (distance la plus courte possible et le plus petit nombre de détours, au plan horizontal et vertical).

Les conduites sont équipées d'accessoires (vanne, ventouses, joints de dilatation, des clapets anti-retour, des reniflards et des dispositifs de vidange.....)

Pour la détermination des collecteurs en charge on doit avoir les données suivantes :

- Graphique de pompage des eaux en fonction de la demande en eau
- En fonction de nombre de pompes principales et le schéma de raccordement des pompes

Pour le calcul le diamètre économique de conduite de refoulement, on utilise les deux formules approchées suivantes :

Tableau VII-3 : Les deux formules de calcul le diamètre économique

formule de Bress	$D = 1,5 * \sqrt{Q}$
formule de Bonnin	$D = \sqrt{Q}$

Q: débit à élever (Débit forcé) en m³/s.

Remarque : La formule de Bress n'est valable que pour les petits projets

(Longueur de conduite ≤ 1Km)

$$D = \sqrt{Q} \quad ; \quad D = \sqrt{0.1522 Q} = 0.3901 \sqrt{Q} \quad D = 400 \text{ mm}$$

La longueur de notre conduite de refoulement est **2390 m**.

3. Calcul des pertes de charge :

▪ Pertes de charge linéaires :

$$\Delta H_l = I * L = \lambda \frac{L V^2}{D 2g}$$

Pour un tronçon donné, les pertes de charge linéaires dépendent de :

- diamètre D de la conduite en (m);
- débit Q en (m³/s);
- la rugosité absolue ξ exprimée en mm;
- la longueur du tronçon L en (m).
- V: vitesse moyenne d'écoulement en (m/s).
- ΔH_l : Pertes de charge linéaires en (m) :
- I: gradient hydraulique en (m/m)

Le coefficient λ est obtenu par les formules suivantes :

$$\lambda = (1,14 - 0,86Ln \frac{\xi}{D})^{-2} \quad (\text{Formule de Nikuradzé})$$

ξ : Rugosité absolue ; 0,046 mm. (Conduite en PEHD)

▪ Pertes de charge singulières :

Elles sont occasionnées par les singularités des différents accessoires de la conduite (Coude, vannes, clapets,...).

$$\Delta H_s = 0,1 * \Delta H_l$$

▪ Pertes de charge totales (ΔH_t) :

Ce sont la somme des pertes de charge linéaires et les pertes de charge singulières, alors :

$$\Delta H_t = 1,1 * \Delta H_l$$

2.2 Calcul de la hauteur manométrique totale :

$$HMT = Hg + \Delta H_a + \Delta H_r = Hg + \Delta H_t$$

Chapitre VII :

Réseau d'adduction et de distribution

Hg: la hauteur géométrique

ΔH_a : pertes de charge à l'aspiration

ΔH_r : pertes de charge au refoulement

➤ Puissance absorbée par la pompe :

C'est la puissance fournie à pompe, définie comme suit :

$$P = \frac{g * Q * HMT}{\eta}$$

η : rendement de la pompe en (%) ($\eta=77.5\%$)

Q: débit refoulé par la pompe en (m³/s)

g: pesanteur (9.81 m/s²)

➤ Energie consommée par la pompe :

$$E = P * t * 365 \text{ [KWh]}$$

t: c'est le temps de pompage par jour en (heure); dans notre cas t = 20 h

P: puissance de la pompe en (kW)

➤ Frais d'exploitation :

Les frais d'exploitation sont définis par la formule suivante:

$$F_{ex} = E * e \text{ [DA]}$$

E: énergie consommée par la pompe en (Kw H)

e: prix unitaire d'un Kw H imposé par la SONELGAZ. (E=4,67DA)

➤ Frais d'amortissement :

Les frais d'amortissement sont donnés par la formule suivante :

$$F_{am} = P_{rc} * A \text{ [DA]}$$

P_{rc} : prix de la conduite en (DA)

A: Amortissement annuel. Il est donné par la formule suivante :

$$A = \frac{i}{(i+1)^n - 1} + i$$

i: Taux d'annuité annuel, i = 8 %

n: nombre d'années d'amortissement, n = 30 ans

$$A.N : A = \frac{0,08}{(1+0,08)^{30} - 1} + 0,08 \Rightarrow A = 0,0888$$

La longueur de conduite de refoulement. ($L_{ref} = 2390 \text{ m}$)

Le diamètre économique se fait à base de la formule de BONNIN

$D=390 \text{ mm}$ (diamètre extérieur =600 mm) fonte

Les résultats trouvés pour le calcul du diamètre économique de ce tronçon sont regroupés dans les tableaux suivants :

Tableau VII-4 : Variation des HMT en fonction du diamètre.

Diamètre (mm)	Longueur (m)	Débit (l/s)	Vitesse (m/s)	Λ	ΔH_{lin} (m)	ΔH_{totale} (m)	Hg (m)	HMT
250	2390	152,22	3,10216561	0.01372274	64,2855972	70,7141569	63,58	135,2941569
315	2390	152,22	1,95399698	0.01310537	19,331669	21,2648359	63,58	85,84483593
400	2390	152,22	1,21178344	0.01251	5,5889482	6,14784302	63,58	70,72784302
500	2390	152,22	0,7755414	0.01198978	1,75522929	1,93075222	63,58	66,51075222
600	2390	152,22	0,53857042	0.01158844	0,68177567	0,74995324	63,58	65,32995324
700	2390	152,22	0,39568439	0.01126463	0,30661929	0,33728122	63,58	64,91728122

➤ **Calcul des frais d'investissement :**

Tableau VII-5: Variation des frais d'investissement en fonction du diamètre.

Diamètre (mm)	Prix de ml (DA)	L (m)	Famor (DA)
250	2595	2390	550742,04
315	4093.57	2390	868786,55
400	6698.74	2390	1421687
500	10152.51	2390	2154687,5
600	13300	2390	2833263,2
700	18376.11	2390	3899998,6

➤ **Calcul des frais d'exploitation :**

Tableau VII-6 : Calcul des frais d'exploitation.

Diamètre (mm)	P(K Watt)	E(K Wh/an)	F exploi (DA)
250	262,6119326	1917067,108	8952703,4
315	166,6286171	1216388,905	5680536,19
400	137,2858663	1002186,824	4680212,47
500	129,1003069	942432,2404	4401158,56
600	126,8083239	925700,7647	4323022,57
700	126,0073093	919853,3581	4295715,18

➤ **Bilan des coûts (Exploitation - Investissement) :**

Le bilan des coûts de l'exploitation et de l'investissement figure dans le **Tableau VII-7**

Tableau VII-7 : Bilan des frais d'investissement et d'exploitation.

