

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

NATIONAL HIGHER SCHOOL FOR
HYDRAULICS



المدرسة الوطنية العليا للري

"المجاهد عبد الله عرباوي"

"The Mujahid Abdellah ARBAOUI"

ⴰⵎⴰⵔⴰⵏ ⴰⵎⴰⵔⴰⵏ ⴰⵎⴰⵔⴰⵏ ⴰⵎⴰⵔⴰⵏ ⴰⵎⴰⵔⴰⵏ

DEPARTEMENT D'IRRIGATION ET DRAINAGE

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES :

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

Option : IRRIGATION ET DRAINAGE

INTITULE DU PROJET :

**ETUDE PERIMETRE D'IRRIGATION DE TEBESSA SECTEUR A
(300 ha) A PARTIR D'UNE STEP
WILAYA DE TEBESSA**

PRESENTE PAR :

M^{lle}TAHAR MEBARKA

Devant les membres du jury :

Nom et prénom	Grade	Qualité
M ^r Kahlerras Djillali	MCA	Président
M ^r Bencaci Ali Tarek	MCB	Membre
M ^r Bouziane Omar	MAA	Membre
M ^r Khedimallah Abderrahmane	MCB	Promoteur

Juillet 2024

Dédicace :

Je dédie ce travail à ma Mère et mes sœurs FATIMA et MESSOUADA pour leur constant support sans oublier mes frères et mes cousins et toute la famille Tahar votre présence est le vrai succès.

Sans oublier mes amis dans l'ENSH et hors cet établissement à ma copine NOURA FANDOUGHOUA qui a été présente avec moi durant toutes ses années d'étude, ainsi que ma belle et mignonne chatte Limerick.

Remerciement :

Je remercie infiniment mon encadreur *M^r* Khedimallah Abderrahmane pour sa guidance et ses conseils judicieux durant toute la période de préparation de cette travaille et aussi mes professeurs de l'irrigation et de l'ENSH en générale.

Je tiens également à exprimer ma gratitude envers tous ceux qui m'ont fourni les renseignements indispensables pour rédiger ce mémoire.

Je souhaite également exprimer ma gratitude envers le président et les membres du jury pour avoir accepté d'évaluer mon œuvre.

ملخص:

تهدف هذه المذكرة الى تصميم شبكة ري متكاملة انطلاقا من جلب المياه الى توزيعها على كامل المحيط الفلاحي -أ- بولاية تبسة بلدية تبسة و الذي تبلغ مساحته 300 هكتار حيث يكون المصدر الأول لهذه المياه هو محطة تصفية المياه المستعملة عين زروق الواقعة على مخارج المدينة و ذلك استنادا على تحاليل و إحصاءات للتأقلم مع جودة المياه الموجهة لسقي نباتات مختارة على حسب معايير محددة، هذه الدراسة تستند على تحليل كامل للمعطيات المناخية، الهيدروليكية و تحاليل التربة للمنطقة مع استخدام برنامج EPANET المتخصص في تمثيل و تسيير الإعدادات الهيدروليكية داخل الشبكة.

كلمات مفتاحية: السقي، السقي بالتقطير، السقي بالرش وإعادة استعمال المياه المعالجة.

Résumé :

L'objectif de cette étude est le dimensionnement d'un réseau d'irrigation à partir de réseau d'adduction jusqu'au réseau de distribution et l'irrigation au sein de la parcelle en utilisant les eaux épurées venant de la STEP de Ain Zerrouk de la wilaya de Tébessa commune Tébessa et qui rentre dans le cadre de valorisation de ces eaux ce que nous ramènes à respecter les normes de réutilisation et la choix des cultures, Ce projet repose sur l'analyse approfondie des données climatologique, pédologique et hydraulique avec l'utilisation de modélisation de réseau hydraulique en logiciel EPANET.

Mots clefs : irrigation ; système d'aspersion ; système goutte à goutte, réutilisation des eaux épurées.

Abstract:

This study's goal is to size an irrigation network that runs from the supply network to the distribution network and irrigates the perimeter -A- which has a surface of 300 ha using purified water from the Ain Zerrouk STEP in the Tébessa commune, wilaya of Tébessa. This falls under the framework of the value-adding of these waters, which lead to adhere to reuse guidelines and crop selection standards. The foundation of this project is an extensive examination of hydraulic, pedological, and climatological data, using EPANET software for hydraulic network modeling

Keywords: drip irrigation, sprinkler systems, irrigation, and reusing treated water.

Introduction Générale	01
Chapitre I : Présentation de la zone d'étude.	
I.1.Introduction.....	02
I.2. Situation administrative.....	02
I.3.Situation géographique.....	03
I.4.Caractéristiques du milieu naturel.....	03
I.4.1.Aperçu géologique et hydrogéologique.....	03
I.4.2.Réseau hydrographique.....	04
I.4.3. Climatologie.....	05
I.4.1.a.Précipitations.....	05
I.4.1.b.Températures.....	06
I.4.1.c.Humidité.....	06
I.4.1.d.Les vents.....	07
I.4.1.e.L'enseillement.....	07
I.4.1.f.Evaporation.....	08
I.5. Les facteurs bioclimatiques.....	08
I.5.1.Indice de Martonne.....	08
I.5.2.Indice d'Emberger.....	09
I.5.3.Indice de Bagnouls et Gausсен.....	10
I.6.Etude agro-socio-économique.....	11
I.6.1.Situation actuelle.....	11
I.6.2.Pratiques agricoles actuelles du périmètre.....	12
I.6.3.Situation projetée.....	12
I.7.Conclusion.....	12
Chapitre II. Ressource en eau et en sol.	
II.1.Introduction.....	13
II.2.Ressource en eau.....	13
II.2.1.La réutilisation des eaux usées.....	13
II.2.2. Ressources en eau non conventionnelle de la zone.....	16
II.2.3.Caractéristiques des eaux d'irrigation.....	16
II.2.3.a. S.A.R.....	16
II.2.3.b. Conductivité.....	17
II.2.3.c. Classification des eaux pour l'irrigation.....	18
II.4.Ressources en sol.....	19
II.5.1.Les zones homogènes.....	19
II.6.Conclusion.....	21
Chapitre III. Présentation des performances de la STEP-Tébessa.	
III.1.Introduction.....	22
III.2.Présentation de la STEP.....	22

III.2.1.Situation géographique.....	22
III.2.2.Coordonnées de la STEP.....	22
III.2.3.Caractéristiques générales de la STEP.....	23
III.3.Fonctionnement de la STEP.....	24
III.3.1.Prétraitements.....	24
III.3.1.a.dégrillage.....	24
III.3.1.b.dessablage.....	24
III.3.1.c.déshuilage-dégraissage.....	24
III.3.2.Traitements primaires.....	25
III.3.3.Traitements secondaires.....	25
III.3.3.a.Le lagunage naturel.....	25
III.3.3.b.Les boues activées.....	27
III.5.Evaluation des performances de la STEP.....	26
III.5.1. Choix des sites de prélèvement.....	26
III.5.2. Analyse réalisée par le laboratoire de la station.....	26
III.5.2.a. Les paramètres de pollution analysés.....	26
III.5.2.b. Interprétation des résultats.....	26
III.6.Conclusion.....	30
Chapitre IV. Étude Hydrologique.	
IV.1.Introduction.....	31
IV.2.Etude de l'homogénéité de la série pluviométrique.....	32
IV.2.1.Test de Wilcoxon.....	32
IV.3.Ajustement statistique des pluies.....	34
IV.3.1.Ajustement à Loi de Gauss ou loi normale.....	34
IV.3.2.Ajustement à Loi de Gauss ou log-normale (Galton).....	35
IV.3.2. Test de validité de l'ajustement.....	36
IV.4.Détermination de l'année de calcul.....	37
IV.5.Conclusion.....	38
Chapitre V. Calcul le besoin en eau des cultures.	
V.1.Introduction.....	39
V.2. Choix des cultures.....	39
V.2.1. Occupation des sols	40
V.3. Besoins en eau des cultures.....	41
V.3.1. Evaluation des besoins en eau des plantes cultivées.....	41
V.3.2. Calcul de l'évapotranspiration	42
V.3.3. La pluie efficace.....	42
V.3.4. Calcul des besoins en eau d'irrigation des cultures.....	44
V.3.5. Le besoin en lessivage.....	44
V.3.6. Calcul du débit spécifique	47
V.3.7. Evaluation du débit caractéristique.....	47
V.4. Estimation des besoins en eau totaux du secteur.....	48

V.5.Conclusion.....	49
Chapitre VI. Etude système d'adduction.	
VI.1.Introduction.....	50
VI.2.Etude de pompage.....	50
VI.2.1.Généralité sur les pompes.....	50
VI.2.2.Choix de tracé.....	50
VI.2.3. Ouvrage hydraulique à projeté.....	50
VI.2.3.1.Bassin de stockage.....	52
VI.2.3.2.Station de pompage.....	52
VI.2.3.3.Bassin d'irrigation.....	59
VI.3.Réseau d'adduction.....	59
VI.3.1. Classification des réseaux d'irrigation.....	60
VI.3.2. Îlots et bornes.....	60
VI.3.3. Rôle de la borne d'irrigation.....	60
VI.3.4. Calcul du débit aux bornes.....	60
VI.3.4.1. Choix du type et diamètre de la borne.....	60
VI.3.5. Dimensionnement du réseau de distribution.....	63
VI.3.5.1. Vitesse admissible.....	63
VI.3.5.2. Calcul des diamètres.....	63
VI.3.5.3. Estimation de perte de charge.....	63
VI.3.5.3. Calcul de pression aux bornes et nœuds.....	63
VI.3.5.4. Choix du matériau.....	64
VI.3.5.5. Les pièces spéciales d'une conduite.....	64
VI.3.6. Simulation du réseau par EPANET.	67
VI.4. Conclusion.....	68
Chapitre VII. Choix de technique d'irrigation.	
VII.1. Introduction.....	69
VI.2. Différentes techniques d'arrosage.....	69
VII.3. Irrigation de surface.....	69
VII.4.Irrigation localisée.....	69
VII.5. Irrigation par aspersion.....	70
VII.6. Choix de technique d'irrigation.....	71
VII.7. Conclusion.....	72
Chapitre VIII. Dimensionnement à la parcelle.	
VIII.1. Introduction.....	73
VIII.2. Dimensionnement d'un réseau goutte à goutte.....	73
VIII.2.1. Besoins d'irrigation des cultures en irrigation localisée.....	73
VIII.2.2. Calculs hydrauliques.....	75
VIII.2.3. Dimensionnement des canalisations du réseau.....	77
VIII.2.4. Calcul de la pression d'eau à la borne de distribution.....	79

VIII.3. Dimensionnement d'un réseau d'irrigation par aspersion.....	79
VIII.3.1. Données générales.....	80
VIII.3.2. Dimensionnement théorique.....	80
VIII.3.3. Dimensionnements hydrauliques des rampes et porte rampe.....	80
VIII.3.4. Calcul de la pression en tête du réseau.....	87
VIII.4. Conclusion.....	87
Chapitre IX. Calcul technico-économique.	
IX.1. Introduction.....	88
IX.2. Calcul des volumes des travaux de distribution.....	88
IX.2.1. Calcul du volume de terrassement.....	88
IX.2.2. Calcul du volume de déblai.....	89
IX.2.3. Calcul du volume de remblais.....	89
IX.2.4. Calcul du volume de sable.....	89
IX.3. Facture des différents types de conduites du réseau de distribution.....	90
IX.4. Devis estimatif et quantitatif des pièces spéciales.....	91
IX.5. Tableau des devis de projet.....	91
IX.6. Conclusion.....	91
Conclusion Générale.....	92
Références bibliographiques.....	93
Annexes.....	94

Liste des figures

Liste des figures

Chapitre I. Présentation de zone d'étude

Figure I.1. Commune de la wilaya de Tébessa.

Figure I.1.1. Carte satellitaire de la situation de zone d'étude.

Figure I.2: carte géologique de la zone d'étude d'après les cartes géologiques de Morsott 1971.

Figure I.3. Carte de réseau hydrographique de la wilaya de Tébessa.

Figure I.4. Répartitions des températures moyennes interannuelles.

Figure I.5. Diagramme bioclimatique des étages d'Emberger (région de Tébessa).

Figure I.6. Diagramme ombrothermique de la station de Tébessa.

Chapitre II. Ressource en eau et en sol.

Figure II.1. Diagramme de Riverside, d'après l'US Salinity Laboratory Staff (1954).

Chapitre III. Évaluation des performances de la STEP-Tébessa.

Figure III.1. Carte satellitaire de l'implantation de la STEP Ain Zerrouk Tébessa.

Figure III.2. Schéma des opérations de prétraitement.

Figure III.3. Processus de filtration dans la STEP de Ain Zerrouk.

Figure III.3. Variation de MES de l'eau brute et épurée en année (2023/2024)

Figure III.4. Variation de DBO de l'eau brute et épurée en année (2023/2024).

Figure III.5. Variation de DCO de l'eau brute et épurée en année (2023/2024).

Chapitre IV. Étude Hydrologique.

Figure IV.1. Ajustement à la loi normale.

Figure IV.2. Ajustement à la loi log-normale.

Chapitre V. Calcul le besoin en eau des cultures.

Figure V.1. Calcul de l'ETP entrées dans le CROPWAT.

Chapitre VI. Etude système d'adduction.

Figures VI.1. Schéma simplifié sans dimensions de réseau d'adduction.

Figures VI.2. Bassin de stockage des eaux épurées.

Figures VI.3. Choix de pompe en utilisant le logiciel CAPRARI.

Figures VI.4. Schéma de réservoir d'air.

Figures VI.5. Abaque de Vibert (Volume de réservoir d'air).

Figures VI.6. Simulation du réseau par EPANET (vérification de pression).

Figures VI.6. Simulation du réseau par EPANET (vérification de vitesse).

Chapitre VII. Choix de technique d'irrigation.

Figures VII.1. Irrigation localisée (goutte à goutte).

Figures VII.2. Irrigation par aspersion.

Chapitre VIII. Dimensionnement à la parcelle.

Figures VIII.1. Dispositifs d'installation des asperseurs sur la rampe.

Chapitre IX. Calcul technico-économique.

Figure IX.1. Disposition de la conduite dans une tranchée.

Liste des tableaux

Liste des tableaux

Chapitre I. Présentation de zone d'étude

Tableau I.1. Données de 3 communes de Tébessa.

Tableau I.1.1. Pluies mensuelles moyennes de la station de Tébessa.

Tableau I.2. Températures mensuelles moyennes, minimales et maximales.

Tableau I.3. Humidité relative mensuelle.

Tableau I.4. Vitesse moyenne mensuelle de vent.

Tableau I.5. Ensoleillement mensuel moyen.

Tableau I.6. Évaporations mensuelles en mm.

Tableau I.7. Type of climate according to the de Martonne aridity index.

Tableau I.8. Les températures et les précipitations moyennes mensuelles.

Tableau I.9. Campagne agricole 2020 /2021.

Tableau I.10. Production de céréales.

Chapitre II. Ressource en eau et en sol.

Tableau II.1. Spécifications des eaux usées épurées utilisées à des fins d'irrigation (paramètres microbiologiques).

Tableau II.2. Spécifications des eaux usées épurées utilisées à des fins d'irrigation (paramètres Physico - Chimiques).

Tableau II.3. Production d'eaux usées à différents horizons.

Tableau II.4. L'analyse chimique d'eau de la STEP.

Tableau II.5. Conductivité des eaux épurées de STEP pour l'année (2023/2024).

Tableau II.6. Classification des eaux d'irrigation en fonction de S.A.R et CE.

Tableau II.7. Ventilation des zones homogènes.

Chapitre III. Évaluation des performances de la STEP-Tébessa.

Tableau III.1. Coordonnées de la STEP.

Tableau III.2. Caractéristiques de STEP.

Tableau III.3. La charge hydraulique de la STEP Ain Zerrouk.

Tableau III.4. L'analyse de la MES année (2023/2024).

Tableau III.5. L'analyse de la DBO5 année (2023/2024).

Tableau III.6. L'analyse de la DCO année (2023/2024).

Tableau III.7. L'analyse des paramètres physiques d'eau brute et épurée en année (2023/2024).

Chapitre IV. Étude Hydrologique.

Tableau IV.1. Série de pluie de la station de Tébessa de l'année 80/88 à 2016/17.

Tableau IV.1. Test d'homogénéité de la série pluviométrique.

Tableau IV.2. Les éléments de calcul de test de Wilcoxon.

Tableau IV.3. Caractéristiques de la loi normale extrait de Hyfran.

Tableau IV.4. Caractéristiques de la loi log-normale extrait de Hyfran.

Tableau IV.5. Table du χ^2 .

Tableau IV.6. Ajustement à la loi de log-normale.

Tableau IV.7. Précipitations moyennes mensuelles de l'année de calcul.

Liste des tableaux

Chapitre V. Calcul le besoin en eau des cultures.

Tableau V.1. Liste des cultures pouvant être irriguées avec des eaux usées épurées.

Tableau V.2: Occupation du sol par les cultures (situation projetée).

Tableau V.3. Cycle végétal des cultures choisies.

Tableau V.4. Les pluies effectives de la station de Tébessa.

Tableau V.5. Calcul des besoins en eau du Blé/Avoine.

Tableau V.6. Calcul des besoins en eau d'Orge grain.

Tableau V.7. Calcul des besoins en eau du Sorgho.

Tableau V.8. Calcul des besoins en eau du maïs fourrager.

Tableau V.9. Calcul des besoins en eau d'Olivier.

Tableau V.10. Le besoin en de la culture le plus exigeante.

Tableau V.11. Les besoins en eau totaux du secteur.

Chapitre VI. Etude système d'adduction.

Tableau VI.1. Données générales sur le réseau d'adduction.

Tableau VI.2. Frais d'investissement des conduites de refoulement en fonte.

Tableau VI.3. Frais d'exploitation des conduites de refoulement en fonte.

Tableau VI.4. Bilan des frais d'exploitation et d'investissement.

Tableau VI.4. Choix de pompes par le logiciel CAPRARI.

Tableau VI.5. Choix de type de borne (entrée/sortie) en fonction de la superficie des îlots.

Tableau VI.6. Choix du diamètre des bornes.

Tableau VI.7. Type et diamètre de borne de périmètre de Tébessa secteur A.

Tableau VI.8. Calcul de réseau de distribution.

Chapitre VIII. Dimensionnement à la parcelle.