Diamètre (mm)	Fexplo (DA)	Famort (DA)	Billon (DA)
250	262,6119326	1917067,108	8952703,4
315	166,6286171	1216388,905	5680536,19
400	137,2858663	1002186,824	4680212,47
500	129,1003069	942432,2404	4401158,56
600	126,8083239	925700,7647	4323022,57
700	126,0073093	919853,3581	4295715,18

Selon la combinaison des frais d'investissement et d'exploitation, le bénéfice va au profit du diamètre **DN 700** avec **HMT=64,92 m**.

4. Choix des pompes et nombre des pompes :

Les Critères du choix du nombre de pompes sont les suivants :

- Nombre minimal de pompes;
- Puissance absorbée minimale;
- $(NPSH)_r$ minimal;
- Meilleur rendement;

D'après les données recueillies et le choix du diamètre économique, nous avons :

- ✓ Le débit NNN d'équipement qui est de 152.22 l/s ;
- ✓ La hauteur manométrique totale nécessaire à l'adduction elle est de 64.92 m ;
- ✓ La conduite de refoulement a un linéaire de 2390 m.

Dans notre cas, nous avons utilisé le logiciel CAPRARI pour le choix du type et du nombre des pompes. Le tableau V.10 Englobe le type, le nombre et les caractéristiques de la pompe choisie.

Tableau VII-8 : les caractéristiques de la pompe choisie.

Nombre de pompe	Q (l/s)	H _{MT} (m)	Type de pompe	η %	N (tr/min)	P _{ab}	NPSH _r (m)	Ø orif de ref (mm)	poids (kg)
3	146	64.92	MEC-AZ 3/80C	78.2	2900	121	5.61	80	487

La pompe centrifuge monocanale à axe horizontale à comme caractéristique :

- Débit : Q= 48.5 l/s
- Hauteur manométrique totale 77.5 m

- NPSHr = 5.85 m

Chapitre VII :

Réseau d'adduction et de distribution

La courbe caractéristique de la pompe est comme suit :

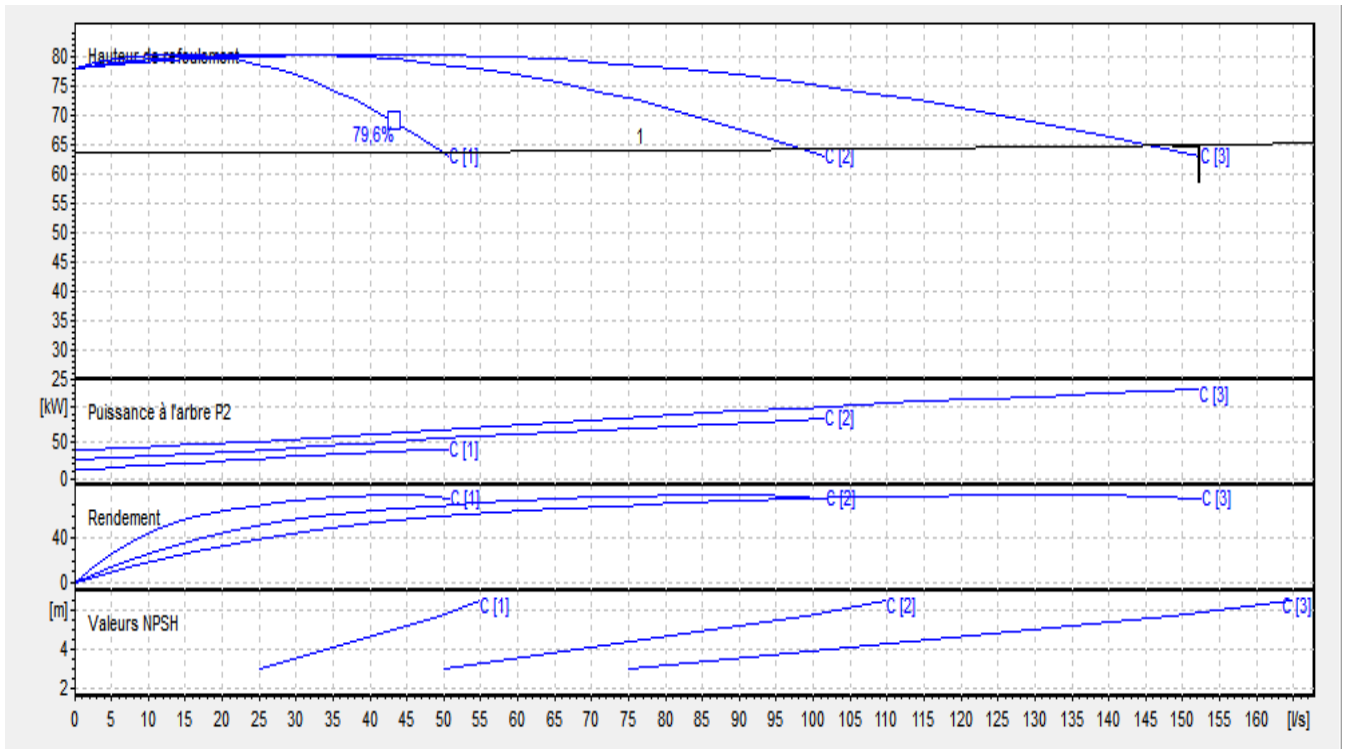


Figure VII-2: Courbe caractéristique de la pompe. (CAPRARI)

4.1 Nombre de pompe de secours :

Les intervalles des nombres de pompes sont présentés dans le Tableau V.:

Tableau VII-9 : Choix de Nombre de pompes.

Nombre de pompes principales	Nombre de pompes de secours
$N_p \leq 4$	1 pompe de secours
$4 < N_p \leq 6$	2 pompes de secours
$N_p \geq 6$	3 pompes de secours

Dans notre station de pompage nous avons 3 pompes donc le nombre de pompe de secours est une seule

5. Dimensionnement du Réservoir de stockage (Bassin):

Etant donné la superficie importante, on opte pour un réservoir rectangulaire (ou bassin).

Le volume du réservoir est estimé comme suit :

$$V = Qc \times Tnf$$

Avec:

- V: Volume d'eau d'irrigation (m³).

Chapitre VII :

Réseau d'adduction et de distribution

- QC : débit caractéristique (m³/h), QC = 516.96 m³/h
- Tnf : temps de non fonctionnement pris égal à 4 heures.

On trouve donc $V = 1109.3 \times 4 = 2067.84 \text{ m}^3$.

On prend un volume de **V=2000 m³**.

Vu le volume de régulation nous optons pour 2 variantes de réservoirs :

✓ **Pour un stockage de forme circulaire :**

Vu la capacité de la bêche, on fixe une hauteur **H= 7m**, on aura donc :

$$D_r = \sqrt{\frac{4 \times V_t}{\pi H}} = \sqrt{\frac{4 \times 2000}{3.14 \times 7}} = 43.70 \text{ m} \rightarrow \mathbf{D_r = 44 \text{ m}}$$

✓ **Pour un stockage de forme rectangulaire :**

Vu la capacité de la bêche, on fixe une hauteur **H= 5m**, on aura donc :

Longueur x Largeur x Hauteur = 2000 m³

$$\text{Longueur} \times \text{Largeur} = \frac{2000 \text{ m}^3}{\text{Hauteur}} = 400 \text{ m}^2$$

Donc, on opte pour un stockage de **20m** de longueur, **20m** de Largeur et **5m** de hauteur.

VI-Dimensionnement hydraulique des canalisations :

Après avoir calculé les débits de chaque ilot, et déterminé les critères hydrauliques de la conduite gravitaire, on passera au calcul du réseau de distribution, c'est-à-dire de l'ouvrage vers les bornes.

1. Vitesse admissible :

La fixation d'un seuil de vitesse admissible a pour but d'éviter les risques entraînés par des vitesses importantes (risque d'érosion) et les vitesses faibles (risque de dépôts solides).

La vitesse admissible comprise entre 0.5 m/s, comme vitesse minimale, et 2.5 m/s comme vitesse maximale. Dans notre étude, on prend une vitesse moyenne dans la conduite égale à 1.5 m/s.

2. Choix du matériau des conduites :

Pour choisir le matériau de canalisation il faut tenir compte de l'agressivité du sol ainsi la satisfaction des conditions hydriques (débit, pression...) et la surtout la disponibilité sur le marché.

Parmi les matériaux utilisés on peut citer : l'acier, la fonte, le PVC etc.

a)-Conduites en fonte :

Présentent plusieurs avantages :

- Bonne résistance aux forces internes ;
- Bonne résistance à la corrosion ;

Chapitre VII :

Réseau d'adduction et de distribution

- Très rigides et solides.

Leur inconvénient est :

- Coût relativement important.

b)-Conduite en PEHD :

Ils sont les plus utilisés car ils présentent des avantages importants :

- Sont les plus légers et faciles à couper ;
- Présentent de bonnes propriétés hydrauliques ;
- Disponible sur le marché ;
- Une pose de canalisation facile ;
- Leur coût est relativement faible.

Leur inconvénient est :

- le risque de rupture dans le cas d'une mauvaise soudure.

c)- Conduite en PRV :

Les tuyaux en Polyester Renforcé de fibres de Verre (PRV) sont une combinaison de résine de polyester, de fibres de verre et de matériaux de renforcement

Dans notre cas, les conduites seront en PEHD si le diamètre est inférieur ou égal à 315 mm, et en fonte dans le cas contraire (> 400mm).

3. Calcul des diamètres :

Le calcul des diamètres se fait par l'application de la formule de " LABYE " qui nous donne une approche du diamètre économique qu'on normalise.

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q}{\pi \times V_{ad}}} \times 1000$$

Avec :

Q : débit exprimé en m³/s,

D : diamètre exprimé en mm;

V_{ad}: vitesse admissible = 1.5 m/s.

4. Estimation des pertes de charge :

Les pertes de charge unitaires, ont été définies par la formule de HAZEN WILLIAM, qui est donnée par la formule suivante :

$$J = \left(\frac{3.592}{CHw} \right)^{1.852} \times \frac{L}{D^{4.87}} \times Q^{1.852}$$

Avec :

J: Pertes de charge unitaire en m

Q: Débit en m³/s

D: Diamètre de la conduite considérée

L : longueur de tronçon en m

CHw : coefficient de Hazan williams

Dans notre cas, les conduites seront en fonte si leur diamètre est supérieur ou égal à 315mm et en PEHD dans le cas contraire. Pour une conduite en fonte/PEHD, nous a les caractéristiques suivantes :

Chapitre VII :

Réseau d'adduction et de distribution

Les pertes de charge singulières sont estimées à **10%** des pertes de charge linéaires. Les calculs hydrauliques sont détaillés dans le tableau qui suivra.

5. Calcul des pressions aux bornes :

L'estimation des pressions des bornes est basée sur le principe de Bernoulli entre le point A et le point B :

$$Z_1 + h_1 + \frac{V_1^2}{2g} = Z_2 + h_{21} + \frac{V_2^2}{2g} + \Delta H$$

Où h_1 et h_2 sont les hauteurs de pressions

V_1 et V_2 sont les vitesses d'écoulement dans A et B

Z_1 et Z_2 sont les côtes du terrain naturel.

ΔH : sont les pertes de charge entre A et B.

Tableau VII-10: pressions au niveau des bornes

N° tronçon	Long L (m)	Débit (m3/s)	Diamètre (mm)	D. Norm (mm)	Matériau de canalisation	V (m/s)	P.charge (m/m)	C. terrain Z(m)	C.piézo (m)	Pression (m)
R-ST	7.149 1	0.1436	349	350	Fonte	1.49	0.0369 4	184.3 7	184.37	0
ST-N1	1536. 7056	0.1436	349	350	Fonte	1.49	7.9411 4	200.5 1	176.42 89	24.08 11
N1-R1	496.6 633	0.0718	247	315	PEHD	0.92	1.1876	206.9 0	175.24 13	31.65 87
N1-R3	419.2 216	0.0718	247	315	PEHD	0.92	1.0024 6	200.5 7	174.23 884	26.33 116
R1-R2	231.5 659	0.0718	247	315	PEHD	0.92	0.5537 3	202.8 1	173.68 511	29.12 489
R3-R4	315.0 411	0.0359	175	200	PEHD	1.14	1.9065	223.7 4	171.77 861	51.96 139
R3-R5	389.8	0.0359	175	200	PEHD	1.14	2.3595	234.4	169.41	65.05

	962							7	911	089
--	-----	--	--	--	--	--	--	---	-----	-----

Chapitre VII :

Réseau d'adduction et de distribution

R5-R6	316.6 478	0.0179	123	125	PEHD	1.45	5.2090 9	227.0 87	164.21 002	62.87 698
R6-R7	354.1 799	0.0179	123	125	PEHD	1.45	5.8354 1	204.8 91	158.37 461	46.51 639
R5-R8	301.9 693	0.0179	123	125	PEHD	1.45	4.9676 2	183.1 25	153.40 701	29.71 799
R8-R9	280.1 803	0.0179	123	125	PEHD	1.45	4.6091 8	187.5 7	148.79 791	38.77 209
R9-R10	299.3 415	0.0179	123	125	PEHD	1.45	4.9243 9	217.9 7	143.87 361	74.09 639
R10-N2	232.2 155	0.0179	123	125	PEHD	1.45	3.8201 2	186.1 1	140.05 351	46.05 649
N2-R11	432.7 388	0.0059	70	75	PEHD	1.45	10.968 5	186	129.08 501	56.91 499
N2-R12	517.8 285	0.0059	70	75	PEHD	1.33	13.125 3	189.4 7	115.95 971	73.51 029
N2-R13	593.5 366	0.0059	70	75	PEHD	1.33	15.044 26	189.4 7	100.91 545	88.55 455

VII- Conclusion partielle:

Le réseau est calculé pour desservir sous 1 bar minimum. Le tableau des caractéristiques des bornes montre quelques pressions statiques supérieure à 4 bars, il sera donc possible de pratiquer l'aspersion pour ce genre d'irrigation 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 les arbres).