Tableau VIII.1. Données générales de réseau goutte à goutte.

Tableau VIII.2. Caractéristiques des rampes.

Tableau VIII.3. Caractéristiques des porte rampe.

Tableau VIII.4. Caractéristiques de la conduite tertiaire.

Tableau VIII.5. Les pertes de charge de réseau goutte à goutte.

Tableau VIII.6. Données générales de réseau aspersion.

Tableau VIII.7. Pluviométrie d'asperseur(mm/h) en fonction de la pente et de la texture du sol.

Tableau VIII.8. Résultat de calcul hydraulique de réseau aspersion.

Chapitre IX. Calcul technico-économique.

Tableau IX.1. Volume des travaux de terrassement.

Tableau IX.2. Coût des travaux de terrassement.

Tableau IX.3. Facture des différents types de conduites du réseau de distribution.

Tableau IX.4. Factures des pièces du réseau d'irrigation goutte à goutte.

Tableau IX.5. Factures des pièces du réseau d'irrigation par aspersion.

Tableau IX.6. Devis estimatif des bornes d'irrigation.

Tableau IX.7. Devis de projet.

Liste des planches

Liste des planches

Planche1 : Plan du réseau d'adduction.

Planche2 : Plan d'occupation du sol.

Planche3 : Plan projection du réseau goutte à goutte.

Planche4 : Profil en long de la conduite gravitaire.

Planche5 : Plan squelette du réseau d'irrigation.

Liste des abréviations

LISTE DES ABREVIATIONS

Abréviation	Significations
ONA:	Office national d'assainissement
ONM:	Office national de météorologique
SAR:	Rapport d'Absorption du Sodium
PN:	Pression nominale
PU:	Prix unitaire
PEHD:	Polyéthylène à Haute Densité
RFU:	Fraction de réserve utile du sol
ET0:	Evapotranspiration de référence
Kc:	Coefficient culturale
HT:	Hors taxe
TVA :	Taxe sur Valeur Ajouté
Total (TTC):	Total Tout Taxes Comprises
DG:	Direction générale
FAO:	Organisation de nations unies pour l'alimentation et l'agriculture
A.N :	Application numérique

Introduction générale

Introduction générale

Les ressources en eau jouent un rôle essentiel dans l'agriculture, car au fil des siècles, les êtres humains ont choisi de vivre dans les zones les plus humides ou d'avoir accès aux eaux souterraines dans le cas du Sahara pour garantir leur sécurité alimentaire. Selon le Programme des Nations unies pour l'environnement (PNUE), 40% de la population mondiale réside à moins de 200 km de la côte, ce qui reflète l'aspect des mégapoles côtières grâce à leur abondante disponibilité d'eau.

Les ressources en eau en Algérie varient en fonction du climat et des reliefs de chaque région. Elle dispose de nombreux barrages et nappes phréatiques, mais le renouvellement de cette ressource est de plus en plus complexe en raison de sa vulnérabilité aux changements climatiques, ce qui peut avoir un impact sur la disponibilité d'eau et, par conséquent, sur la quantité d'eau utilisée pour l'irrigation des terres agricoles du pays.

La multiplication des périodes de sécheresse en Algérie due à la fluctuation des précipitations et à l'élévation des températures pose un problème de pénurie d'eau, ce qui nous a contraints à rechercher d'autres ressources non conventionnelles afin de compenser cette pénurie et garantir la continuité des activités agricoles.

Dans cette optique, la réutilisation des eaux arrivées à partir des stations d'épuration devient un moyen important face à la sécheresse, par l'assurance d'un traitement adéquat et la surveillance de la qualité de l'eau on peut établir une étude d'aménagement du périmètre de Tébessa secteur A (300 ha) à partir de la STEP de Tébessa.

Ce mémoire a examiné les conditions naturelles de la zone d'étude, ainsi que la pédologie et les ressources en eau, tout en évaluant la qualité de l'eau conformément à la STEP. Ensuite, nous avons abordé la partie technique où nous proposons un calcul d'adduction et un dimensionnement optimal du réseau d'irrigation pour les eaux épurées, conformément aux normes mondiales de réutilisation des eaux.

Chapitre I
Présentation de zone d'étude

Chapitre I. Présentation de zone d'étude

I.1.Introduction

Dans ce chapitre on vise à offrir une description détaillée de la zone d'étude, introduisant ses caractéristiques géographiques et climatologiques ainsi que les différents paramètres qui vont classer le type de climat de la zone pour utiliser une approche adéquate quant à le choix et le dimensionnement de réseau d'irrigation donc l'établissement d'un cadre nécessaire pour une compréhension approfondie des enjeux abordés dans cette étude.

I.2. Situation administrative :

Située au Nord-Est du pays, la wilaya de TEBESSA est limitée par les wilayas suivantes :

- Nord par SOUK AHRAS,
- Ouest par la wilaya de KHENCHELA et OUM El Bouaghi,
- Par la Tunisie, à l'Est,
- Et par la wilaya d'El Oued, au Sud.

La région couvre une superficie de 13878 km² et une population estimée en 2012 à 694 289 habitants soit une densité de 50 hab./km². L'Administration territoriale de cette wilaya est représentée par 12 Dairas et 28 communes, on cite quelques un dans le tableau suivant :

Tableau I.1. Données de 03 communes de Tébessa.

Commune	Code	Superficie (km ²)
Tebessa	01	184
BOULHAF DIR	25	168
Hammamet	8	88

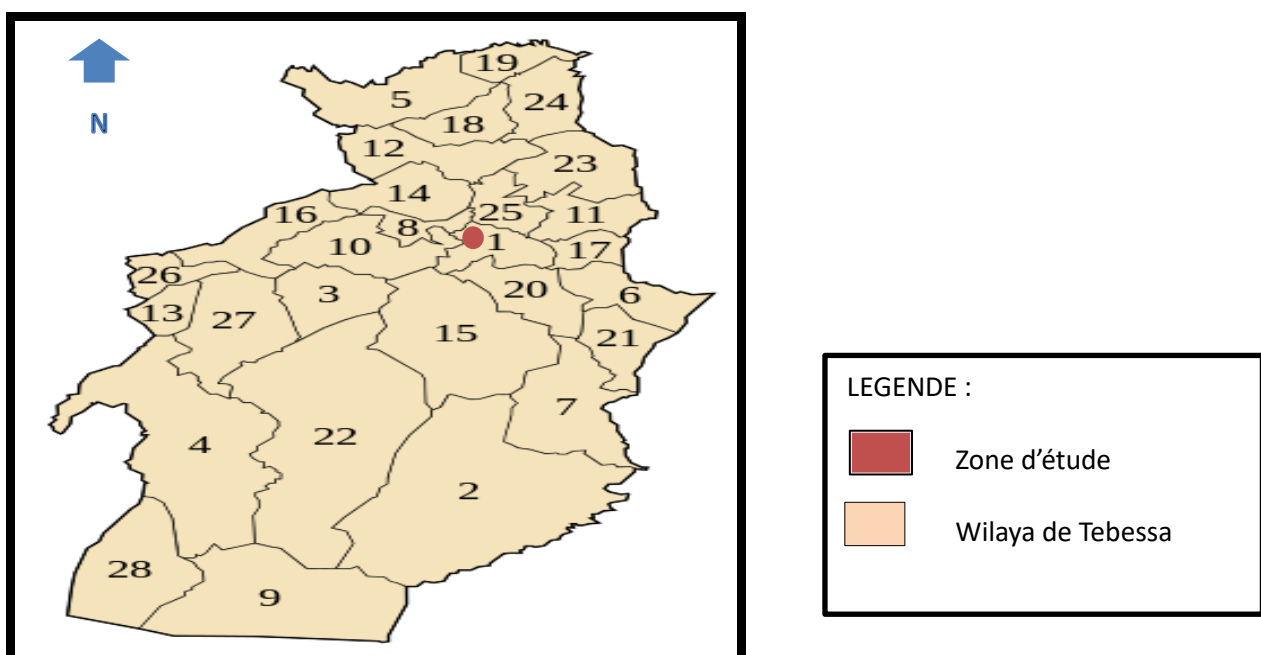


Figure I.1. Communes de la wilaya de Tébessa.

Chapitre I. Présentation de zone d'étude

I.3. situation géographique :

La région d'étude est située en amont de la station d'épuration de Tébessa et qui couvre un secteur de 300 ha d'une superficie totale d'un périmètre de 3000 ha, étendue sur 03 communes de Tébessa, de Hammamet et de Boulhaf Dyr. Il est limité par :

- Au nord par les monts du Djebel Guenifida.
- A l'Est par la ligne de chemin de fer vers Oued Kebarit et Souk Ahras.
- Au Sud par la RN n°10 Tébessa-Constantine
- Et à l'Ouest par la RN n°83 Hamamet-Morsot.

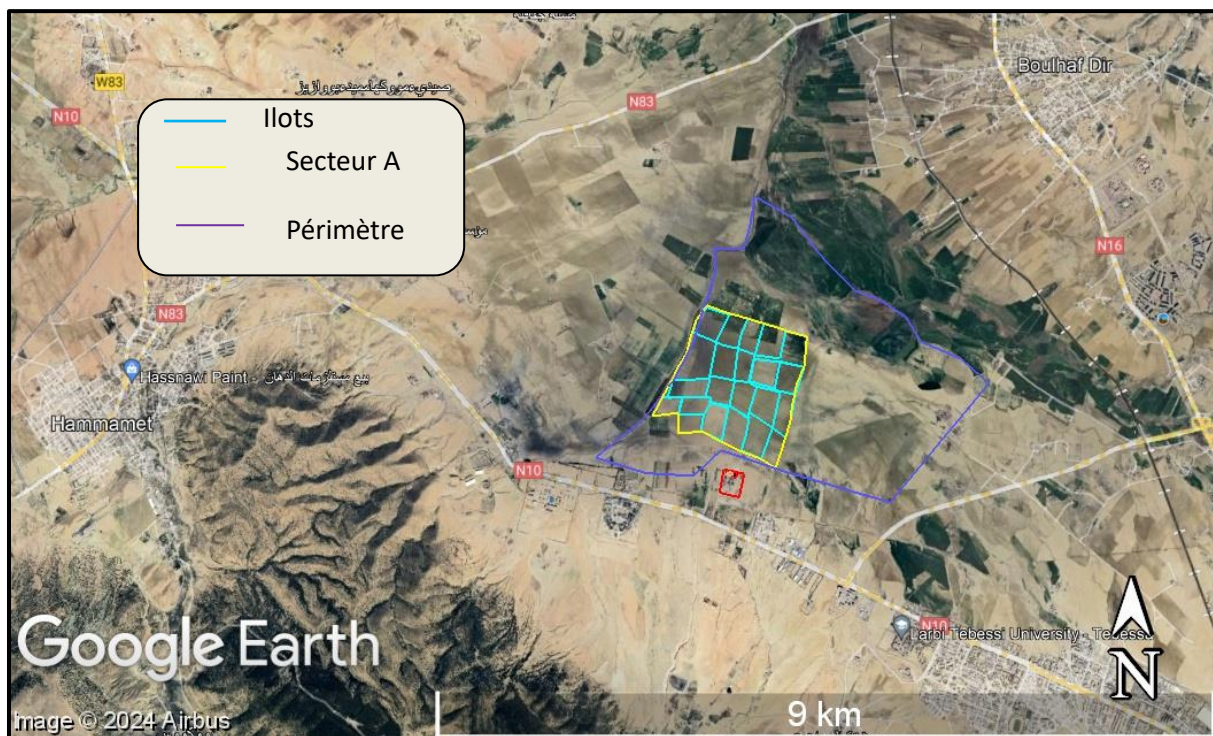


Figure I.1.1. Carte satellitaire de la situation de zone d'étude.

I.4. Caractéristiques du milieu naturel :

On établit les trois aspects essentiels : le climat, l'hydrographie et la géologie, qui fournissent des informations vitales sur la structure et le fonctionnement de l'écosystème local de la zone d'étude.

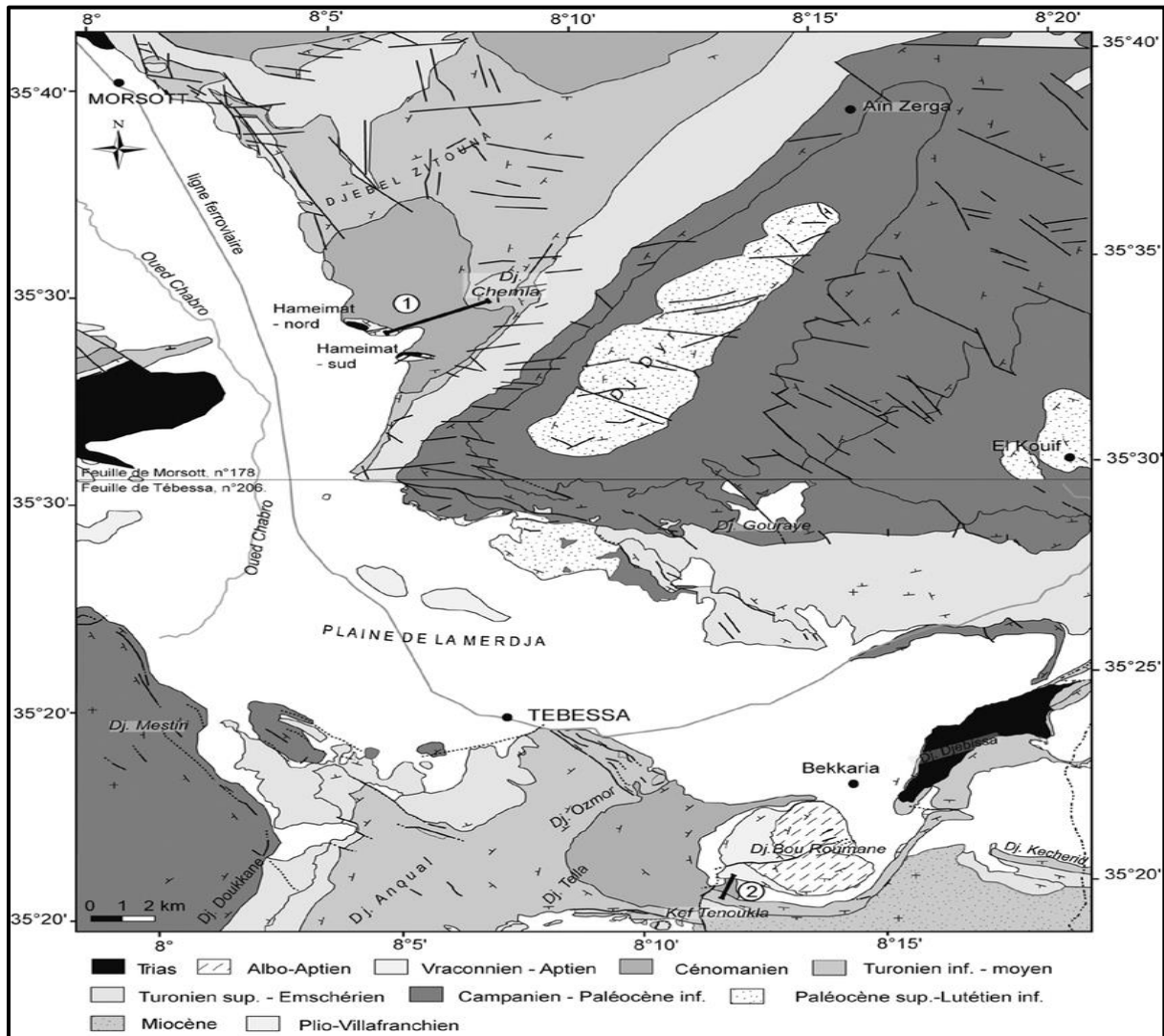
I.4.1. Aperçu géologique et hydrogéologique :

La région d'étude présente des reliefs contrastés, constitués essentiellement par des Calcaires allongés selon un axe Sud – Ouest / Nord- Est et séparés par des dépressions (Plaines cultivées de Tébessa, Cheria et El Ma El Abiod) de remplissage mio -quaternaire.

Dans la zone de Tébessa, ces structures sont recouvertes par le Miocène continental.

Elles sont donc antérieures au Miocène et à la phase de distension qui a provoqué l'effondrement de la plaine de Tébessa-Morsott. Les seuls dépôts tertiaires, postérieurs à l'émersion éocène –sables continentaux attribués au Miocène inférieur, sont localisés au cœur du synclinal du Djebel Dyr ou ils surmontent sans discordance apparente les calcaires du Lutétien inférieur.

Chapitre I. Présentation de zone d'étude



I.4.2. Réseau hydrographique :

La plaine de Tébessa est drainée par l'Oued Kébir à écoulement vers le nord, est considéré comme limite administrative pour plusieurs communes qui les traverse, il prend naissance à l'est de la plaine entre El-Kouif (rive nord) et Bekkaria (rive sud), au centre il traverse entre la commune de Boulhaf Dyr (rive nord) et les communes de Tébessa, Hammamet et Bir D'hab (rive sud), il parcourt un long trajet pour atteindre son exutoire à la commune de El-Aouine.

Chapitre I. Présentation de zone d'étude

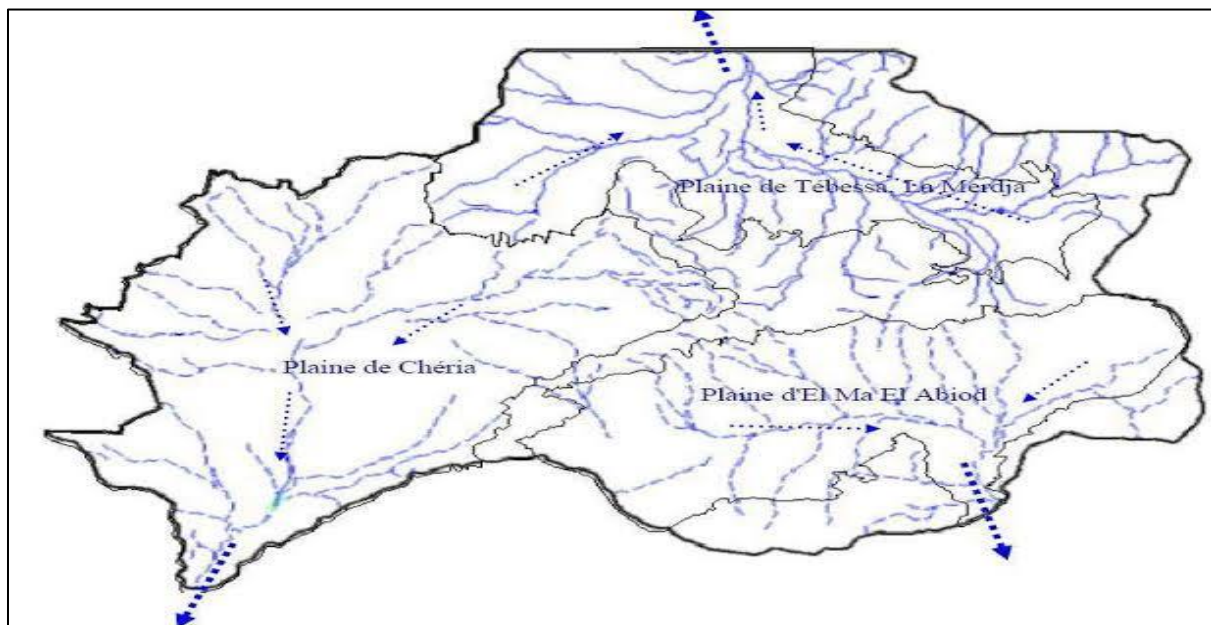


Figure I.3. Carte de réseau hydrographique de la wilaya de Tébessa.