Chapitre VIII :

Dimensionnement

à la parcelle

I-Introduction :

Le présent chapitre concerne le dimensionnement d'un réseau d'irrigation par un réseau goutte à goutte, en considérant les différents paramètres pour atteindre des rendements optimaux en économisant de l'eau, dont les principales caractéristiques ont été définies précédemment. Pour ce projet, nous avons choisi l'Olivier comme culture pour dimensionner le réseau goutte à goutte.

II-Dimensionnement du réseau d'irrigation goutte à goutte :

Le dimensionnement du réseau d'irrigation localisée nécessite la connaissance de données de base comme la surface de la parcelle, les besoins journaliers et le temps maximum journalier de travail. Le réseau d'irrigation sera installé sur l'ilot N°8, la parcelle N°1. La surface de l'exploitation est de 2.08 ha et présente une forme relativement rectangulaire.

1. Données générales :

- La culture : Olivier
- besoin de pointe : 135,81mm en Aout
- caractéristiques de la surface occupées par l'Olivier :
 - surface : **2.08ha**
 - longueur : **147m**
 - largeur : **72m**
- Organisation du réseau :

Avec un écartement de 4*4m, et un espacement des goutteurs 2 m et 1 goutteurs pour chaque arbre.

 - Caractéristique du goutteur :
 - Débit nominal : 2l/h
 - Pression nominal : 10 m.c.e
 - Espacement des goutteurs : 2 m
 - Le nombre de goutteurs par arbre : 2

2. Besoins d'irrigation des cultures en irrigation localisée :

2.1 Influence du taux de couverture du sol :

En micro-irrigation, les apports d'eau étant localisés sur une portion très faible de la surface du sol située au voisinage des plantes, donc à l'ombre du feuillage, la part d'évaporation directe à partir du sol est réduite : On applique alors à L'ETM un coefficient de réduction : Kr. Kr dépend du taux de couverture du sol (Cs =60%) par les plantes et peut être calculé par diverses formules proposées ci-après:

- KELLER et KARMELI (1974) : $Kr = \frac{Cs}{0.85}$
- La formule de Freeman et Garzoli : $Kr = Cs + 0.5(1 - Cs)$

• La formule de Decroix (CTGREF) : $Kr = 0.1 + Cs$

Chapitre VIII :

Dimensionnement à la parcelle

On prévoit un taux de couverture égale à 60% (pour les arbres adultes) donc :

$Kr = 0.59$ Selon KELLER et KARMELI

$Kr = 0.75$ Selon Freeman et Garzoli

$Kr = 0.60$ Selon Decroix (CTGREF)

On prendra un coefficient $Kr = 0.60$ $B_{ji} = B_j \times Kr$

Le besoin maximum = 1 35.81 mm (mois de pointe Aout) $B_{ji} = 4.52 \times 0.6 = 2.712$ mm/j

2.2 Dose nette (Dose pratique) :

La deuxième étape en micro-irrigation, est la détermination d'une fraction ou pourcentage d'humidification du bulbe humide dans la zone racinaire. La différence par rapport aux autres systèmes (gravitaire ou par aspersion) est qu'il ne s'agit plus d'humidifier uniformément la totalité du sol sur une même profondeur h (Ollier & Poirée, 1981).

La dose (RFU) étant définie par la hauteur d'eau P :

$$Dp = (Hcc - Hpp) \times Y \times Z \times da \times P \% = RFU \times P \%$$

Tel que :

Hcc : humidité à la capacité au champ (25%)

Hpf : humidité au point de flétrissement (15%)

Y : degré d'extraction de l'eau du sol (1/2)

Z : profondeur d'enracinement en (1500 mm)

Da : Densité apparente 1.45

P : Pourcentage du sol humidifié (%)

Il est déterminé à partir de table d'estimation de Pourcentage du sol humidifié; en fonction de :

*Sl: écartement entre les rampes (2 m)

*Le débit d'un gouteur : 2 l/s.

*Ecartement des distributeurs sur la rampe et de la texture du sol.

Dans notre cas le sol est de texture limono-sableuse (hcc=0.11 ; hpp=0.06)

D'où : $P\% = 60 \%$

Donc : $Dp = (0.11 - 0.06) \times 0.5 \times 1500 \times 60 \% = 22.5$ mm

2.3 Calcul de la dose nette réelle d'irrigation :

Elle est estimée à $Db = .0.9$

D'où : $Db = 22.5 \times 0.9 = 20.25$ mm /mois

2.4 Calcul de la dose brute :

C'est la quantité d'eau à assurer tout en tenant compte des pertes dues à l'efficacité du système d'irrigation ainsi qu'à l'uniformité de l'irrigation.

$$D_{brut} = D_r / R_p \quad \text{si } R_p \leq 1$$

$$D_{brut} = D_r \times R_p \quad \text{si } R_p > 1$$

Chapitre VIII :

Dimensionnement à la parcelle

$$R_p = E \times C_u$$

Avec :

E: Efficacité de l'irrigation (E=0.85 pour l'irrigation localisée)

Cu : Coefficient d'uniformité du système de l'irrigation (en irrigation localisée Cu est inférieur à 1 on le prend 0.95)

Dans notre cas on a $R_p = 0.81 < 1$ on utilise la formule $D_{brut} = D_r / R_p$

$$D'ou \ D_{brut} = 20.25 / 0.81 = \mathbf{25 \text{ mm}}$$

2.5 Calcul de la fréquence d'arrosage :

La fréquence d'arrosage est en fonction du besoin journalier qu'il faut satisfaire et de la dose réelle nette, elle est donnée par la formule suivante : $Fr = \frac{Dose \ nette}{B_{ji}} = \frac{22.5}{2.712} = \mathbf{8.296 \text{ jours}}$

Donc on prend $Fr = \mathbf{8j}$, et on recalcule la nouvelle dose réelle nette tel que:

$$D_r = 8 \times 2.712 = \mathbf{21.696 \text{ mm}}$$

La nouvelle dose brute est alors égale à : $D_b = \frac{D_r}{0.9} = \frac{21.696}{0.9} = \mathbf{24.1062 \text{ mm}}$

2.6 La durée d'arrosage par mois :

$$\theta = \frac{D_b \times S_r \times S_a}{n \times Q_g}$$

Avec :

Sd : Espacement entre les distributeurs.

Sr : Espacement entre les rangs.

n : le nombre des goutteurs.

Qg : Débit des goutteurs.