I.4.3. Climatologie :

C'est une étude des variations du climat dans le temps, elle explore les différents éléments climatiques pour une meilleure gestion des potentiels agricoles.

Dans cette partie on va étudier les aspects suivants :

- Les précipitations ;
- Le vent ;
- L'humidité relative ;
- La température ;
- L'ensoleillement ;
- Et l'évaporation.

Le choix de la Station météorologique revêt une importance capitale pour assurer la précision et la fiabilité des informations hydrologiques. Elle présente les répercussions d'un choix inapproprié de la station météorologique, soulignant l'impact direct sur la qualité des prévisions hydrologiques et des choix de gestion des ressources en eau.

I.4.1.a. Précipitations :

Les données collectées proviennent de la station météorologique de la commune de Tébessa code :121301 on va baser notre calcul sur une série de 1980/81 à 2015/16 soit une série de 35.

Tableau I.1: pluies mensuelles moyennes de la station de Tébessa.

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août	Annuel
Pluie moy. (mm)	39.73	31.1	30.58	29.57	35.59	24.96	35.86	35.02	39.88	23.81	12.16	26.68	364.94

Source : ANRH Tébessa

Chapitre I. Présentation de zone d'étude

On remarque que le maximum c'est le mois de septembre de pluie de 24.78 mm et le minimum c'est en mois de juillet avec 8.61 mm de précipitations. Donc, les pluies sont généralement faibles qui résulte à la précaution lors du choix des cultures à planter.

I.4.1.b. Température :

On consulte les températures mensuelles moyennes, minimales et maximales suivant, venue d'une série captée par la station l'O.N.M de l'aéroport de Tébessa.

Tableau I.2: températures mensuelles moyennes, minimales et maximales.

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août	Annuel
Tmin(c°)	14.4	10.8	5.3	1.9	0.7	0.7	3.4	6.6	10.3	14.7	18	17.8	8.71
Tmax(c°)	27.5	22.8	15.5	11.3	10.5	11.3	15.6	19.9	24.5	30	34.1	33	21.33
Tmoy(c°)	20.9	16.8	10.4	6.6	5.6	6	9.5	13.2	17.4	22.3	26	25.4	15.01

Source : ONM Tébessa.

On observe que la température est maximale en mois Juillet par 34.1c° donc l'évaporation est maximale ainsi que les besoins d'irrigation dans ce mois est maximale. Le mois le plus froid est Janvier avec une température de 5.6 c° au moyenne.

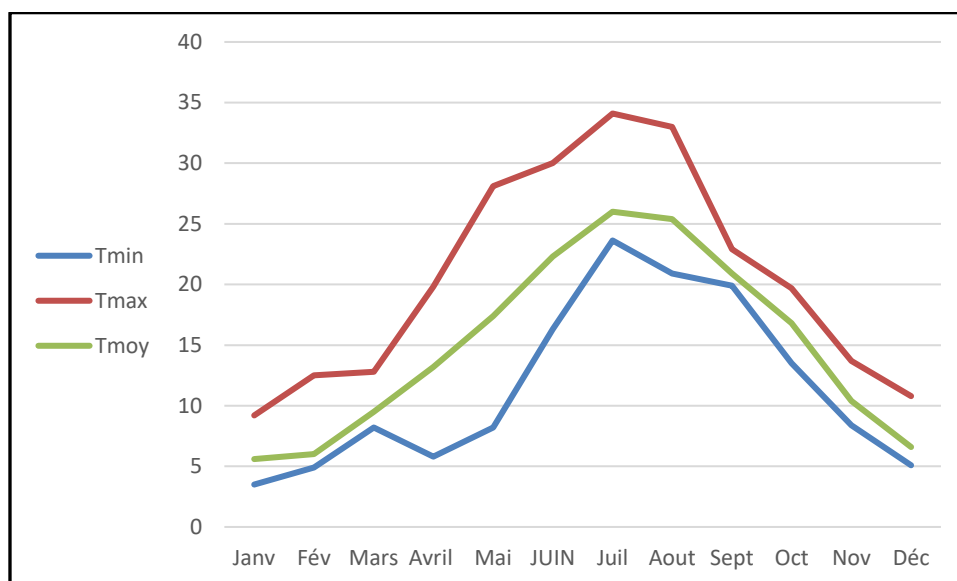


Figure I.4. Répartitions des températures moyennes interannuelles.

I.4.1.c. Humidité :

L'humidité relative est la teneur en humidité de l'atmosphère, mesuré par un degré hygrométrique de l'air, elle important pour le calcul climatologique et le cycle hydrologique.

Chapitre I. Présentation de zone d'étude

Tableau I.3: humidité relative mensuelle.

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août
Humidité en (%)	51	56	66	71	70	66	59	53	49	38	31	35

Source : ONM Tébessa.

On remarque que le mois de décembre étant le mois le plus humide avec une humidité de 71% et le mois le plus sec est le mois de Juillet avec une humidité de 31%.

I.4.1.d. Les vents :

Il s'agit d'un élément essentiel pour sélectionner le système d'irrigation, les valeurs suivantes indiquent la vitesse moyenne du vent.

Tableau I.4: Vitesse moyenne mensuelle de vent :

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août	Annuel
Vitesse de vent en (m/s)	3.42	3.66	4.16	4.47	4.5	4.52	4.38	4.3	3.86	3.52	3.38	3.3	3.95

Source : ONM Tébessa.

On remarque que la vitesse moyenne annuelle de vent est de 3.95 m/s et la vitesse moyenne minimale est celle du mois d'Août avec une vitesse de 3.3 m/s et la maximale est celle du mois de Février avec une vitesse de 4.52 m/s.

I.4.1.e. L'ensoleillement :

En tant que source d'énergie, l'ensoleillement "insolation" est un facteur climatique, qui mesure le rayonnement solaire que reçoit une surface au cours d'une période donnée.

Tableau I.5. Ensoleillement mensuel moyen.

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Jui	Juil	Août
Durée d'insolation (Heures)	303	263.5	207	182.9	189.1	197.2	260.4	294	347.2	378	396.8	365.8

Source : ONM Tébessa.

Après l'analyse de ces données on constate que le mois qui a le plus d'insolation est le mois de Juillet avec 12.8 heures/jours et le mois qui reçoit le moins d'insolation est le mois de Décembre avec 5.9 heures/jours.

Chapitre I. Présentation de zone d'étude

I.4.1.f. Evaporation :

Evaporation est une composante majeure du cycle hydrologique, elle décrit le processus physique de transfert d'une quantité d'eau vers l'atmosphère et contrôle les niveaux de l'évapotranspiration de la zone étudiée.

Tableau I.6. Évaporations mensuelles en mm.

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août
Evaporation (mm)	221.16	161.4	109.16	93.62	88.89	105.95	133.53	175.05	224.68	280.37	367.95	332.95

Source : ONM Tébessa.

On observe que l'évaporation est considérable au mois de Juillet et faible au mois de Janvier.

I.5. Les facteurs bioclimatique :

C'est un moyen de classification de climat de la région étudié en utilisant des éléments de conditions climatiques suivants :

- La température.
- Les précipitations.

I.5.1. Indice d'aridité de Martonne :

Cet indice, appelé parfois indice de sécheresse De Martonne, peut être calculé aussi mensuellement et donne une indication sur le degré de sécheresse par rapport à la demande évaporative moyenne de l'atmosphère approché par la température (Mokhtari et al,2014).

$$I_{DM} = \frac{P}{T + 10}$$

Avec :

I_{DM} : L'indice d'aridité annuelle De Martonne.

T : Température moyenne annuelle en °C.

P : Précipitation moyenne annuelle en mm.

Tableau I.7: Type of climate according to the de Martonne aridity index (Emadodin et al,2021)

Climate Type	IDM Values
Arid	IDM < 10
Semi-Arid	10 < IDM < 20
Mediterranean	20 < IDM < 24
Semi-Humid	24 < IDM < 28
Humid	28 < IDM < 35

Chapitre I. Présentation de zone d'étude

A.N:

Pour $P=364.94$ et $T=15.01 \Rightarrow I_{DM} = \frac{364.94}{15.01+10} \approx 14.59$

Donc $10 < I_{DM} < 20$

On conclut que notre climat est semi-aride selon l'indice De Martonne.

I.5.2. Indice d'Emberger :

C'est un quotient, particulièrement adapté aux régions méditerranéennes dans notre cas Tébessa, traduit le rapport entre la quantité des précipitations et la moyenne des extrêmes thermiques (le mois le plus chaud et le plus froid), le tout corrigé par l'amplitude thermique extrême (M-m) (Mokhtari et al,2014).

$$Q_2 = \frac{2000 \times P}{(M + m) \times (M - m)}$$

Avec :

Q_2 : Coefficient pluviométrique d'Emberger.

P : pluviométrie annuelle moyenne en mm.

M : La température maximale du mois le plus chaud en °K.

m : La température maximale du mois le plus froid en °K.

A.N:

Dans notre cas : $P=364.94$ $M=34.1$ $m=10.5$

Donc $Q_2 = \frac{2000 \times 364.94}{(34.1^2 - 10.5^2)} \approx 52.19$

Chapitre I. Présentation de zone d'étude

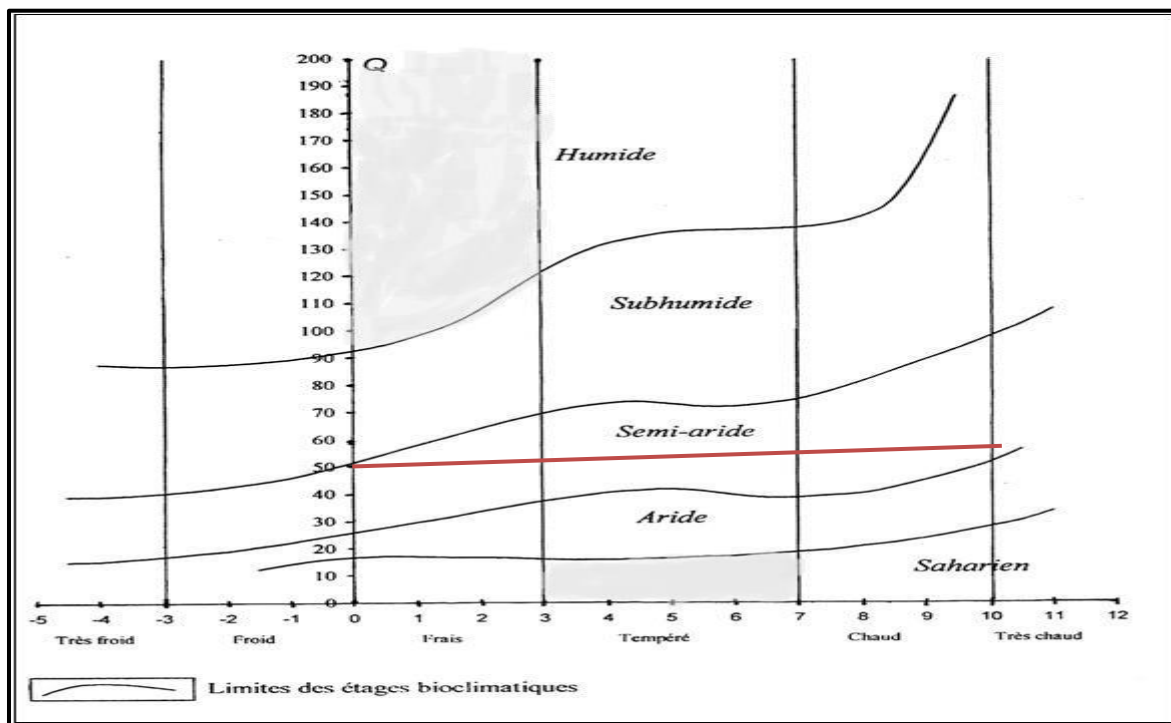


Figure I.5. Diagramme bioclimatique des étages d'Emberger (région de Tébessa).

D'après le diagramme d'Emberger la zone de Tébessa est située dans l'étage bioclimatique semi-aride.

I.5.3. Indice de Bagnouls et Gaussien :

Il définit comme mois sec ou aride tout mois ayant le rapport entre les précipitations et la température moyenne du mois inférieur à deux, c'est à dire quand les pertes en eau sont supérieures aux apports (précipitations). Inversement, quand $P > 2T$, le mois est considéré comme humide (Mokhtari, 2014).

Tableau I.8. Les températures et les précipitations moyennes mensuelles.

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août
Températures	20.9	16.8	10.4	6.6	5.6	6	9.5	13.2	17.4	22.3	26	25.4
Précipitations	39.73	31.1	30.58	29.57	35.59	24.96	35.86	35.02	39.88	23.81	12.16	26.68

Chapitre I. Présentation de zone d'étude

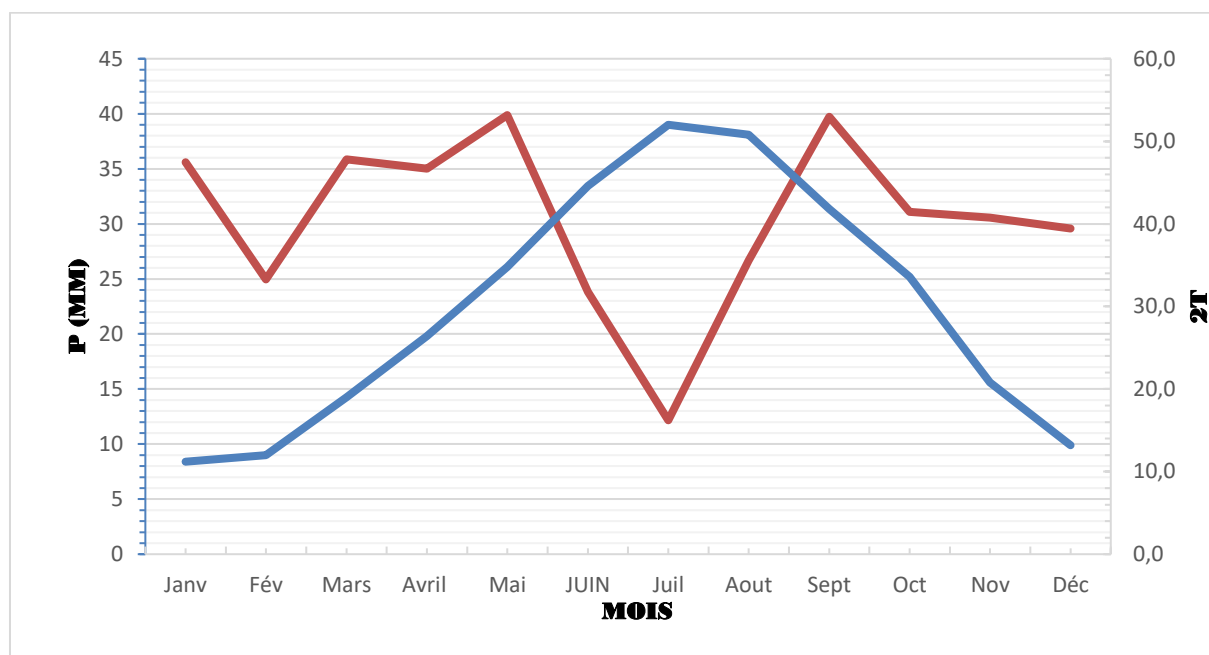


Figure I.6. Diagramme ombrothermique de la station de Tébessa.

Description de diagramme :

D'après le graph on observe qu'on a une période sèche de 3 mois (juin, juillet, Août), Donc l'apport de l'eau d'irrigation est indispensable dans cette période de temps.

I.6. Etude agro-socio-économique :

Le développement du secteur agricole passe par la connaissance du milieu socio-économique dans lequel évoluent les exploitations, à travers la réalisation d'études menées dans le cadre des activités et les comportements des agriculteurs.

I.6.1. Situation actuelle :

L'agriculture dans la zone d'étude est à vocation agro – pastorale. Les statistiques agricoles consultées au niveau de la DSA de Tébessa sur les trois communes montrent que les céréales sont les principales cultures de la zone d'étude.

Tableau I.9. Campagne agricole 2020 /2021.

Communes	Superficies ensemencées (ha)					Superficies récoltées (ha)				
	Blé dur	Blé tendre	Orage	Avoine	Total	Blé dur	Blé tendre	Orage	Avoine	Total
Tébessa	500	50	200	0	750	49	0	0	0	49
Hammamet	2000	200	1200	0	3400	100	0	50	0	150
Boulhaf Dyr	2100	50	900	0	3050	166	8	372	0	546
Totaux	4600	300	2300	0	7200	315	8	422	0	745

Source : DSA Tébessa.

Chapitre I. Présentation de zone d'étude

Tableau I.10. Production de céréales.

Communes	Productions céréales (qx)				
	Blé dur	Blé tendre	Orage	Avoine	Total
Tébessa	690	0	0	0	690
Hammamet	1500	0	750	0	2250
Boulhaf Dyr	2460	120	1900	0	4480
Totaux	4650	120	2650	0	7420

Source : DSA Tébéssa.

I.6.2. Pratiques agricoles actuelles du périmètre :

L'enquête de terrain sur le périmètre choisi nous a permis, un tant soit peu, d'observer les pratiques agricoles des exploitants.

La situation actuelle ou situation de référence du périmètre montre une faible mise en valeur des terres agricoles du périmètre en raison d'une insuffisance des ressources hydriques. L'agriculteur, confronté à la contrainte des ressources en eau conventionnelles, est dans l'expectative de mettre en valeur ses terres.