Les Oliviers sont disposés de manière suivante : Distance entre les arbres 1.5m

Distance entre les rampes 2m Chaque arbre aura 1 goutteur de 2l/h

$$\theta = \frac{24.1062 \times 2 \times 1}{2 \times 2} = \mathbf{12.11 \text{ heures/mois}}$$

2.7 Durée d'arrosage journalier :

$$D_j = \frac{Durée \ d'arrosage}{Fr}$$

$$D_j = \frac{24.21}{8} = \mathbf{3.03 \text{ heures}}$$

2.8 Nombre de postes :

Le nombre de postes par jour est défini comme suit :

$$N = \frac{Temps \ de \ travail}{Durée \ d'arrosage \ journalier}$$

$$N = \frac{10}{3.03} = \mathbf{4 \text{ Postes}}$$

On prend 4 postes

Chapitre VIII :

Dimensionnement à la parcelle

2.9 La surface du poste :

La surface du poste est définie par la formule suivante :

$$Sp = \frac{\text{La surface totale}}{\text{Nombre de poste}}$$

$$Sp = \frac{189}{4} = 47.25 \text{ ha}$$

A partir de cette surface, on peut déduire les dimensions nécessaires des rampes et des portes rampes.

3. Calculs hydrauliques :

3.1 Conditions hydrauliques de base :

La variation maximale du débit entre goutteurs ne doit pas dépasser 10% selon la règle de

Christiansen : $\frac{\Delta q}{q} = 10\%$

La variation maximale de la pression : $q = K \times H^X$ Tel que : $x=0.5$ (caractéristique du goutteur)

Avec :

K : constante dimensionnelle donnée par le fabricant

H : la pression dans la rampe en mètre colonne d'eau

X : exposant caractérisant le goutteur on prend.

$$\frac{\Delta q}{q(g)} = \frac{\Delta H}{H(n)}$$

Avec :

(g) : Débit nominal du goutteur

(n) : Pression nominale

$$0.1 = 0.5 \times \Delta H / 10 \quad \Delta H (\text{max}) = 2 \text{ mce.}$$

Donc selon la règle de Christiansen 10% ΔH singulières = 0.2 m; le reste 1.8 ΔH linéaire = 1.8 m.

• Donc pour les rampes = $2/3 \times 1.8 = 1.2 \text{ m}$;

• Pour le porte rampe = $1/3 \times 1.8 = 0.6 \text{ m}$.

3.2 Le débit :

$$Qr = Qg \cdot Nr \dots$$

$$Qpr = Qr \cdot Nr$$

Avec:

Qr : Débit de rampe.

Qg: Débit du goutteur.

Ng/r : Nombre des goutteurs par rampe.

Nr : Nombre des rampes.

Qpr: Débit de porte rampe.

Le porte rampe coupe la surface du terrain au milieu de la parcelle, donc on a :

La longueur de la rampe est de : 72 m

La longueur de la porte rampe est de : 147 m

Chapitre VIII :

Dimensionnement à la parcelle

3.3 Le nombre d'arbres par rampe :

$$N_{arbres} = Lr/Er = 18 \text{ Arbres}$$

3.4 Le nombre de goutteurs par rampe :

$$Ng = N_{arbres} \times n = 18 \times 2 = 36 \text{ goutteurs}$$

3.5 Le nombre des rampes :

$$Nr = Lpr/Er = 73 \text{ Rampes}$$

3.6 Débit de la rampe :

$$Qr = Qg \times Ng = 2 \times 36 = 72 \text{ l/h}$$

3.7 Débit de la porte rampe :

$$Qp = Qr \times Nr = 72 \times 73 = 5256 \text{ l/h}$$

3.8 Le nombre de porte rampe :

Etant donné qu'on a 2 porte rampes

3.9 Débit de la conduite tertiaire :

$$Qc = Qp \times Np = 5256 \times 2 = 10512 \text{ l/h}$$

4. Dimensionnement des canalisations du réseau :

Les rampes et les portes rampes sont généralement fabriquées en polyéthylène de basse densité ou bien en polyéthylène de haute densité, et qui sont conçues pour résister à des pressions nominales de 4 à 6 bars.

- La conduite tertiaire (conduite d'approche) : C'est la conduite qui relie au point de fourniture d'eau les diverses porte-rampes. Elle est en PVC rigide ou en acier galvanisé comme en irrigation par aspersion. Pour les petites installations, du polyéthylène haute densité peut également être utilisé.
 - Porte-rampes : C'est la conduite qui alimente les rampes d'un seul côté ou des deux côtés. Ils peuvent être soit en polyéthylène moyenne densité (PEMD), soit en chlorure de polyvinyle rigide (PVC).
 - Les rampes : Qui sont toujours en PEBD (polyéthylène basse densité), à l'exception de quelques installations où l'on a utilisé du PVC rigide de petit diamètre.
- Le diamètre de rampes ainsi que des portes rampes est calculé d'après les formules suivantes :

$$\varnothing r(c) = \left[\frac{\text{P.d.c}(r) * 2.75}{0.478 * Q(r)^{1.75} L(r)} \right]^{\frac{-1}{4.75}}$$

$$\varnothing pr(c) = \left[\frac{\text{P. d. c}(pr) * 2.75}{0.478 * Q(pr)^{1.75} L(pr)} \right]^{\frac{-1}{4.75}}$$

Avec :

- Pdc(r) : la perte de charge dans la rampe
- Q(r) : le débit de la rampe en l/h
- L(r) : la longueur de la rampe en m
- Ør (cal) : le diamètre de rampes
- Øpr (cal) : le diamètre de porte rampe

La répartition de la perte de charge est :

- Sur les portes rampes p.d.c (pr) = 0.6 mce
- Sur les rampes p.d.c (r) = 1.2 mce

5. Vérification des pertes de charges :

Pour la détermination des pertes de charges des différents tronçons de la canalisation après choix du diamètre, On recalculer les pertes de charges pour un D = 16 mm, Perte de charge selon hazen-williams :

$$\Delta H = \left(\frac{3.592}{CW} \right)^{1.852} \cdot \frac{L}{D^{4.87}} \cdot Q^{1.852}$$

Avec:

L: longueur de la conduite

Q : débit en (l/h)

D : diamètre intérieur de a canalisation

6. Calcul du diamètre de la rampe et vérification de la perte de charge :

a) Calcul du diamètre : $\varnothing(c) = \varnothing r(c) = \left[\frac{\text{P.d.c}(r) * 2.75}{0.478 * Q(r)^{1.75} L(r)} \right]^{\frac{-1}{4.75}} = 7.198 \text{ mm}$

On prend un diamètre normalisé de **16 mm**.

b) Vérification de la perte de charge : $\Delta H = \left(\frac{3.592}{CW} \right)^{1.852} \cdot \frac{L}{D^{4.87}} \cdot Q^{1.852}$

CW=140 PEHD, L= 72 m, D=0.016 m, Q = 0.00002 m³ /s

$\Delta H_{\text{Rampe}} = 0.1 \text{ m}$; La valeur de la perte de charge est inférieure à 1.2 m.c.e (hr max) et remarque que la perte de charge ne dépasse pas la limite imposée par la règle de Christiansen.