L'attente d'un projet d'irrigation est une aubaine inespérée pour dynamiser le développement agricole dans la zone d'étude.

Cependant, cette mise en valeur en irriguée est tout à fait particulière en raison d'une réutilisation des eaux épurées pour l'irrigation des cultures. Cela induit de nouvelles pratiques agricoles que les agriculteurs de la zone d'étude doivent s'y imprégner. Il serait nécessaire pour la réussite du projet de les initier à ces nouvelles pratiques par des séances de vulgarisation.

I.6.3. Situation projetée :

La situation projetée découle des orientations de développement agricole préconisées pour le périmètre d'irrigation choisi. Pour contourner la contrainte de rareté des besoins d'irrigation en eau conventionnelle dans la zone d'étude, la perspective s'est offerte par une réutilisation des eaux usées épurées dans l'agriculture. Cette ressource en eau non conventionnelle disponible pourrait irriguer, actuellement, 3 000 ha de terres agricoles.

Dans la perspective d'améliorer le développement agricole du périmètre, grâce à ce projet d'irrigation, nous ferons une évaluation ex ante les performances technico-économiques des exploitations agricoles et les besoins en eau non conventionnelle des cultures préconisées.

I.7. Conclusion

Les conditions météorologiques du périmètre de Tébessa sont caractérisées par un climat méditerranéen semi-aride. La saison sèche dans cette région dure la plupart de l'année, ce qui restreint la disponibilité naturelle de l'eau pour les activités agricoles. De plus, les précipitations sont faibles pendant la saison humide, avec des niveaux de pluviométrie variant de 200 à 400 mm par an. Les défis liés à l'agriculture sont particulièrement complexes en raison de ces caractéristiques climatiques, car les cultures sont fortement tributaires d'un approvisionnement en eau adéquat.

Dans cette situation, l'irrigation joue un rôle essentiel dans la durabilité des exploitations agricoles. Non seulement elle permet de pallier le manque d'eau pendant les périodes de sécheresse, mais elle permet également d'améliorer la productivité des cultures.

Chapitre II

Ressource en eau et en sol.

II.1. Introduction

Dans ce chapitre on présente la ressource en eau et en sol pour le périmètre de Tébessa pour connaître les différents défis exigés par le milieu naturel de la région, ces éléments essentiels déterminent le type d'irrigation qu'on va sélectionner au plutôt.

II.2. Ressource en eau :

L'eau étant un élément indispensable pour tous les organismes vivant notamment à la croissance des plantes, cette ressource essentielle détermine les différentes mesures pour la bonne gestion de l'irrigation de notre périmètre en abordant les ressources potentielles et la qualité des eaux utilisées pour l'irrigation.

II.2.1. La réutilisation des eaux usées :

Les contraintes liées au développement urbain, industriel et agricole sont de plus en plus importantes pour les ressources naturelles en eau. Ces contraintes provoquent à la fois la diminution des ressources en eau, leur dégradation, ainsi que la difficulté à répondre aux besoins en eau de qualité et en quantité adéquate pour toutes les utilisations envisageables.

Dans cette situation, l'utilisation de l'eau potable est remplacée par des pratiques de réutilisation d'eaux de diverses natures. En effet, la réutilisation de ces eaux permet de réduire les prélèvements dans les ressources en eau naturelles. La reprise des eaux usées traitées pour l'irrigation des cultures constitue une solution pertinente à l'échelle locale afin de réaliser des économies et de préserver la qualité des eaux. L'insuffisance des ressources en eau pour l'irrigation, due aux sécheresses qui affectent le pays, et à l'augmentation de la demande en eau potable, principalement destinée aux villes.

Grâce à la présence d'éléments nutritifs comme l'azote et le phosphore dans les eaux usées, il est possible d'augmenter la production agricole en réutilisant ces eaux usées, surtout étant donné que les engrais artificiels sont coûteux, Donc aider les agriculteurs à économiser et gérer leur culture. Mais il faut toujours qu'ils répondent aux normes de qualité destinées aux eaux d'irrigation.

En effet, L'Algérie a mis en place des législations pour l'organisation de l'utilisation de ce type des eaux comme l'indique l'Article 1er. En application des dispositions de l'article 2 du décret exécutif n° 07-149 du 3 Joumada El Oula 1428 correspondant au 20 mai 2007, susvisé, le présent arrêté a pour objet de fixer les spécifications des eaux usées épurées utilisées à des fins d'irrigation conformément à l'annexe jointe :(Voir **Tableau II.1**)

Chapitre II. Resource en eau et en sol

1. Pour les paramètres microbiologiques :

Tableau II.1. Spécifications des eaux usées épurées utilisées à des fins d'irrigation (paramètres microbiologiques).

GROUPES DE CULTURES	PARAMETRES MICROBIOLOGIQUES	
	Coliformes fécaux (CFU/100ml) (Moyenne géométrique)	Nématodes intestinaux (Oufs/1) (Moyenne arithmétique)
Irrigation non restrictive. Culture de produits pouvant être consommés crus.	<100	Absence
Légumes qui ne sont consommés que cuits. Légumes destinés à la conserverie ou à la transformation non alimentaire.	<250	<0,1
Arbres fruitiers (1). Cultures et arbustes fourragers (2). Cultures céréalières. Cultures industrielles (3). Arbres forestiers. Plantes florales et ornementales (4).	Seuil recommandé <1000	<1
Cultures du groupe précédent (CFU/100ml) utilisant l'irrigation localisée (5) (6).	Pas de norme Recommandée	Pas de norme Recommandée

Source : Journal officiel de la République algérienne démocratique et populaire (Année 2012).

2. Paramètres Physico – Chimiques :

Tableau II.2. Spécifications des eaux usées épurées utilisées à des fins d’irrigation (paramètres Physico - Chimiques).

PARAMÈTRES		UNITÉ	CONCENTRATION MAXIMALE ADMISSIBLE	
Physiques	pH	-	$6.5 \leq \text{pH} \leq 8.5$	
	MES	mg/l	30	
	CE	ds/m	3	
	Infiltration le SAR = o - 3 CE 3 - 6 6 - 12 12 - 20 20 - 40		ds/m	0.2 0.3 0.5 1.3 3
		DBO5	mg/l	30
Chimiques		DCO	mg/l	90
		CHLORURE (Cl)	meq/l	10
	AZOTE (NO ₃ - N)	mg/l	30	
	Bicarbonate (HCO ₃)	meq/l	8.5	
	Eléments toxiques (*)	Aluminium	mg/l	20.0
Arsenic		mg/l	2.0	
Béryllium		mg/l	0.5	
Bore		mg/l	2.0	
Cadmium		mg/l	0.05	
Chrome		mg/l	1.0	
Cobalt		mg/l	5.0	
Cuivre		mg/l	5.0	
Cyanures		mg/l	0.5	
Fluor		mg/l	15.0	
Fer		mg/l	20.0	
Phénols		mg/l	0.002	
Plomb		mg/l	10.0	
Lithium		mg/l	2.5	

Chapitre II. Ressource en eau et en sol

	Manganèse	mg/l	10.0
	Mercuré	mg/l	0.01
	Molybdène	mg/l	0.05
	Nickel	mg/l	2.0
	Sélénium	mg/l	0.02
	Vanadium	mg/l	1.0
	Zinc	mg/l	10.0

Source : Journal officiel de la République algérienne démocratique et populaire (Année 2012).

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

II.2.2. Ressources en eau non conventionnelle de la zone :

Pour la région étudiée la seule source non conventionnelle disponible est la station d'épuration de Tébessa (Ain Zerrouk), l'exploitation de ces eaux entre dans le cadre de la réutilisation et la valorisation des eaux des eaux rejetée par les habitats de la ville de Tébessa. Les disponibilités en eaux épurées à différents horizons ont été analysées en le tableau suivant :

Tableau II.1.3. Production d'eaux usées à différents horizons.

Horizons	2022	2025	2030
Rejets (m ³ /J)	6 009.00	38 188.00	48 000
Volumes annuels (m ³)	2 193 285.00	13 938 620.00	17 520 000.00
Production brute annuelle d'eaux usées (m ³)	1 864 292.25	11 847 827.00	14 892 000.00

Source : ONA Tébessa.

D'après ce tableau on observe l'abondance des eaux usées qui sera réutiliser pour l'irrigation des terres agricoles voisines. Cela va jouer un rôle important pour la lutte contre la sécheresse et c'est une solution d'adaptation au changement climatique.

II.2.3. Caractéristiques des eaux d'irrigation :

L'évaluation de la qualité de l'eau d'irrigation n'est pas une fin en soi, elle est très spécifique aux conditions pédoclimatiques et aux pratiques d'irrigation de la zone. C'est pourquoi il existe plusieurs classifications dans le monde.

II.2.3.a. S.A.R (Sodium-Absorption-Rapport) :

Le rapport d'adsorption du sodium (SAR) est l'indice utilisé pour mesurer l'activité relative des ions de sodium dans les réactions d'échange du sol. Cet indicateur évalue la proportion de sodium par rapport au calcium et au magnésium dans le sol.

On définit le SAR en utilisant l'équation suivante :

II.1

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

S.A.R: concentration en ion.

Na^+ : Sodium en meq/l.

Ca^{++} : Calcium en meq/l.

Mg^{++} : Magnésium en meq/l.

Pour l'eau sortie depuis la station d'épuration de Ain Zerrouk on a effectué une analyse sur site en utilisant des sondes pour les éléments chimiques suivant :

Tableau II.4. L'analyse chimique d'eau de la STEP.

Ions	mg/l	meq/l
Na^+	175.99	7.655
Mg^{++}	62.20	5.118
Ca^{++}	173.09	8.62

Source : DG de l'ONA.

Le S.A.R = 2.92 Donc on a un risque faible d'alcalinité.

II.2.3.b. Conductivité :

Divers facteurs peuvent influencer la conductivité de l'eau, tels que la température, la concentration d'ions, la présence de contaminants et le pH. La principale raison de cela est la présence d'ions dissous dans l'eau. On utilise la conductivité de l'eau pour détecter la pollution de l'eau et surveiller la qualité de l'eau.

D'après L'analyse de l'eau épuré dans le laboratoire de STEP on a les résultats de 6mois présenté dans le tableau suivant :

Tableau II.5. Conductivité des eaux épurées de STEP pour l'année (2023/2024).

Mois	Conductivité d'eau épurée ($\mu s/cm$)
Octobre	2200
Novembre	2156
Décembre	2156
Janvier	2227

Chapitre II. Resource en eau et en sol

Février	2236
Mars	2211.26
Max	2236

On prend la valeur max pour que l'interprétation de qualité d'eau soit adéquate (CE=2.23 mmhos/cm).

II.2.3.c. Classification des eaux pour l'irrigation :

En fonction d'un SAR spécifique, le taux d'infiltration augmente en fonction de certaines conditions. Donc on peut combiner le SAR et le CE afin d'évaluer des problèmes potentiels de salinité. Dans cette partie on utilise la classification américaine des eaux d'irrigation dans notre cas c'est les eaux épurées et qui est en fonction de la conductivité électrique de l'eau CE et le S.A.R.

Tableau II.6. Classification des eaux d'irrigation en fonction de S.A.R et CE.

SAR en méq/l		(CE) en mmho/cm	
0 –10	Classe S1 : risque alcalin faible	$\geq 0,25$	C1 : risque faible de salinité
10 –18	Classe s2 : risque alcalin moyen	$0,25 < CE \leq 0,75$	C2 : risque moyen de salinité
18 –26	Classe S3 : risque alcalin élevé	$0,75 < CE \leq 2,25$	C3 : risque élevé de salinité
> 26	Classe S4 : risque alcalin très élevé	$CE > 2,25$	C4 : risque très élevé de salinité.

Pour déterminer la classe des eaux d'irrigation de notre station d'épuration, on se base sur le diagramme de Riverside, d'après l'US Salinity Laboratory Staff (1954).

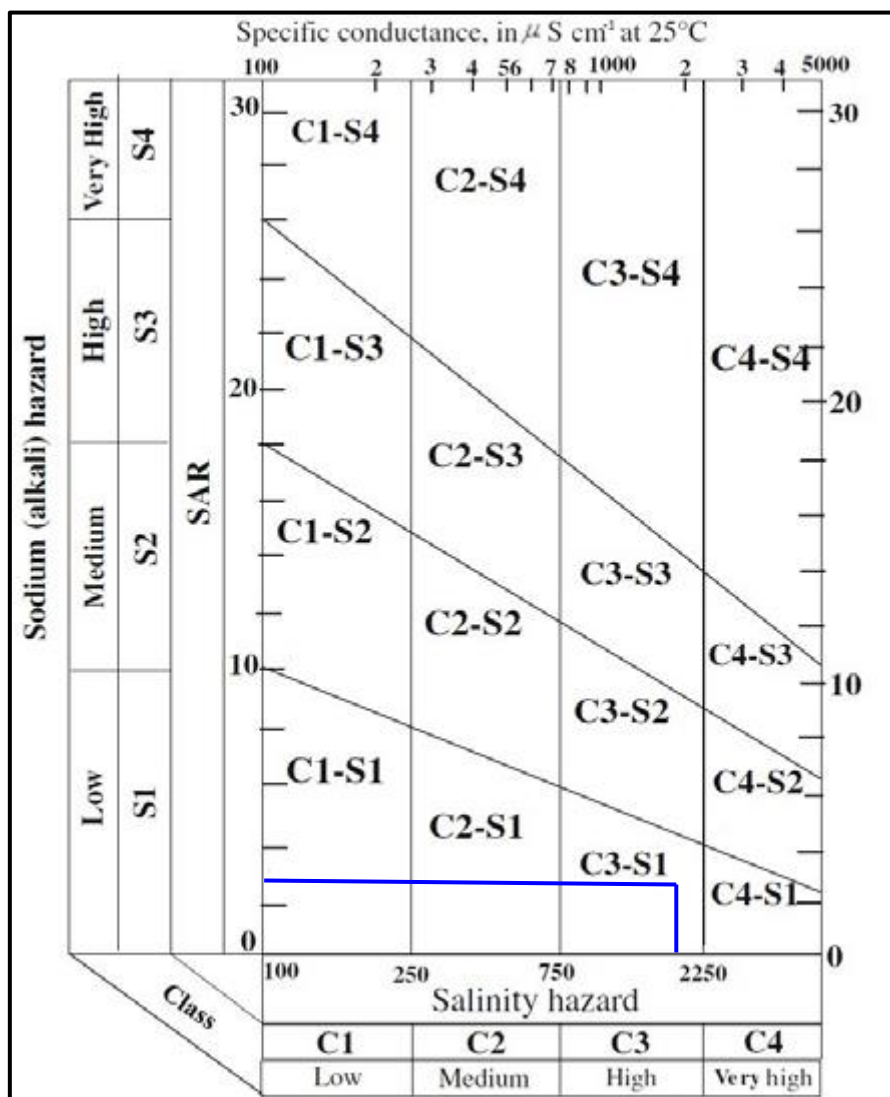


Figure II.1. Diagramme de Riverside, d'après l'US Salinity Laboratory Staff (1954).

Interprétation :

D'après le diagramme ci-dessus de classification des eaux d'irrigation on conclut que nos eaux épurées sont caractérisées par un risque élevé de salinité et une alcalinité faible (C3-S1), donc pour un sol de texture fine (limoneux), la limite de la conductivité des eaux d'irrigation est environ de 4 mmoh/cm pour des plantes moyennement tolérantes (Hulin,1982) donc le choix des cultures à projeter doit être en fonction de qualité d'eau d'irrigation et type de sol.

II.4. Ressources en sol :

II.4.1. Les zones homogènes :

Ce sont des zones ayant les mêmes aptitudes aux cultures irriguées et les mêmes problèmes d'aménagement. Elles sont classées selon leur intérêt pour la mise en valeur d'après un choix des spéculations envisagées et d'après l'importance des travaux d'aménagement à entreprendre.

Chapitre II. Resource en eau et en sol

Les zones homogènes ont été délimitées sur la carte en faisant la synthèse de la carte des sols et de la carte des aptitudes culturales en irrigué. La répartition des zones a été effectuée selon :

- Leur aptitude aux cultures en irrigué.
- Les problèmes que pose leur mise en valeur.
- La nature des travaux et aménagements indispensables ou recommandés.

Chaque zone homogène correspond à l'orientation culturelle la mieux adaptée avec les travaux d'aménagement à effectuer. D'après l'importance des aptitudes culturales des sols à l'irrigation, les sols de la zone étudiée ont été répartis en 3 catégories.

Pour chacune d'elle, nous avons proposé un mode ou une priorité de mise en valeur, compte tenu des aptitudes des sols aux cultures irriguées, des problèmes de mise en valeur et des travaux complémentaires d'aménagement.

Catégorie I : Zone à irriguer en priorité. Ce sont des sols dont la profondeur est supérieure à 80 cm, à structure favorable, qui ne posent pas de problèmes majeurs de mise en valeur. Leurs aptitudes en irrigué sont bonnes pour les cultures industrielles, céréalières et fourragères, bonnes pour les cultures maraîchères et les cultures arbustives.

Catégorie II : Ce sont des sols profonds à moyennement profonds, mais qui demandent des travaux tels que les labours profonds ou sous solage avant toute irrigation. Leurs aptitudes culturales sont bonnes pour les cultures industrielles, bonnes à moyennes pour les cultures maraîchères, et moyennes pour les cultures céréalières et fourragères.

Les travaux d'aménagements se rapportent aux amendements organiques et minéraux, à un labour profond et la lutte contre les inondations pluviales.

Catégorie III : Ce sont des sols profonds mais qui doivent être aménagés avant toute mise en valeur : labours profonds ou sous solage, apports d'amendements organiques, assainissement de surface et lutte contre les inondations sont indispensables. Leurs aptitudes culturales sont bonnes à moyennes pour les cultures industrielles et les cultures maraîchères, et moyennes pour les cultures céréalières et fourragères.

Tableau II.7. Ventilation des zones homogènes.