7. Calcul du diamètre du porte rampe et verification de la perte de charge :

a) Calcul du diamètre : $\varnothing pr(c) = \varnothing r(c) = \left[\frac{\text{P.d.c}(r) * 2.75}{0.478 * Q(r)^{1.75} L(r)} \right]^{\frac{-1}{4.75}} = 51.733 \text{ mm}$ On prend un

diamètre normalisé de **75 mm**.

Chapitre VIII :

Dimensionnement à la parcelle

b) Vérification de la perte de charge : $\Delta H = \left(\frac{3.592}{CW}\right)^{1.852} \cdot \frac{L}{D^{4.87}} \cdot Q^{1.852}$

Cw=140 PEHD, L= 147 m, D=0.075 m, Q= 5256l/ h = 1.46×10-3 m3 /s

ΔH_ Porte rampe= 0.28 m < 0.6 m (vérifiée).

Les pertes de charges totales dans le réseau sont de 0.65 m, sont inférieures à 1.8 m. On remarque que la perte de charge totale ne dépasse pas la limite imposé par la règle de Christiansen.

8. Calcul du diamètre de la conduite tertiaire

Pour calculer le diamètre on doit fixer la vitesse d'écoulement (valeur optimale) d'environ

1.05 m/s tel que : $D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi v}}$

Avec :

Q : débit de la conduite considérée (m3/s)

V : vitesse d'écoulement (m/s)

D=59.50 mm On prend **D=63mm**.

9. La pression d'eau a la borne de distribution :

La pression d'eau que doit fournir la borne de distribution a la parcelle est égale à la somme de la pression nominale (10 mce) plus la somme des pertes de charges de cheminement de la borne d'irrigation jusqu'au goutteur le plus défavorable (éloigné ou élevé). Les pertes de charge de la borne jusqu'au le goutteur le plus défavorable:

Tableau VIII-1: Tableau récapitulatif.

Conduites	La rampe	Porte rampe	C. tertiaire
Longueur(m)	72	147	302
Diamètre (mm)	16	75	63
Débit (m3 /s)	2×10-5	1.46×10-3	2.9×10-3
Pertes de charge (m)	0.1	0.28	4.8

Donc la pression demandée à la borne égale à la pression nominale plus la somme des pertes de charges. P(m) = 10+0.28+0.1+4.8= **15.418 m**.

Les pertes de charges ainsi que la pression calculée est de l'ordre de 1.6 bar ce qui est suffisant pour effectuer le système goutte à goutte dans cette parcelle.

III-Conclusion partielle :

Dans ce chapitre, nous avons abordé le dimensionnement de l'irrigation a la parcelle d'un réseau goutte à goutte pour la culture l'olivier

Pour l'irrigation localisée, on doit tenir en compte les facteurs agronomiques et hydrauliques afin d'aboutir à un bon dimensionnement.

L'utilisation de ces systèmes a pour but d'économiser l'eau d'irrigation, et aussi d'améliorer les rendements des cultures, ce qui permettra d'intensifier les cultures dans la wilaya de Batna.

Chapitre XI :

Etude technico-

économique du projet

I-Introduction partielle :

Le but de ce chapitre est l'évaluation du cout estimatif pour une meilleure réalisation et l'exécution des travaux de notre projet d'irrigation. Ces travaux constituent :

- Le système d'adduction ;
- Le réseau de distribution ;
- La station de pompage.

II-Exécution des travaux de pose des canalisations :***1. Exécution des tranchées :***

C'est une opération de terrassement dépend des caractéristiques du terrain l'excavation sera réalisée mécaniquement (pelle mécanique). La profondeur minimale de la tranchée à excaver est de 1 m, la largeur de la tranchée doit être telle qu'un homme puisse travailler sans difficulté et elle augmente avec les diamètres des conduites à mettre en place. L'excavation des tranchées s'effectue par tronçon successive.

2. Pose du lit de sable :

Le lit de pose a pour fonction première d'assurer une répartition uniforme des charges sur la zone d'appui, il y a donc lieu de poser les tuyaux de manière à ce qu'il n'y ait ni appui linéaire, ni appui ponctuel. Avant la pose des conduites on procède aux opérations suivantes :

- Eliminer les grosses pierres sur les talus de la tranchée ;
- Respecter les côtes du profil en long ;
- Nivelier soigneusement le fond de la tranchée ;
- Etablir une suite le fond de la fouille en confectionnant un lit de pose (Sable).

Dans notre cas on a une épaisseur de 20 cm.

3. Mise en place des canalisations :

La mise en place des conduites répond aux opérations suivantes :

- Les éléments sont posés à partir de l'aval et l'emboîture des tuyaux est dirigée vers l'amont ;
- Chaque élément doit être posé avec précaution dans la tranchée et présenté dans l'axe de l'élément précédemment posé ;
- Réaliser un fond de fouille bien rectiligne pour que les tuyaux y reposent sur toute leur longueur et éliminer les grosses pierres sur les talus de la tranchée ;
- Creuser le fond de fouille à côté de l'emboîtement de façon à éviter que celui-ci ne se pose pas sur le sol ;
- Réaliser si possible un appui de manière à ce que le tuyau repose sur un arc égal au moins au quart de sa circonférence extérieure.

4. Assemblage des conduites en PEHD:

Les conduites en polyéthylène haute densité (PEHD) peuvent être livrées en barres de 6 à 12 m ou en couronnes par longueurs de 50 à 100 m. Pour le raccordement de ces conduites, deux procédés sont employés :

1-Jusqu'au diamètre 63, le raccordement est mécanique à emboîtement.

2-Raccord électrosoudables : les raccords électrosoudables en PEHD à emboîtement femelle sont munis sur leur diamètre intérieur d'une résistance chauffante.

Les deux extrémités de cette résistance sont reliées à des plots situés à l'entrée de chaque emboîtement. Le temps de soudage est de l'ordre d'une minute et celui du refroidissement est d'environ une heure. Pendant les cycles de chauffage et de refroidissement, le serrage, l'alignement et le maintien des tuyaux et accessoires en polyéthylène doivent être assurés par des positionneurs.

Ce procédé d'assemblage des tuyaux présente l'avantage d'éviter la mise en place des butées, d'où une économie d'exécution, à laquelle s'ajoute celle d'encombrement du sous-sol. 5.