I	Sols ne présentant pas de problèmes d'aménagement préalable à la mise en valeur.	Sols aptes à toutes les cultures	Amendements organiques
II	Sols présentant des problèmes mineurs d'aménagement : -Vertisolisation -Niveau mal drainant à moyenne profondeur. -Texture fine.	Sols bons pour les cultures maraîchères adaptées aux textures fines. Bons pour les cultures céréalières et fourragères. Moyens pour l'arboriculture.	Amendements organiques. Epierrage par endroit Labour profond
III	Holomorphie peu prononcée Texture fine Charge en éléments grossiers importante. Structure défavorable.	Bons pour les cultures céréalières et fourragères. Bons à moyens pour les cultures maraîchères. Inaptes pour les cultures arbustives	Amendements organiques et minéraux. Labour profond

II.5. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons examiné la qualité des eaux épurées à partir de la STEP de Ain Zerrouk et leur classification à fin d'irrigation, Selon les résultats obtenir on propose un lessivage apporter avec les eaux d'irrigation ce lessivage proposé ne vise pas dessaler des sols halomorphes mais de préserver des sols soumis à un risque de salinisation.

Cependant pour les cultures fort à moyenne tolérance pour la salinité le lessivage n'est pas nécessaire pour notre type de sol donc le choix de la culture à irriguer est la solution le plus adaptable dans ce cas.

Chapitre III
Evaluation des performances de la
STEP-Tébessa.

III.1. Introduction

Dans ce chapitre, on présente la station d'épuration de la wilaya de Tébessa pour comprendre son mode de fonctionnement et les différents aspects qu'on peut l'en profiter lors du dimensionnement de notre réseau d'irrigation.

III.2. Présentation de la STEP :

III.2.1. Situation géographique :

La station d'épuration de la wilaya de Tébessa appelé Ain Zerrouk représente une superficie de 8 hectares, elle est située à la sortie N-O de la ville de Tébessa limité par :

- Au nord par EL Merdja.
- A l'Ouest par le périmètre agricole de la commune de Tébessa.
- Au sud par la RN n°10.
- A l'Est par des terrains privés.



Figure III.1. Carte satellitaire de l'implantation de la STEP Ain Zerrouk Tébessa.

Chapitre III. Evaluation des performances de la STEP-Tébessa

III.2.2. Coordonnées de la STEP :

Pour bien identifier la station d'épuration de Tébessa il faut savoir ses coordonnées géographiques.

Tableau III.1. Coordonnées de la STEP.

Code de STEP	120301
Nom de la STEP	Aïn Zerrouk
Coordonnées Lambert	X : 991.9 Km Y : 247.2 km Z : 890

III.2.3. Caractéristiques générales de la STEP :

Notre station d'épuration a les caractéristiques suivantes :

Tableau III.2. Caractéristiques de STEP :

Année de mise en service	Février 2023
Superficie	282.84 m ²
Nature des eaux brute	Domestiques
Débit nominale	48.000 m ³ /jour
Type de réseau	unitaire
Type de procédé épuratoire	Boues activées
Gestion et exploitation	ONA de Tébessa-Zone de Annaba

Tableau III.3. La charge hydraulique de la STEP Ain Zerrouk.

Mois	Débit moyen (m ³ /j)	Volume eaux brutes (m ³)	Taux de d'utilisation (%)	Débit épurées moyen (m ³ /j)	V _{épurés} du mois (m ³ /mois)
Octobre	5400	167400	0.11	5445.71	168817
Novembre	6082.9	182487	0.13	6544.63	196339
Décembre	5886.68	182487	0.12	6333.52	196339
Janvier	6134.77	190178	0.13	5942.68	184223
Février	5837.83	169297	0.12	5923.31	171776
Mars	5041.1	156274	0.11	4544.39	140876

III.3. Fonctionnement de la STEP :

La station d'épuration de Ain Zerrouk utilise des différentes procédures pour dépolluer les eaux brutes revenant des plusieurs partie de la ville de Tébessa. Ces procédures sont les suivants :

III.3.1. Prétraitements :

Avant le traitement des eaux usées, il faut d'abord qu'ils subissent un prétraitement pour éliminer les éléments grossiers qui sont susceptibles de gêner les procédures de traitement ultérieurs et détériorer les équipements de STEP.

Cette étape inclut les opérations suivantes :

- Le dégrillage.
- Le dessablage.
- Le dégraissage-déshuilage.

III.3.1.a. Le dégrillage :

Le dégrillage et le tamisage sont des opérations de base pour le prétraitement des eaux usées. En effet, ces actions de séparation physique ont pour objectif :

- D'éliminer les gros déchets pour protéger les équipements installés en aval.
- De séparer les matières en suspension (MES) contenues dans l'eau pour éliminer une partie de la charge polluante.

III.3.3.b. Le Dessablage :

Le dessablage est une opération fondamentale dans le prétraitement des eaux usées. En effet, cette action de séparation par décantation a pour but de :

- Éliminer les sables, graviers et autres particules minérales afin d'éviter un vieillissement et une usure prématurés dus à l'abrasion de certains équipements et notamment les systèmes de pompage.
- Éliminer les terres et les fibres afin d'éviter le colmatage des réseaux et des ouvrages.

III.3.1.c. Le dégraissage-déshuilage :

Le dégraissage consiste à séparer tous les produits des eaux usées moins dense que l'eau, surnageant (de façon naturelle ou assistée) dans les effluents. Ces graisses peuvent être d'origine animale ou végétale.

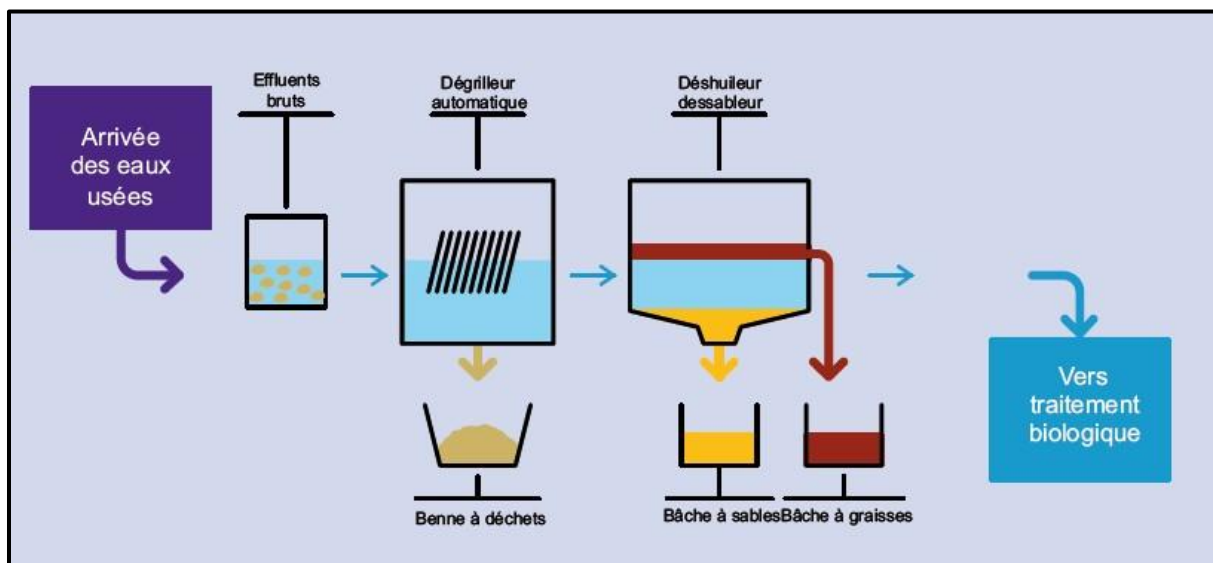


Figure III.2. Schéma des opérations de prétraitement.

III.3.2. Traitements primaires :

Le traitement primaire au sens strict est un traitement physico-chimique. Il est possible d'ajouter dans l'eau des agents coagulants et floculants. On peut alors récupérer un grand nombre de particules en suspension par décantation ou flottation (boues physico-chimique) [.....] Mais il reste dans l'eau tout ce qui y est dissous : éléments azotés, phosphatés, composés actifs et des particules fines (Moulin,2013).

III.3.3. Traitement secondaire :

Ces traitements sont biologiques et permettent d'éliminer les polluants dissous. Pour cela on utilise des populations de micro-organismes capables de les consommer. On distingue différents types :

III.3.3.a. Le lagunage naturel :

Des plans d'eau peu profonds sont utilisés pour stocker les eaux usées. L'activité des microbes se déroule de manière naturelle : interactions avec l'environnement, photosynthèse...Il est possible d'utiliser des aérateurs afin de brasser l'air et d'améliorer l'activité des bactéries. La formation de boues de lagunage au fond des bassins est causée par ces processus, qui sont ensuite récupérées (Ademe cité par Moulin,2013).

III.3.3.b. Les boues activées :

C'est dans des bassins que le mélange du dioxygène, des eaux usées et des bactéries est forcé. On choisit les espèces en fonction de ce qu'on veut éliminer : carbone, azote, phosphore. Dans un bassin nommé clarificateur, les bactéries et leurs déchets du métabolisme créent des boues qui sont ensuite traitées et exploitées à d'autres fins.

Effectivement, après les traitements secondaires, il y a encore des substances dissoutes que les bactéries n'auront pas absorbées (azote, phosphore) et des substances qu'elles ne peuvent pas traiter de toute façon, tel que l'œstrogène.

Le processus de traitement des eaux usées de ce la station est présentée dans le schéma ci – après :

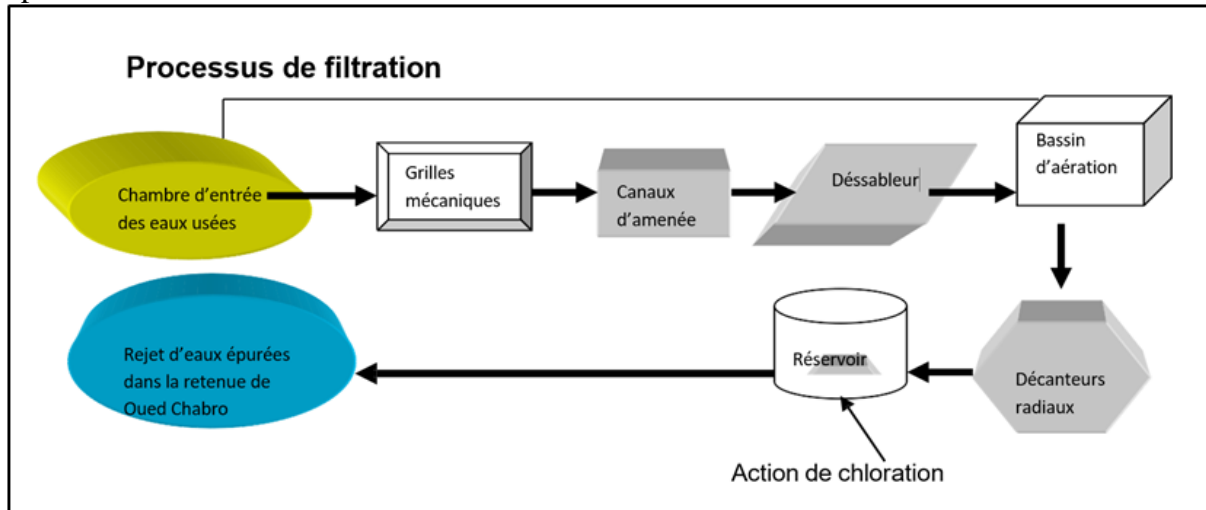


Figure III.3. Processus de filtration dans la STEP de Ain Zerrouk.

III.5. Evaluation des performances de la STEP :

III.5.1. Choix des sites de prélèvement :

- Avant l'épuration : L'eau est prélevée après le prétraitement.
- Après épuration : L'eau est prélevée à la sortie de la STEP.

III.4.2. Analyse réalisée par le laboratoire de la station :

III.4.2.a. Les paramètres de pollution analysés :

Il existe de nombreux éléments qui peuvent altérer l'état de l'eau et qui sont autant de polluants. Les études ont examiné les caractéristiques physico-chimiques suivantes :

- Les mesures physiques, comme la température et le pH, ont été effectuées in-situ.
- Les mesures chimiques, comme la DCO, la DBO5, etc., ont été réalisées en laboratoire.

Les tableaux regroupent les résultats obtenus.

III.4.2.b. Interprétation des résultats :

a. Matière En Suspension :

Il s'agit de particules très fines en suspension dans l'eau, appelées matières en suspension. Elles se rencontrent naturellement dans les cours d'eau et perturbent l'équilibre de l'eau. Ils peuvent être d'origine naturelle, en lien avec les précipitations, ou d'origine anthropique, apportée par les dépôts atmosphériques et/ou les rejets urbains, agricoles, domestiques ruraux et industriels.

Chapitre III. Evaluation des performances de la STEP-Tébessa

Tableau III.4. L'analyse de la MES année (2023/2024).

Mois	MES (entrée) (mg/l)	MES (sortie) (mg/l)	SEUIL	Rendement (%)
Octobre	418.68	11.57	35	97.24
Novembre	454	11.19	35	97.38
Décembre	454	11.29	35	97.51
Janvier	323.19	15.57	35	95.18
Février	508.57	34.62	35	93.19
Mars	552.42	33.05	35	94.02

Source : DG de l'ONA.

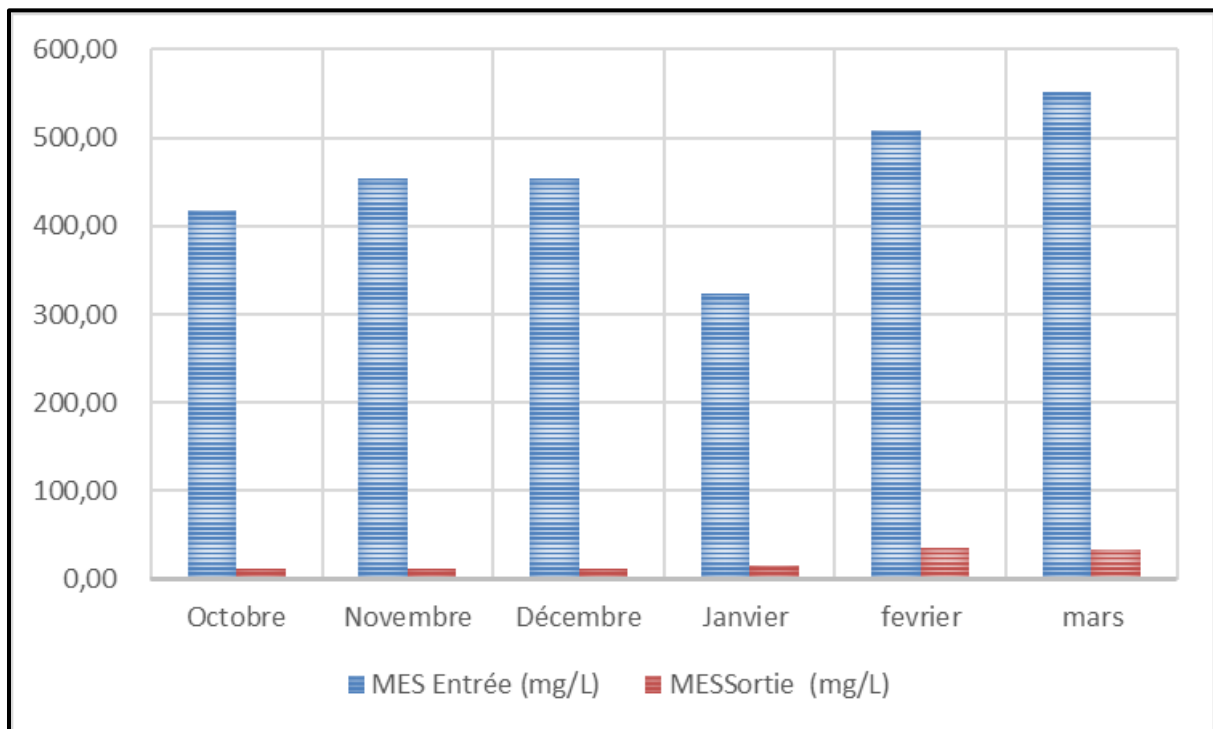


Figure III.3. Variation de MES de l'eau brute et épurée en année (2023/2024)

Interprétation :

Le processus d'élimination des matières en suspension MES ont un bon rendement et sont inférieure au seuil de rejet au milieu récepteur. Donc il est aux normes pour le réutiliser dans l'irrigation.

Chapitre III. Evaluation des performances de la STEP-Tébessa

b. Demande Biologique En Oxygène :

Le besoin en oxygène biologique (DBO), aussi connu sous le nom de besoin en oxygène biochimique, correspond à la quantité d'oxygène nécessaire pour la dégradation des matières organiques par les voies biologiques dans l'eau. La DBO représente donc un indicateur de pollution qui permet habituellement d'évaluer la qualité des effluents et des eaux usées.

Tableau III.5. L'analyse de la DBO5 année (2023/2024).

Mois	DBO5 (entrée) (mg/l)	DBO5(sortie) (mg/l)	SEUIL	Rendement (%)
Octobre	240.47	9.40	35	96.09
Novembre	302.47	6.33	35	97.91
Décembre	302.47	6.33	35	97.91
Janvier	268.01	7.43	35	97.23
Février	341.57	7.82	35	97.71
Mars	368	9.48	35	97.42

Source : DG de l'ONA.