5. Contrôle du compactage des tranchées :

Le compactage de la zone d'enrobage et de remblaiement influe directement sur la répartition des charges à la périphérie du tuyau donc sur la stabilité de celui-ci. Il est nécessaire de vérifier la qualité de réalisation de cette opération. Le contrôle peut utilement être réalisable à l'aide d'un outil peu coûteux, pratique et très rapide à mettre en œuvre que l'on appelle « Sonde battus ». Cet appareil permet :

- Une approche relativement faible de la densité du sol.
- De détecter rapidement les défauts de compactage d'une tranchée.

III-Choix des engins du chantier:

Il est important de choisir pour chaque type de travail, l'engin et le matériel le mieux adapté, de manière à obtenir un meilleur rendement. Pour notre cas on a envisagé de choisir les engins classiques de chantier qui sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau XI-1 : Les engins utilisés pour la mise en place des conduites et leurs rôles.

Nom de l'engin	Rôle de l'engin
Un chargeur	Charger les déblais excédentaires dans les camions.
Un compacteur à rouleau lisse	Compacter la couche de sable de 20 cm.
Une pelle mécanique	Extraire les déblais, et les charger directement si c'est possible dans le camion, poser le lit de sable et le remblai.
Un camion	Evacuer les déblais.
Appareil de Soudure	Assurer l'assemblage des conduites.
Sonde battu	Contrôler le compactage des tranchées.
Une dame sauteuse	Le compactage du remblai au tour de la conduite et avoir un bon support.



Figure XI-1. Une pelle mécanique.

IV-Facture des différents types de conduites du réseau de distribution :

Les prix des conduites sont présentés comme suite :

Tableau XI-2 : Facture des différents types de conduites du réseau de distribution

Conduites	Type de conduite	Unités de mesure	Quantité (m)	Prix unitaire (DA/m)	Montant (DA)
Ø 75	PEHD	MI	1544.1039	193.61	298953.9561
Ø 125	PEHD	MI	1784.5343	530.1	945981.6324
Ø 200	PEHD	MI	704.9373	1 358.50	957657.3221
Ø 315	PEHD	MI	1147.4508	4003.95	4594335.631
Ø 350	Fonte	MI	8599.1491	4 203,95	36150392.86
Total (HT)					42947321.4
TVA (19%)					8159991.066
Total (TTC)					51107312.47

Tableau XI-3 : Cout des équipements de protection du réseau de distribution

	unité de mesure	Quantité	prix unitaire (DA)	Montant(DA)
les bornes d'irrigation	U	13	50 000	650000
Ventouses Ø80	U	1	3800	3800
vidange Ø100	U	1	2500	2500
vanne Ø350	U	6	14000	84000
vanne Ø110	U	6	12000	72000

matériaux d'irrigation localisée				
les goutteurs	U	2628	2125	5584500
Les rampes Ø16	MI	73	30.64	2236.72
Les Portes rampes Ø75	MI	2	450.62	901.24
conduite tertiaire Ø63	MI	302	200	60400
Vanne	U	1	14000	14000
Total (HT)				5662037.96
TVA (19%)				1075787.212
Total (TTC)				6737825.172

V-Frais des travaux sur réseau d'irrigation :

Il s'agit des frais des travaux exécutés pour la réalisation des tranchées et autres emplacements pour la pose de canalisations :

1. Calcul des volumes de remblai et de déblai :

- **La longueur du fond de tranchée :**

La longueur d'ouverture de tranchée est donnée par la formule suivante :

$$B=D+(2\times 0.3)$$

Avec :

D : le diamètre de la conduite en (m).

- **Profondeur de la tranchée :**

La profondeur de la conduite doit être correctement installée.

$$H=D+0.8+e$$

Avec :

e=hauteurs du lit de pose (m)

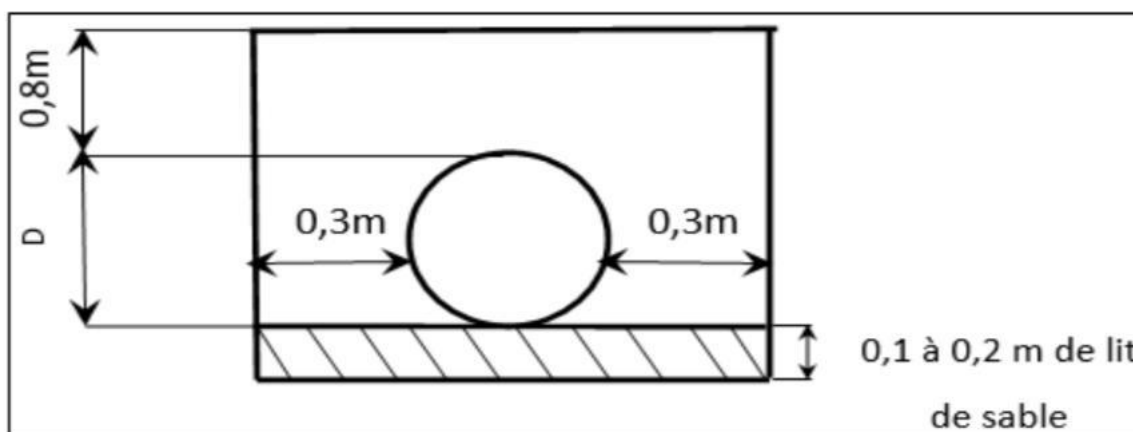


Figure XI-2: Disposition de la conduite dans une tranchée.

• **Volume de déblai :**

On s'intéresse à une surface rectangulaire :

$$S=B \times H.$$

$$V_{\text{déblai}}=V_d - V_c - V_s$$

Avec :

V_d : volume de déblai m^3

V_s : volume du sable m^3

V_c : volume occupé par la conduite (m^3) $V_c = L \times \frac{\pi \times D^2}{4}$

• **Volume de lait du sable :**

Ce lit correspond à une couche de sable de 12 cm sur le fond de la tranchée.

$$V_s=e \times B \times L$$

• **volume de Remblai :**

Le volume du remblai est égale à celui des déblais duquel on soustrait le volume de la conduite enterrée on aura donc :

$$V_{\text{remblai}} = V_{\text{deblai}} - V_{\text{conduite}}$$

Tableau XI-4 : Quantité des travaux de terrassement.

conduite	la longueur	B	H	S	V déblai	V sable	V conduite	V remblai
Ø 75	1544.1039	0.675	1.075	0.72	1111.75	208.45	6.82	1104.93
Ø 125	1784.5343	0.725	1.125	0.81	1445.47	258.75	21.89	1423.58
Ø 200	704.9373	0.8	1.2	0.96	676.73	22.55	22.14	654.59
Ø 315	1147.4508	0.915	1.315	1.20	1376.94	209.98	89.42	1287.52
Ø 350	8599.1491	0.95	1.35	1.28	11006.91	1633.83	827.33	10179.58
La somme					15617.8	2333.56	967.6	146650.2

Tableau XI-5 : Estimation du cout du réservoir :

Désignation	Unité de mesure	Quantité	Prix unitaire (DA)	Montant (DA)
V=2000 m ³	U	L	94962973	189925946
			TOTAL(HT)	189925946
			TVA (19%)	36085929.74
			Total (TTC)	226011875.7

Tableau XI-6 : Coût des travaux de terrassement.

Volumes	unité de mesure	Quantités	prix unitaire (DA)	montant (DA)
Déblai	m3	15617.8	1000	15617800
Pose du lit de sable	m4	2333.56	1100	2566916
Remblai de la tranchée	m5	146650.2	600	87990120
Evacuation de terres	m6	15617.8	500	7808900
			TOTAL(HT)	113983736
			TVA (19%)	21656909.84
			Total (TTC)	135640645.8

Le cout total du projet en prenant en compte toutes les opérations financières est de l'ordre de:

CT = 419497659.1 DA

V- Conclusion partielle :

Dans ce chapitre nous avons défini les étapes nécessaires de pose des canalisations d'un réseau d'irrigation, puis on a calculé les volumes de terrassement et déterminé les engins nécessaires pour faciliter l'opération de pose. Une pose bien faite influe positivement sur la canalisation qui va devenir un excellent outil de transport, sûr, économique et durable. En définitive, la mise en œuvre de ce projet repose sur une étude minutieuse ayant pris en compte toutes les phases d'exécution du projet avec une recherche approfondie des prix du marché des matériaux recueillis auprès des fournisseurs. Le cout total du projet (TTC) est de l'ordre de : **419497659.1 DA**

Conclusion générale

Conclusion générale

Conclusion générale

L'objectif de notre travail a été d'évaluer la qualité et des eaux usées de la station d'épuration de BENI MESSOUS. Le procédé d'épuration de cette station se base sur un traitement biologique par boues activées à faible charge.

Les résultats expérimentaux obtenus lors de cette étude montrent que les eaux usées de la station STEP de BENI sont d'une bonne qualité qui permette de les réutiliser dans le domaine agricole (l'irrigation), un stockage dans des bassins et nécessaire pour mieux affiner ces eaux.

Le fait d'opter pour réutiliser les eaux usées épurées de la STEP de BENI MESSOUS constitue on seulement un gain en termes d'économie de ressources en eau en termes de quantités mais aussi en termes de qualité puisque celles-ci contribueront à l'amélioration du rendement cultural et agricole de pars sa richesse en éléments nutritifs.

Les principaux avantages de la réutilisation des eaux usées sont :

- L'économie des eaux conventionnelles et d'accroître les ressources en eau;
- La protection des milieux récepteurs contre la pollution hydrique ;
- La réduction des quantités d'engrais utilisée en agriculture ;
- Atténuer des impacts liés à la sécheresse (en cas de rareté de précipitation).

Ce travail, m'a permis de prendre connaissance des étapes à suivre pour dimensionner un réseau d'irrigation localisée. En effet, ce réseau est alimenté à partir de la STEP de BENI MESSOUS avec un débit de pointe de 42000m³/j à l'aide d'un réservoir de volume de 2000m³. La technique choisie est l'irrigation par goutte à goutte en mettant en place des gouteurs de 2 l/h afin d'irriguer la parcelle qui est implantée de l'olivier.

Afin d'éviter tout problèmes qui puissent porter atteinte à la santé publique nous recommandons de faire une surveillance minutieuse de la qualité des eaux usées traitées avant qu'elle ne soit injectée dans le réseau d'irrigation.

Bibliographie :

ABIA ,Hayam ; **DEBKA** ,Sara,2018 :Impacts de la réutilisation agricole des eaux usées épurées sur la qualité microbiologique des eaux phréatiques à Ouargla. Mémoire de master académique. Université Kasdi Merbah-Ouargla Facultés des sciences de la nature et de la vie.

AIT ALLOUCH, Kafia ,2018. Rejet des eaux usées plus 1,8 milliard m³ à l’horizon 2020.EL MOUDJAHID quotidien national d’information. EPE SPA EL MOUDJAHID. Alger : Edition commercial. Consulté le 10/06/2020.

ANRH Alger, 2020 : -rapport Méthodologie de l’étude pédologique du sahel algérois.

BETAOUF, Nafissa, 2012: Réutilisation des eaux usées dans l’agriculture urbaine et périurbaine au Maghreb Arabe .Avantages et inconvénients. Diplôme de master en hydraulique. Université Abou-Bakr Belkaid Tlemcen faculté de technologie.

Faby.J.A, 2003 : l’irrigation avec des eaux usees traitees, manuel d'utilisation, document technique fndae (fonds Notionnels pour le Développement des Adductions d’Eau) Hors- série N° 11. Organisation des Nations Unies pour l’Alimentation et l’Agriculture, Bureau Régional pour le Proche-Orient et Bureau sous régional pour l’Afrique du Nord.

FAO, 2003 : L’irrigation avec des eaux usées traitées – séminaires. Manuel d'utilisation. Série N° 10. Organisation des Nations Unies pour l’Alimentation et l’Agriculture, Bureau Régional pour le Proche-Orient et Bureau sous régional pour l’Afrique du Nord.

Lazarova Valentina et **Brissaud** François Intérêt, bénéfiques et contraintes de la réutilisation des eaux usées en France [Article] // L’eau, l’industrie, les nuisances. - Juin 2013.

HABIB , Rachid, 2007. Impact sanitaire de la réutilisation des eaux usées. Projet de fin d’études de licence – SV.Université Cadi Ayyad Faculté des sciences Semlalia-Marrakech.

Hartani T Algérie, La réutilisation des eaux usées en irrigation en Algérie : cas de la Mitidja[Revue]. - 2004.

HECHEHOUCHE, Oussama ; **BOURENANE**, Sid Ali, 2017. Etude de la station d’épuration sur oued beni messous Alger. Mémoire de fin d’études. Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou Faculté du génie de la construction.

Mara, Duncan, 2004. Domestic wastewater treatment in developing countries [En ligne] // Earthscan Publications Earthscan Publications, xvi, 293 p-
<http://www.loc.gov/catdir/toc/ecip0410/2003023959.htm>.

STEP BENI MESSOUS 2020:-Rapport annuelle de la station de la station BENI MESSOUS

-Notice fonctionnement et d’exploitation BENI MESSOUS.

OMS, 1989. L'utilisation des eaux usées en agriculture et aquiculture : recommandation a visées sanitaires. Organisation Mondiale de la Santé, Genève. 60.

OMS, 1979 : Organisation Mondiale de Santé. 61.

ONA, 2014. Investir dans le développement durable : la réutilisation des eaux usées épurées.

TARMOUI ,fateh , 2007. Détermination de la pollution résiduelle d'une station d'épuration par lagunage naturel "cas de la lagune de Béni-messous".Mémoire fin d'études. Institut des sciences de la mer et de l'aménagement du littoral –DEUA.