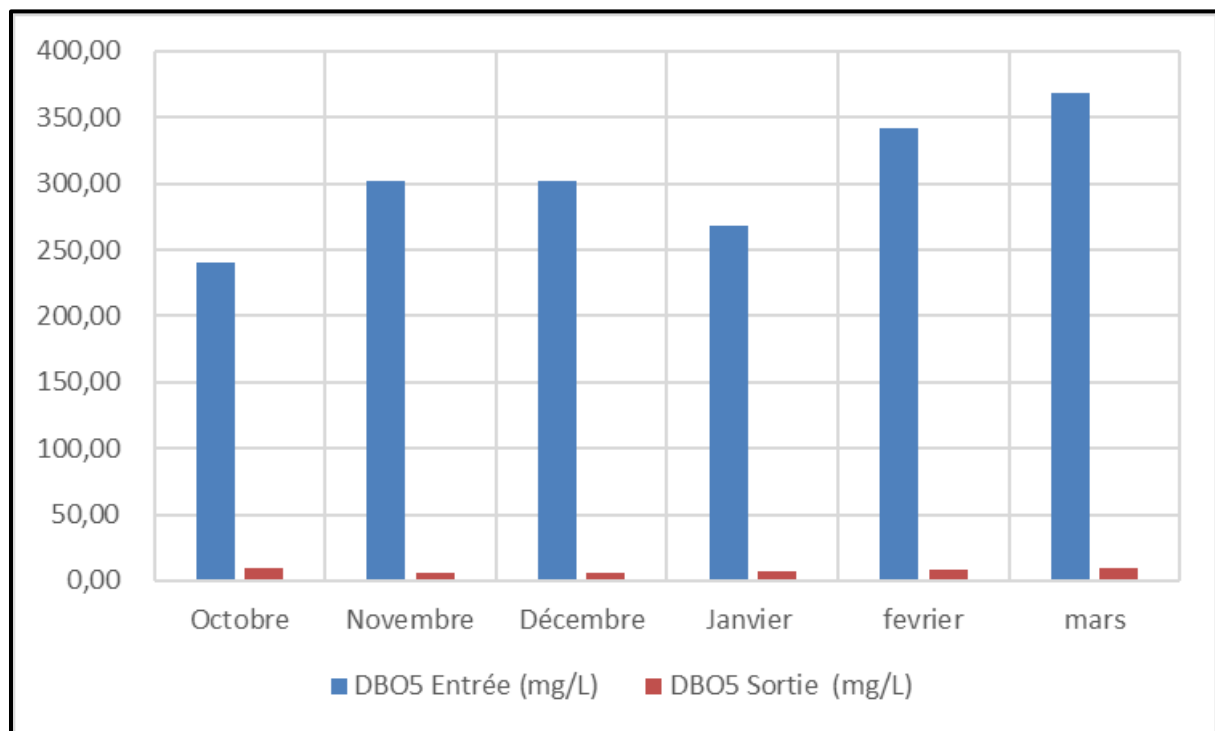


Figure III.4. Variation de DBO de l'eau brute et épurée en année (2023/2024).

Chapitre III. Evaluation des performances de la STEP-Tébessa

Interprétation :

Le traitement biologique est efficace dans la STEP de Ain Zerrouk et le DBO5 est au norme (DBO5 < 30 mg/l).

c. Demande Chimique En Oxygène :

Il s'agit d'un des critères des normes de rejet d'eau dans le milieu naturel. Il évalue la quantité d'oxygène nécessaire pour purifier une eau. Il est donc logique d'utiliser cette information afin de mieux surveiller les performances de l'épuration des eaux et d'autoriser une station à rejeter ses eaux dans l'environnement naturel.

Tableau III.6. L'analyse de la DCO année (2023/2024).

Mois	DCO (entrée) (mg/l)	DCO (sortie) (mg/l)	SEUIL	Rendement (%)
Octobre	19655	245	120	87.53
Novembre	1679.75	343.25	120	79.57
Décembre	1679.75	343.25	120	79.57
Janvier	1915.25	312	120	83.71
Février	2559.3	266.66	120	89.58
Mars	2246	310.5	120	86.18

Source : DG de l'ONA.

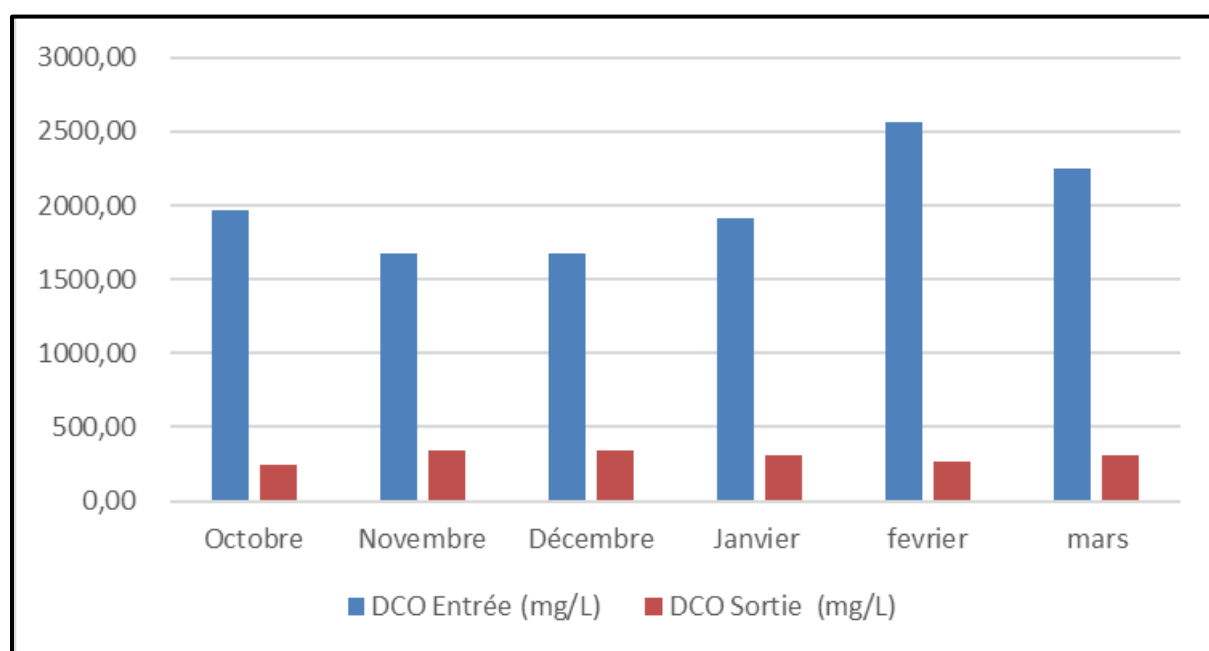


Figure III.5. Variation de DCO de l'eau brute et épurée en année (2023/2024).

Chapitre III. Evaluation des performances de la STEP-Tébessa

Interprétation :

La demande chimique en oxygène n'est pas au norme ($DCO < 90$ mg/l) donc on propose une augmentation de temps de séjour pour qu'il soit dans la norme d'irrigation par les eaux épurées.

d. Autre paramètre physico-chimique :

Également en effectue l'analyse des paramètres (PH, Conductivité, Température) dans le laboratoire d'analyse de la STEP de Tébéssa, les résultats sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau III.7. L'analyse des paramètres physiques d'eau brute et épurée en année (2023/2024).

Mois	Température entrée (c°)	Température sortie (c°)	Conductivité entrée	Conductivité sortie	PH entrée	PH sortie
Octobre	21.9	20.3	2800	2200	7.9	7.7
Novembre	20.4	20	3173.48	2156	8.08	7.77
Décembre	20.1	19.8	3173	2156	8.08	7.77
Janvier	20.2	20	2990	2227	8.09	7.62
Février	21.8	20.5	3871	2236	7.9	7.40
Mars	22.02	20.7	3061.05	2211.26	8	8

Source : DG de l'ONA.

Selon le tableau au-dessus en remarque des rendements acceptable en matière de température, conductivité et Ph selon les tableaux des critères et des normes traités précidement.

III.5. Conclusion

Dans ce chapitre on a examiné le fonctionnement et la performance de la STEP de Ain Zerrouk et on remarque que la plupart des résultats physico-chimiques (MES, DBO5, Ph...) répondent aux normes de réutilisations.

Chapitre IV

Étude Hydrologique.

Chapitre IV. Etude hydrologique

IV.1. Introduction

Dans ce chapitre on établit une étude hydrologique pour déterminer les caractéristiques de la pluviométrie de région d'étude par le calcul de pluie de fréquence données. Ce calcul va nous permettre d'estimer les paramètres de dimensionnement de réseau.

Pour cela, on base notre calcul sur une série d'observation requise de 37 ans de la station pluviométrique de Tébessa (code : 121301).

Tableau IV.1. Série de pluie de la station de Tébessa de l'année 80/88 à 2016/17.

Année	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avrl	Mai	Juin	Juil	Août	Annuel
80/81	49,8	14	16,8	26,5	14,2	22,2	15,3	41,7	33,6	49,4	6,7	4,5	294,7
81/82	42,7	44,2	43,8	15,6	18,4	35,6	22,4	36,2	59,21	14,8	4,8	26,7	364,41
82/83	7	33,2	46,3	12,8	42,2	48,6	22,7	17,6	13,6	17,9	7,8	28,3	298
83/84	11,4	32,7	4,3	32,9	13,7	41,4	41,3	19	21	6,8	0	15,4	239,9
84/85	23,7	21,2	16,8	43	25,7	15,9	64,5	15,4	57,4	22,2	15,9	6	327,7
85/86	66,55	12,6	16,75	36,4	10,5	19	60,9	2,5	26,8	13,2	36,5	23	324,7
86/87	15,83	25,4	36,6	16,7	10,2	17,4	42,6	19,2	33,3	34,2	13,7	5	270,13
87/88	14,44	22,6	30,2	27,5	12,7	2	23,8	27,6	56,1	41,4	11,5	36,5	306,34
88/89	18	13,5	23,9	25,4	43,3	10,4	34,7	26,3	19	45,3	8,7	101,3	369,8
89/90	38,6	7,8	31,6	18,7	43	19,5	40,6	50,8	48,35	17,1	13,2	115,6	444,85
90/91	37,5	29,4	60,1	34,5	32,4	31,3	44,3	25	54,9	14,4	8,5	35,6	407,9
91/92	58,9	52,4	39,6	14,2	20,3	24,9	22,3	25,6	71,7	23,2	13,4	24,5	391
92/93	44,08	28,4	61,05	48,4	5,3	27,9	19,4	14,5	22,36	13,8	7,1	2,3	294,59
93/94	16,05	26,2	9,9	19,5	44,2	20,9	9,4	13,3	31,7	50,6	14,5	6,7	262,95
94/95	82	36,8	7,4	5,7	88	23,5	52,4	30,2	12,7	15,8	7,6	3,5	365,6
95/96	94,9	33,7	28	8,2	10,5	60,9	39,3	30,5	13,83	27,6	7,5	15,5	370,43
96/97	56	5	42,6	22,9	27,6	4	27,8	50,7	12,06	12	0	19,4	280,06
97/98	32,1	40,5	26,7	13,5	51,5	2	15,7	9,9	18,51	36,3	13	13,3	273,01
98/99	42,1	51,7	36,3	27,9	23,7	11,7	31,8	15,4	80	22	5	13,6	361,2
99/00	20,3	48,7	39,5	23,2	20	14,8	6,1	12	50,96	36,5	10	8,5	290,56
2000/20001	41,2	32,7	13,5	13,9	22,8	16	5,5	11,1	31,6	28	6	46,7	269
2001/2002	35,84	6	56	6,8	12,3	16	33,5	26	11,4	5	15	85	308,84
2002./2003	32,6	77,9	59,3	36,5	53,5	25,5	31	64,5	83,7	30,9	16,2	36,8	548,4
2003/2004	48,8	35,4	80,77	122,5	12,5	13,4	41,8	13,7	20,8	4,5	6,3	13,5	413,97
2004/2005	46,54	18,3	4,24	31,8	32,1	15	35,5	55,5	23,9	21	9,5	46,6	339,98

Chapitre IV. Etude hydrologique

2005/2006	26,37	42,19	21,09	58,01	105,47	26,37	0	47,46	89,65	21,09	21,09	21,09	479,88
2006/2007	0	21,09	5,27	58,01	10,55	21,09	68,55	73,83	42,19	47,46	5,27	31,64	384,95
2007/2008	10,55	36,91	0	36,91	10,55	5,27	36,91	21,09	42,19	26,37	10,55	21,09	258,39
2008/2009	79,1	15,82	15,82	31,64	163,48	31,64	36,91	126,56	58,01	0	15,82	21,09	595,89
2009/2010	79,1	21,09	0	5,27	42,19	5,27	31,64	36,91	47,46	47,46	21,09	0	337,48
2010/2011	68,55	42,19	63,28	26,37	42,19	73,83	36,91	52,73	84,38	47,46	47,46	0	585,35
2011/2012	5,27	79,1	31,64	36,91	47,46	89,65	79,1	58,01	26,37	0	5,27	15,82	474,6
2012/2013	52,73	31,64	10,55	5,27	52,73	36,91	36,91	42,19	0	0	21,09	36,91	326,93
2013/2014	47,46	31,64	58,01	42,19	58,01	31,64	100,2	15,82	58,01	21,09	5,27	0	469,34
2014/2015	26,37	31,64	26,37	79,1	26,37	31,64	26,37	79,1	26,37	31,64	26,37	79,1	490,44
2015/2016	58,01	15,82	36,91	0	31,64	5,27	52,73	52,73	52,73	10,55	0	0	316,39
Moyenne	39,73	31,10	30,58	29,57	35,59	24,96	35,86	35,02	39,88	23,81	12,16	26,68	364,94

Source : ONM Tébessa.

IV.2. Etude de l'homogénéité de la série pluviométrique :

IV.2.1. Test de Wilcoxon :

Il s'agit d'un test non paramétrique qui utilise la distribution des rangs des observations plutôt que la distribution de leurs valeurs. Le test de Wilcoxon repose sur la méthode suivante :

Une série d'observations de taille N, à partir de laquelle on extrait deux échantillons X et Y : N1 et N2, qui sont respectivement les tailles de ces échantillons, avec $N = N_1 + N_2$ et $N_1 \leq N_2$. Les valeurs de notre série sont classées par ordre croissant. Ensuite on constitue par la suite, la série X union Y. Wilcoxon a montré que la série est homogène avec une probabilité de 95%, si la relation ci-dessous est vérifiée (Touaibia, 2004).

$$W_{min} < W_x < W_{max}$$

Tel que :

$$W_x = |RANG|_x$$

$$W_{min} = \left(\frac{(N_1 + N_2 + 1)N_1 - 1}{2} \right) - 1.96 \left(\frac{N_1 N_2 (N_1 + N_2 + 1)}{12} \right)^{\frac{1}{2}}$$

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

Chapitre IV. Etude hydrologique

Tableau IV.1. Test d'homogénéité de la série pluviométrique.

Série	Série X	Série Y	TRI	XY	RANG
294,7	294,7	365,6	239,9	X	1
364,41	364,41	370,43	258,39	Y	2
298	298	280,06	262,95	X	3
239,9	239,9	273,01	269	Y	4
327,7	327,7	361,2	270,13	X	5
324,7	324,7	290,56	273,01	Y	6
270,13	270,13	269	280,06	Y	7
306,34	306,34	308,84	290,56	Y	8
369,8	369,8	548,4	294,59	X	9
444,85	444,85	413,97	294,7	Y	10
407,9	407,9	339,98	298	X	11
391	391	479,88	306,34	X	12
294,59	294,59	384,95	308,84	Y	13
262,95	262,95	258,39	316,39	Y	14
365,6		595,89	324,7	X	15
370,43		337,48	326,93	Y	16
280,06		585,35	327,7	X	17
273,01		474,6	337,48	Y	18
361,2		326,93	339,98	Y	19
290,56		469,34	361,2	Y	20
269		490,44	364,41	X	21
308,84		316,39	365,6	Y	22
548,4			369,8	X	23
413,97			370,43	Y	24
339,98			384,95	Y	26
479,88			391	X	27
384,95			407,9	X	28
258,39			413,97	Y	29
595,89			444,85	X	30
337,48			469,34	Y	31
585,35			474,6	Y	32

Chapitre IV. Etude hydrologique

474,6			479,88	Y	33
326,93			490,44	Y	34
469,34			548,4	Y	35
490,44			585,35	Y	36
316,39			595,89	Y	37

A.N:

$$W_x = |RANG|_x = |1 + 3 + 5 + 9 + 11 + 12 + 15 + 17 + 21 + 23 + 27 + 28 + 30| = 202$$

$$W_{min} = \left(\frac{(N_1 + N_2 + 1)N_1 - 1}{2} \right) - 1.96 \left(\frac{N_1 N_2 (N_1 + N_2 + 1)}{12} \right)^{\frac{1}{2}} = \left(\frac{(14 + 22 + 1)14 - 1}{2} \right) - 1.96 \left(\frac{14 \times 22 (14 + 22 + 1)}{12} \right)^{\frac{1}{2}} = 199.94$$

$$W_{max} = [(N_1 + N_2 + 1)N_1 - W_{min}] = [(14 + 22 + 1)14 - 199.94] = 318.06$$

Tableau IV.2. Les éléments de calcul de test de Wilcoxon.

N1	N2	Wmin	Wx	Wmax
14	22	199.94	202	318.06

Alors, On a $199.94 < W_x < 318.06$: la condition de **Mr. Wilcoxon** est vérifiée, donc la série des précipitations moyennes annuelles de la station de Tébéssa est homogène.

IV.3. Ajustement statistique des pluies :

Il est fréquent que les données de pluie annuelles puissent être ajustées à différentes lois statistiques, en raison de la faible variabilité interannuelle pour certaines stations. Dans notre situation, nous utilisons celle qui assure la meilleure adaptation possible. Les lois les plus couramment utilisées pour l'ajustement des pluies annuelles sont les suivantes :

- La Loi de Gauss ou loi normale.
- Loi de Galton ou loi log–normale.

IV.3.1. Ajustement à Loi de Gauss ou loi normale :

Une loi normale se caractérise entièrement par la structure de sa fonction de densité, ainsi que par les données de son espérance et de son écart-type estimé. Effectivement, sa fonction de distribution qui est une distribution de probabilité continue est exprimée par :

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{x - \mu}{\sigma} \right)^2 \right]$$

Tel que :

μ : est la moyenne.

Chapitre IV. Etude hydrologique

σ : est l'écart-type.

On fait l'ajustement par le logiciel HYFRAN et qui nous donne les résultats suivants

Tableau IV.3. Caractéristiques de la loi normale extrait de Hyfran.

Taille (n)	36
Moyenne (μ)	364.94
Ecart type (σ)	93.373
I.C (en%)	95

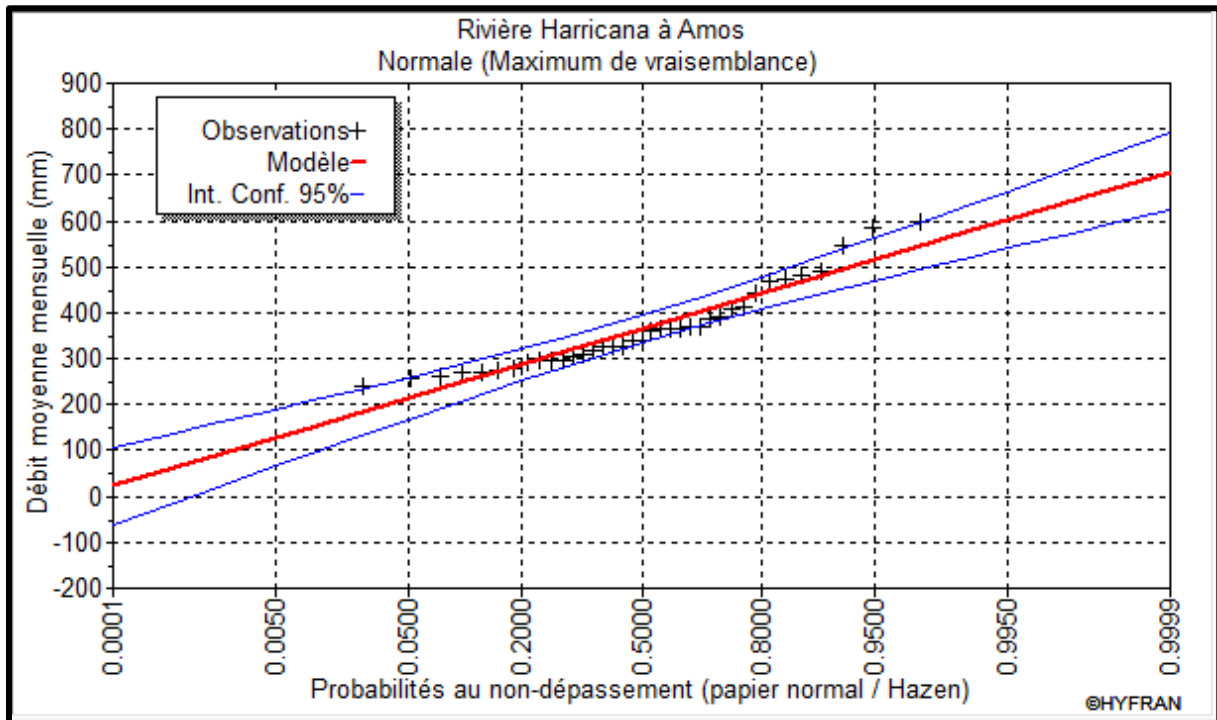


Figure IV.1. Ajustement à la loi normale.

IV.3.2. Ajustement à Loi de Gauss ou log-normale (Galton) :

Si une variable est le résultat de la multiplication d'un grand nombre de petits facteurs indépendants, elle peut être modélisée par une loi log-normale. La fonction de distribution de la loi log-normale est représentée par :

$$F(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp - \frac{1}{2} \left[\frac{x-\mu}{\sigma} \right]^2 \quad x \in [x_0, +\infty[$$

Les caractéristiques de la loi log normale tirées du logiciel Hyfran sont présentées dans le tableau suivant :

Tableau IV.4. Caractéristiques de la loi log-normale extrait de Hyfran.

Taille (n)	36
Moyenne (μ)	364.94
Ecart type (σ)	88.96
I.C (en%)	95 %

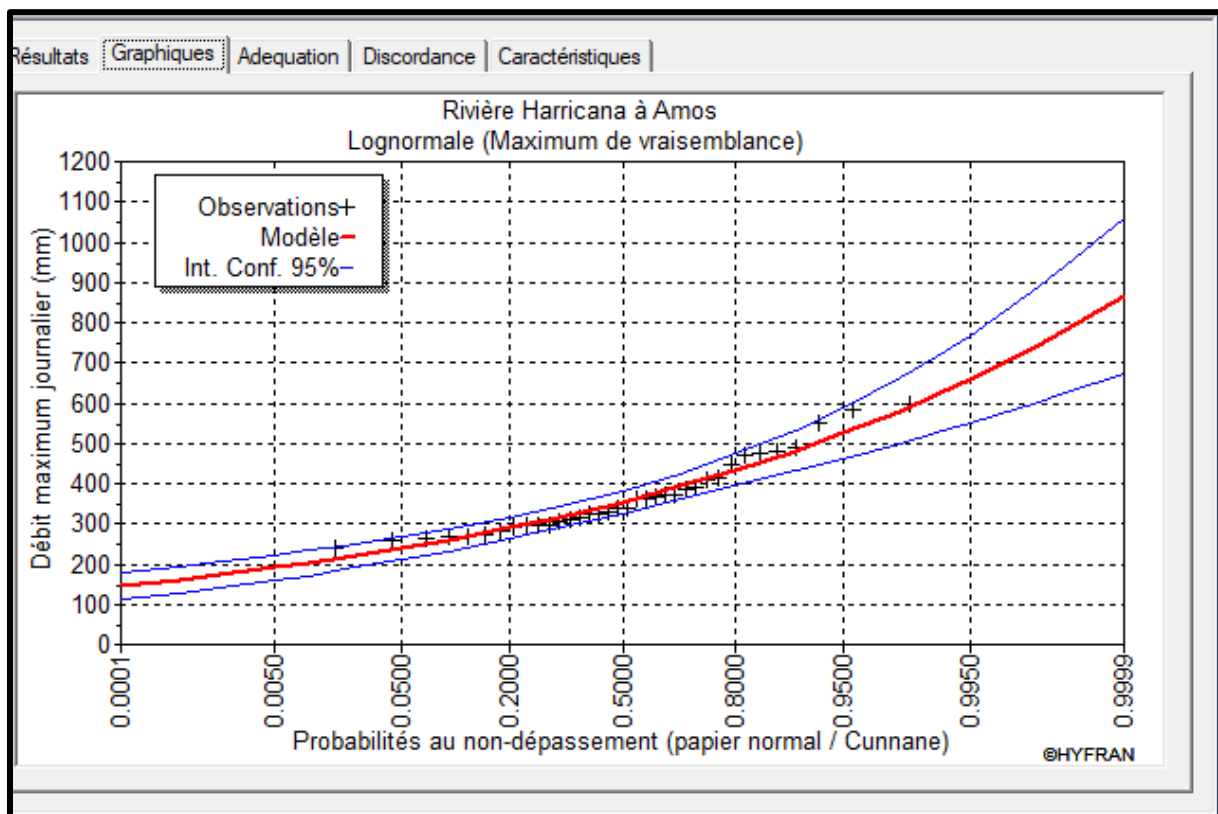


Figure IV.2. Ajustement à la loi log-normale.

IV.3.3. Test de validité de l'ajustement :

1. Test de Khi carrée :

- On calcule χ^2 calculé.
- On calcule le nombre de degré de liberté.
- On détermine χ^2 théorique sur la table de Pearson.

Avec : χ^2 théorique = $g(\gamma, \alpha)$

α : le seuil de signification.

γ : degré de liberté. $\gamma = k - m - 1$

La loi est adéquate pour une erreur $\alpha = 0.05$ si et seulement si : χ^2 calculé $<$ χ^2 théorique.

Chapitre IV. Etude hydrologique

Tableau IV.5. Table du khi 2.

p	0.010	0.025	0.050	0.100	0.250	0.500	0.750	0.900	0.950	0.975	0.990
1	0.000	0.001	0.004	0.016	0.102	0.455	1.32	2.71	3.84	5.02	6.63
2	0.020	0.031	0.103	0.211	0.575	1.39	2.77	4.61	5.99	7.38	9.21
3	0.115	0.216	0.352	0.584	1.21	2.37	4.11	6.25	7.81	9.35	11.3
4	0.297	0.484	0.711	1.06	1.92	3.36	5.39	7.78	9.49	11.1	13.3
5	0.554	0.831	1.15	1.61	2.67	4.35	6.63	9.24	11.1	12.8	15.1
6	0.872	1.24	1.64	2.20	3.45	5.35	7.84	10.6	12.6	14.4	16.8
7	1.24	1.69	2.17	2.83	4.25	6.35	9.04	12.0	14.1	16.0	18.5
8	1.65	2.18	2.73	3.49	5.07	7.34	10.2	13.4	15.5	17.5	20.1
9	2.09	2.70	3.33	4.17	5.90	8.34	11.4	14.7	16.9	19.0	21.7

D'après le logiciel HYFRAN on a obtenu les résultats suivants :

1. Pour la loi normale

χ^2 calculé=13.33 $\gamma =5$ D'après la table de Pearson du χ^2 on a :

χ^2 théorique = 11.1

χ^2 calculé =13.33 > χ^2 théorique= 11.1

2. Pour la loi log-normale :

χ^2 calculé=9.33 $\gamma =5$ D'après la table de Pearson du χ^2 on a :

χ^2 théorique = 11.1

χ^2 calculé =9.33 < χ^2 théorique= 11.1 Donc l'ajustement log-normal est à considérer.

IV.4. Détermination de l'année de calcul :

L'objectif de la détermination de l'année de calcul est d'estimer la quantité de pluie exploitable par la plante. En utilisant les résultats trouvés lors de l'ajustement précédent, représentés dans le tableau ci-dessous, on peut calculer la pluie moyenne mensuelle avec une fréquence de 80 %.

Chapitre IV. Etude hydrologique

Tableau IV.6. Ajustement à la loi de log-normale.

T= 1/q	q = F(X) (probabilité au non-dépassement)				
Période Retour	Fréquence	Quantile	Ecart-type	Intervalle de confiance (95%)	
10	0.9	482.31	26.24	430.42	590.26
5	0.8	433.89	20.29	394.09	473.68
2	0.5	354.45	14.19	326.61	382.28
1.25	0.2	289.55	13.54	263.00	316.11

La pluie moyenne mensuelle de fréquence 80% est calculé par la formule suivante :
IV.2

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

Avec :

$$P_{\text{théorique (80\%) annuelle}} = 289.55.$$

$$P_{\text{théorique (50\%) annuelle}} = 354.45.$$

Tableau IV.7. Précipitations moyennes mensuelles de l'année de calcul.

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août
Pmoy	39.73	31.1	30.58	29.57	35.59	24.96	35.86	35.02	39.88	23.81	12.16	26.68
Pmoy 80%	32.57	25.5	25.07	24.25	29.18	20.46	29.4	28.71	32.7	19.52	9.97	21.87

IV.5. Conclusion

Avec une pluviométrie moyenne d'environ 365 mm par an, L'irrigation doit être une application nécessaire pour compléter les faibles apports de précipitations naturelles pendant la période sèche, et pour assurer le bon développement des cultures, et d'obtenir de meilleurs rendements.

Chapitre V
Calcul le besoin en eau des cultures.

Chapitre V. Calcul le besoin en eau des cultures

V.1.Introduction

L'eau joue un rôle essentiel dans la croissance des plantes. Si elle manque surtout dans la perspective du changement climatique, elle cause une perturbation dans l'assurance de la production végétale.

Donc, le besoin d'eau d'une culture pendant une période spécifique correspond à la quantité d'eau requise pour compenser les pertes d'eau causées par l'évaporation pendant cette période.

V.2. Choix des cultures :

Il est essentiel de trouver un équilibre entre les critères suivants lors de la sélection des cultures à développer : les conditions climatiques de la région étudiée, la qualité et la disponibilité de l'eau d'irrigation et la capacité à cultiver les sols en se basant sur l'analyse pédologique.

Dans notre cas et pour effectuer l'irrigation à partir des eaux épurées, il faut tenir compte aux normes et aux régulations des eaux et cultures apportées par l'Etat algérienne comme l'indique l'Arrêté interministériel du 8 Safar 1433 correspondant au 2 janvier 2012 fixant la liste des cultures pouvant être irriguées avec des eaux usées épurées. et qui contient le tableau suivant :

Tableau V.1. Liste des cultures pouvant être irriguées avec des eaux usées épurées.

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

Source : Journal officiel de la République algérienne démocratique et populaire (Année2012).

Voici quelques renseignements à prendre en compte :

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

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

V.2.1. Occupation des sols :

La principale activité agricole, actuelle du périmètre étudié de la plaine de Tébessa est la céréaliculture qui vient en tête avec approximativement un pourcentage de plus de 80% de la S.A.U (superficie agricole utile), les cultures fourragères représentées par l'avoine et les légumineuses (fèves, lentilles, pois chiches) sont peu pratiquées et n'occupent que de petites parcelles peu remarquées à l'Est de la zone.

Les cultures pérennes se composent essentiellement par des noyers. Les vergers du noyer, d'amandiers sont situés au Sud-ouest du périmètre sur des sols calcimagnésiques (rendzines) mais leur état est moyen pendant les premières années pour être médiocre au fur et à mesure que le verger vieillit.

La plus grande partie des terres agricoles de la plaine étudiée sont occupées principalement par la céréaliculture et dépendent quasiment des précipitations. Les rendements sont moyens voire médiocres ne dépassant guère les 10 qx/ha.

Tableau V.2: Occupation du sol par les cultures (situation projetée).

Cultures	Pourcentage%	Surface en ha
Blé dur	25	75
Avoine	25	75
Orge grain	10	30
Sorgho	10	30
Maïs fourrager	5	15
Le noyer	25	75
Total	100	300

Chapitre V. Calcul le besoin en eau des cultures

Tableau V.3. Cycle végétal des cultures choisies.

Culture/Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août	
Blé			-----										
Avoine		-----											
Orge grain		-----											
Sorgho							-----						
Maïs fourrager									-----				
Le noyer	-----												

V.3. Besoins en eau des cultures :

C'est la quantité d'eau dont une culture a besoin pour répondre à ses besoins en eau tout au long de son cycle végétatif. On les calcule en prenant en considération la pluie moyenne utile, ainsi que, le cas échéant de la pré-irrigation et le stockage d'eau dans le sol. Cependant, cette quantité ne prend pas en compte les différentes pertes subies lors des stockages, des transports et de la distribution, ainsi que les besoins de lessivage.

V.3.1. Evaluation des besoins en eau des plantes cultivées :

Le besoin en eau est calculé en utilisant la formule suivante :

$$B = ETM - (P_{eff} + K \times RFU_{i-1})$$

Tel que :

B : besoin en eau d'irrigation (mm).

ETM : évapotranspiration (mm/mois).

K : coefficient qui dépend des conditions climatologiques

P_{eff} : pluie efficace

RFU_{i-1} : c'est la réserve facilement utilisable par les cultures.

V.2

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

Y : degré de tarissement.

Da : densité apparente (Da=1.45).

Z : profondeur d'enracinement mm.

Hcc : humidité à la capacité au champ, on prend 24%.

Hpf : humidité au point de flétrissement, on prend 12%.

V.3.2. Calcul de l'évapotranspiration maximale :

On vient de constater que l'atteinte de l'ETP ne peut être réalisée que si aucune contrainte autre que l'énergie n'est présente. Il est courant dans les zones humides, avec une énergie incidente limitée, mais cela n'est pas généralement le cas. Ainsi, pour calculer l'ETM, il est nécessaire d'inclure les différentes causes de limitation (physiques ou biologiques) (Baldy,1977).

$$ETM = K_c \times ET_0$$

Tel que :

ETM : évapotranspiration (mm/mois).

K_c : coefficient culturale.

ET_0 : L'évapotranspiration de référence.

V.3.3. Calcul de l'évapotranspiration potentielle :

Ainsi, l'évapotranspiration potentielle correspond à la limite énergétique de la transformation de l'eau liquide en vapeur lorsque aucune autre cause n'entrave le processus, c'est-à-dire lorsque l'énergie incidente est le facteur limitant (Baldy,1977).

- **Formule Modifiée de Penman_Monteith :**

$$ET_0 = \frac{0.4088\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{c_{te}}{T+273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34u_2)}$$

Tel que :

ET_0 : évapotranspiration de référence [mm jour⁻¹],

R_n : rayonnement net à la surface de la culture [MJ m⁻² jour⁻¹],

G : densité de flux de chaleur dans le sol [MJ m⁻² jour⁻¹],

T : température journalière moyenne de l'air à une hauteur de 2 m [°C]

u_2 : vitesse du vent à une hauteur de 2 m [m s⁻¹],

e_s : pression de vapeur saturante [kPa],

Chapitre V. Calcul le besoin en eau des cultures

ea : pression de vapeur réelle [kPa],

D : pente de la courbe de pression de vapeur saturante [kPa °C⁻¹],

g : constante psychométrique [kPa °C⁻¹].

Pour l'exécution des calculs, nous avons appliqué le logiciel **CROPWAT**, où nous avons introduit les données mensuelles de la station météorologique de Tébessa :

- ❖ Température.
- ❖ Humidité.
- ❖ Insolation.
- ❖ Vitesse de vent.

Les résultats de l'évapotranspiration de référence ET₀ calculés à l'aide du logiciel **CROPWAT** sont récapitulés dans la figure ci-dessous:

Pays		Station					
Algérie		Tébessa					
Altitude	m.	Latitude	Longitude				
867		35.24 °N	8.07 °E				
Mois	Temp Min	Temp Max	Humidité	Vent	Insolation	Ray.	ET ₀
	°C	°C	%	km/jour	heures	MJ/m ² /jour	mm/mois
Janvier	0.7	10.5	70	388	6.1	10.1	53.38
Février	0.7	11.3	66	391	6.8	13.0	60.34
Mars	3.4	15.6	59	379	8.4	17.9	101.65
Avril	6.6	19.9	53	372	9.8	22.5	139.30
Mai	10.3	24.5	49	333	11.2	26.1	182.93
Juin	14.7	30.0	38	305	12.6	28.6	226.90
Juillet	18.0	34.1	31	293	12.8	28.6	265.41
Août	17.8	33.0	35	286	11.8	25.8	241.45
Septembre	14.4	27.5	51	295	10.1	20.9	166.37
Octobre	10.8	22.8	56	317	8.5	15.7	125.03
Novembre	5.3	15.5	66	360	6.9	11.3	72.62
Décembre	1.9	11.3	71	386	5.9	9.3	52.73
Moyenne	8.7	21.3	54	342	9.2	19.2	1688.13

Figure V.1. Calcul de l'ETP entrées dans le CROPWAT.

V.3.4. La pluie efficace :

La quantité enregistrée lors d'un épisode pluvieux donné n'est pas entièrement responsable de l'apport d'eau aux cultures. Une partie des précipitations peut être ruisseler, et une partie des précipitations qui s'infiltré dans le sol peut être drainée au-delà de la profondeur des racines. Selon Guyot (1998), la pluie efficace est définie comme la fraction résiduelle de l'eau de pluie qui est capturée par la végétation et stockée dans la zone racinaire afin d'être utilisée dans le processus d'évapotranspiration (Guyot cité par Sghaier,2010).

Chapitre V. Calcul le besoin en eau des cultures

$$Pe_{eff} = A * P_{80\%}$$

A : dépend des conditions naturelles de la région d'étude. En général, A est compris entre 0.7 et 0.9 dans notre cas on prend A égale à 0.8.

Tableau V.4. Les pluies effectives de la station de Tébessa.

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août
Pmoy 80%	32.57	25.5	25.07	24.25	29.18	20.46	29.4	28.71	32.7	19.52	9.97	21.87
Pe _{eff}	32,57	25,5	25,07	24,25	29,18	20,46	29,4	28,71	32,7	19,52	9,97	21,87

V.3.5. Calcul des besoins en eau d'irrigation des cultures :

Les calculs des besoins en eau de cultures choisit est détaillés dans les tableaux suivants :

Tableau V.5. Calcul des besoins en eau du Blé/Avoine.

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août
Pmoy 80%	32.57	25.5	25.07	24.25	29.18	20.46	29.4	28.71	32.7	19.52	9.97	21.87
Pe _{eff}	32,57	25,5	25,07	24,25	29,18	20,46	29,4	28,71	32,7	19,52	9,97	21,87
ET ₀	166.37	125.03	72.62	52.73	53.38	60.34	101.65	139.3	182.93	226.9	265.41	241.45
K _c			0.4	0.7	0.85	0.95	1.00	1.05	1.03	0.5		
ET _M			29.05	36.91	45.37	57.32	101.65	146.27	188.42	113.45		
Z (m)			0.3	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6		
RFU (mm)			26.10	43.50	43.50	52.20	52.20	52.20	52.20	52.20		
RSi-1			26.10	26.10	43.50	43.50	52.20	26.10	26.10	0		
B (mm)			0	0	0	0	25.93	97.20	136.16	97.83		
B (m ³ /ha)							259.3	971.97	136.58	978.34		

Tableau V.6. Calcul des besoins en eau de l'Orge grain.

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août
Pmoy 80%	32.57	25.5	25.07	24.25	29.18	20.46	29.4	28.71	32.7	19.52	9.97	21.87
Pe _{eff}	32,57	25,5	25,07	24,25	29,18	20,46	29,4	28,71	32,7	19,52	9,97	21,87
ET ₀	166.37	125.03	72.62	52.73	53.38	60.34	101.65	139.3	182.93	226.9	265.41	241.45
K _c			0.5	0.7	0.85	0.95	0.85	0.75	0.75			

Chapitre V. Calcul le besoin en eau des cultures

ETM			36.31	36.91	45.37	57.32	86.41	104.48	137.2			
Z (m)			0.3	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6	0.6			
RFU (mm)			26.10	43.50	43.50	52.20	52.20	52.20	52.20			
RSi-1			26.10	26.10	43.50	43.50	52.20	26.10	26.10			
B (mm)			0	0	0	0	10.68	55.41	84.94			
B (m3/ha)							106.83	554.07	849.38			

Tableau V.7. Calcul des besoins en eau du Sorgho.

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août
Pmoy 80%	32.57	25.5	25.07	24.25	29.18	20.46	29.4	28.71	32.7	19.52	9.97	21.87
Peff	32,57	25,5	25,07	24,25	29,18	20,46	29,4	28,71	32,7	19,52	9,97	21,87
ET0	166.37	125.03	72.62	52.73	53.38	60.34	101.65	139.3	182.93	226.9	265.41	241.45
Kc							0.45	0.55	1.15	0.75		
ETM							45.74	76.62	210.37	170.18		
Z (m)							0.6	0.8	1	1		
RFU (mm)							52.20	69.60	87.00	87.00		
RSi-1							52.20	52.20	34.8	0		
B (mm)							0	1.45	149.41	154.56		
B (m3/ha)								14.47	1494.10	1545.59		

Tableau V.8. Calcul des besoins en eau du maïs fourrager.

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août
Pmoy 80%	32.57	25.5	25.07	24.25	29.18	20.46	29.4	28.71	32.7	19.52	9.97	21.87
Peff	32,57	25,5	25,07	24,25	29,18	20,46	29,4	28,71	32,7	19,52	9,97	21,87
ET0	166.37	125.03	72.62	52.73	53.38	60.34	101.65	139.3	182.93	226.9	265.41	241.45
Kc								0.45	0.55	1.15	0.9	
ETM								62.69	100.61	260.94	238.87	
Z (m)								0.60	0.80	1.00	1.00	

Chapitre V. Calcul le besoin en eau des cultures

RFU (mm)								52.20	69.60	87.00	87.00	
RSi-1								26.10	52.20	34.80	0	
B (mm)								13.62	22.25	210.52	230.89	
B (m3/ha)								136.17	222.52	2105.19	2308.93	

Tableau V.9. Calcul des besoins en eau du Noyer.

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août
Pmoy 80%	32,57	25,5	25,07	24,25	29,18	20,46	29,4	28,71	32,7	19,52	9,97	21,87
Peff	26,056	20,4	20,056	19,4	23,344	16,368	23,52	22,968	26,16	15,616	7,976	17,496
ET0	166,37	125,03	72,62	52,73	53,38	60,34	101,65	139,3	182,93	226,9	265,41	241,45
Kc	0,65	0,5	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,5	0,5	0,65	0,7	0,7
ETM	108,1405	62,515	21,786	15,819	16,014	18,102	30,495	69,65	91,465	147,485	185,787	169,015
Z (m)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	10
RFU (mm)	229,68	229,68	229,68	229,68	229,68	229,68	229,68	229,68	229,68	229,68	229,68	1148,4
RSi-1	0	114,84	114,84	229,68	229,68	229,68	229,68	114,84	114,84	12,76	0	0
B (mm)	82,0845	72,725	113,11	233,261	237,01	227,946	222,705	68,158	49,535	119,109	177,811	151,519
B (m3/ha)	820,845									1191,09	1778,11	1515,19

Tableau V.10. Le besoin en de la culture le plus exigeante.

Culture	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août
Blé							25.93	97.197	136.158	97.834		
Avoine							25.93	97.197	136.158	97.834		
Orge grain							10.683	55.407	84.938			
Sorgho								1.447	149.41	154.56		
Mais fourrager								13.62	22.25	210.52	230.89	
Noyer	82,08									119,10	177,81	151,51
Totale	82,08						62,54	264,87	528,92	679,85	408,7	151,51

V.3.6. Calcul du débit spécifique :

On établit les débits spécifiques en fonction des besoins en eau de chaque culture, qui ont été évalués auparavant en fonction de la répartition culturale.

$$q_s = \frac{B_{net} \times 10 \times 1000}{N_j \times N_i \times E_i}$$

Bnet : besoin net du mois de pointe en mm/mois.

Ni : nombre des heures d'irrigation=24h

Nj : nombre de jours du mois de pointe =30 jours

Ei : Efficience d'irrigation

A.N:

$$q_s = \frac{679.85 \times 10 \times 1000}{30 \times 24 \times 3600 \times 0.75} = 3.49 \text{ l/s/ha}$$

En raison de l'importance du débit spécifique calculé, il existe un risque de surdimensionnement. Pour y remédier, on utilise le débit spécifique moyen des cultures les plus exigeantes, on prend *Bnet* égale à 230.89 pour la culture maïs fourragère qui est la plus exigeante.

$$q_s = \frac{230.89 \times 10 \times 1000}{30 \times 24 \times 3600 \times 0.75} = 1.19 \text{ l/s/ha}$$

Le débit spécifique est largement inférieur à 1.5 l/s/ha donc la sélection de ce débit demeure valide.

V.3.8. Evaluation du débit caractéristique :

Le débit maximum que le système de desserte devra fournir pour l'irrigation de chaque parcelle est déterminé en multipliant le débit de pointe par la surface agricole utile.

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

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

S : la superficie nette à irriguer = 300 ha.

A.N:

$$Q_{car} = 1.19 \times 300 = 357 \text{ l/s}$$

$$Q_{car} = 0.36 \text{ m}^3/\text{s}.$$

Chapitre V. Calcul le besoin en eau des cultures

Donc notre débit caractéristique pour fournir au mois le plus sèche pour la culture le plus exigeante est de $0.36 \text{ m}^3/\text{s}$.

V.4. Estimation des besoins en eau totaux du secteur :

Il est essentiel de connaître les volumes totaux d'irrigation, car cela permet de prévoir les quantités d'eau stockées dans la réserve et de réaliser un calendrier d'arrosage plus efficace mais aussi pour connaître si notre STEP des eaux usées produire des quantités suffisantes pour l'irrigation de la totalité du périmètre agricole (300 ha).

Tableau V.11. Les besoins en eau totaux du secteur.

Cultures	Surface (ha)	Bnet (m3/ha)	Efficiencie	B brute (m3/ha)	Besoins Totaux (m3)
Blé	75	3571.19	0.75	4761.57	357117.75
Avoine	75	3571.19	0.75	4761.57	357117.75
Orge grain	30	1510.27	0.75	2013.69	60410.7
Sorgho	30	3054.16	0.75	4072.21	122166.3
Maïs fourrager	15	4772.8	0.75	6363.73	95455.95
Noyer	75	3505.0	0.75	7073.33	530500.00
Total					1522768.45

Il est observé que la quantité totale d'eau nécessaire dans notre périmètre est de 1,5 Mm³. Il est possible de calculer ce volume en utilisant la STEP de Ain Zerrouk, car le volume de l'eau épurée produite en une année est de 17.5 Mm³, pour un débit nominal de 48 000 m³/j.

V.5.Conclusion

Dans ce chapitre nous avons estimé les besoins des cultures. Les cultures ont été sélectionnées en prenant en compte divers éléments tels que les conditions pédologiques et climatiques, ainsi que la qualité de l'eau utilisée pour l'irrigation. La méthode de Penman est utilisée pour estimer les besoins en eau de chaque culture en utilisant l'évapotranspiration.

Finalement, nous avons calculé les quantités d'eau nécessaires à l'irrigation pendant la période de croissance afin de garantir aux plantes un approvisionnement hydrique adéquat et constant.

Chapitre VI
Etude système d'adduction.

Chapitre VI. Etude système d'adduction

VI.1. Introduction

L'objectif de ce chapitre est d'identifier les spécificités des différentes structures requises pour acheminer les quantités d'eau préalablement définies jusqu'à la parcelle d'irrigation, assurant ainsi la répartition des eaux entre les plantes. Le but de cette approche est de rediriger efficacement l'eau depuis la source (STEP de Ain Zerrouk Tébessa) vers le périmètre agricole aménagé.

VI.2. Etude de pompage :

Pour fournir de l'eau à la zone il faut mettre en place un système de pompage qui servira à alimenter le réservoir principal d'irrigation ce système sert à maintenir la pression et régulariser les variations de débit sortant de la STEP pour garantir un flux constant.

VI.2.1. Généralité sur les pompes :

Une pompe est un appareil pour déplacer l'eau d'un niveau bas à niveau haute, il existe deux catégories de pompe : pompe volumétrique pour les eaux chargées et les turbopompes, ce dernier est destiné à refouler les eaux claires (eaux épurées), On distingue 3 catégories de turbopompes :

1. **Les pompes centrifuges** : Sont également connues sous le nom des pompes à écoulement radial, Elles offrent une solution parfaite pour élever les débits faibles à des altitudes élevées.
2. **Les pompes axiales** : Elles ressemblent à des hélices, elles sont idéales pour augmenter les débits à des hauteurs de faible altitude.
3. **Les pompes semi-axiales** : Elles sont développées pour élever des débits considérables sur des hauteurs basses.

VI.2.2. Choix de tracé :

Le choix de la station de pompage a été conditionné par les contraintes suivantes :

- la nature juridique de terrain ;
- Délimitation du périmètre d'irrigation par rapport au site de la STEP ;
- le site des bassins de stockage.

Le choix de réservoir d'irrigation a été également fait en se basant sur la topographie de la région pour avoir une pression de 5 à 4 bars en amont de tête de secteur T.S pour protéger ses équipements hydrauliques et assurer le bon fonctionnement de réseau de distribution.

VI.2.3. Ouvrage hydraulique à projeter :

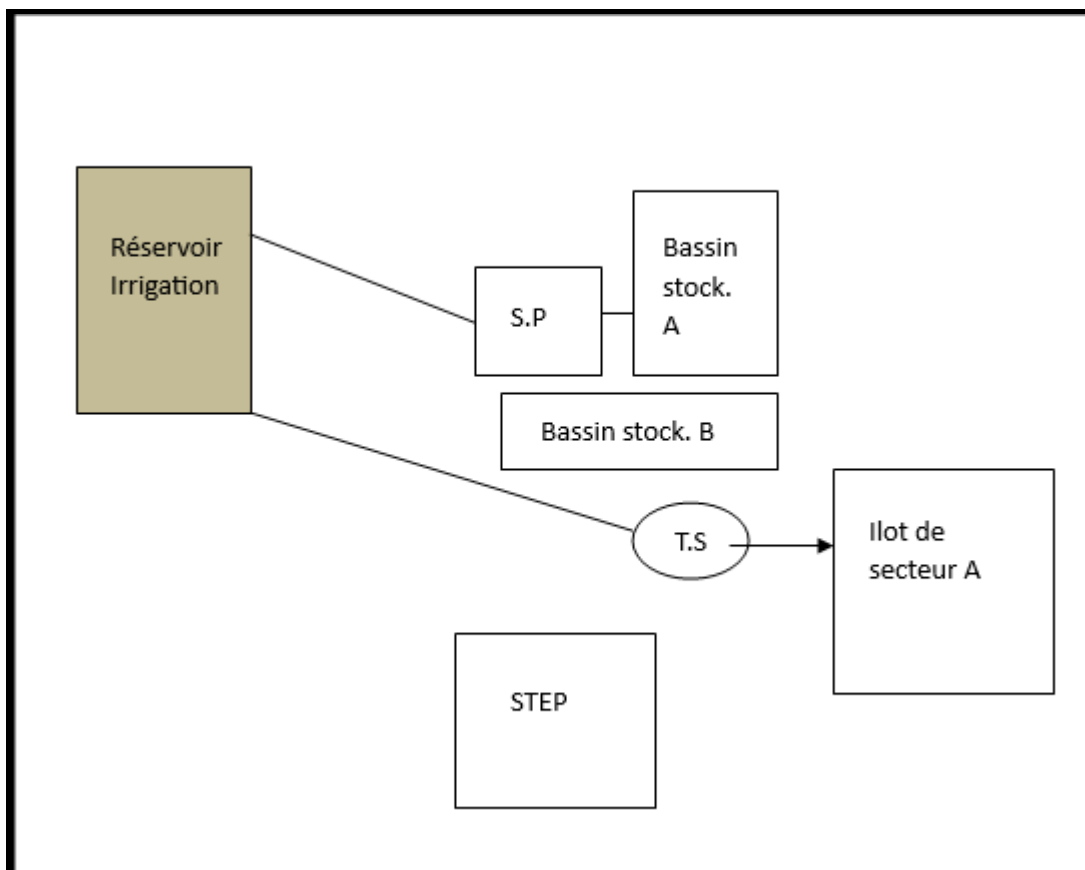
A partir de la STEP de Tébessa les eaux épurées seront acheminées gravitairement vers des bassins de stockage (A : 140 000 m³, B : 60 000 m³). A côté des bassins de stockage, une station de pompage SP sera projetée (en aval de la STEP de Tébessa) pour refouler les eaux vers un réservoir d'irrigation.

A partir du réservoir d'irrigation, les eaux épurées seront transportées gravitairement dans une conduite d'adduction en parallèle avec la conduite de refoulement vers les réseaux de distribution de chaque îlot du périmètre d'irrigation.

Chapitre VI. Etude système d'adduction

Tableau VI.1. Données générales sur le réseau d'adduction.

Bassin de stockage :	
Côté plan d'eau min	772.25 m
Côté plan d'eau max	776.25 m
Réservoir d'irrigation :	
Cote terrain	816 m
Distance à partir de S.P	1228 m
Hauteur d'eau max (h)	5m
Tête de secteur :	
Cote terrain	778 m



Figures VI.1. Schéma simplifié sans dimensions de réseau d'adduction.

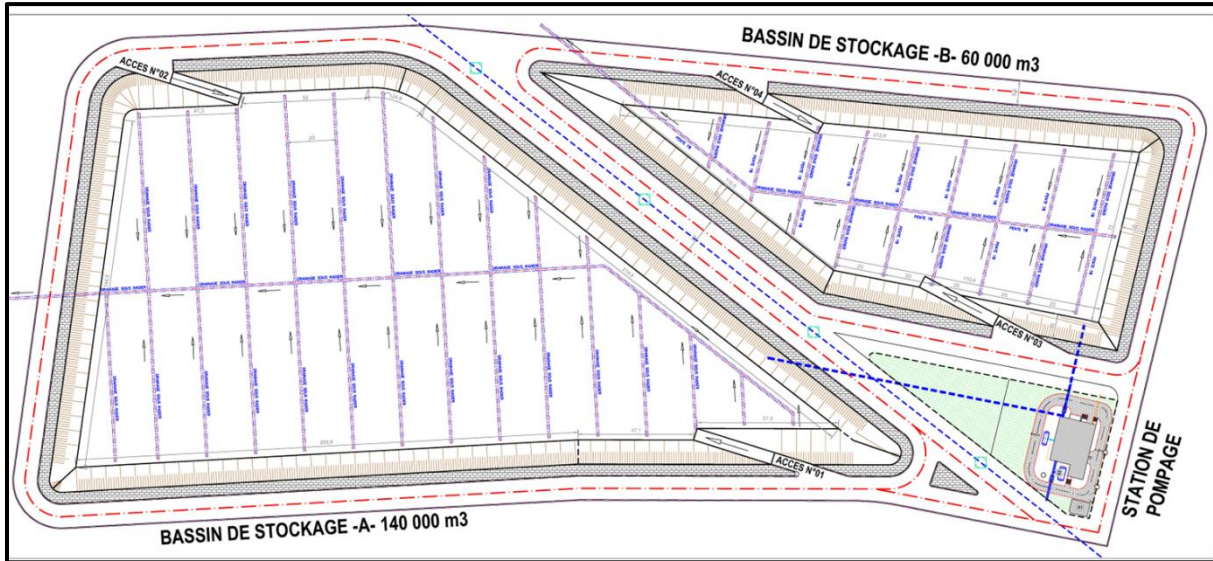
VI.2.3.1. Bassins de stockage :

Les bassins de stockage dans le dimensionnement est la résultante de la confrontation entre les volumes des besoins en eau d'irrigation et ceux pouvant être alloués à partir de la STEP, Ils sont dimensionnés afin de stocker les volumes excédentaires des eaux épurées produites par la station de lagunage et pour combler le déficit d'eau des besoins d'irrigation constaté de l'année.

A l'aval de la STEP de Tébesa la projection de deux grands bassins de stockage A et B, le premier bassin (A) d'une capacité de 3000 m³ et le deuxième bassin (B) d'une capacité de 1000

Chapitre VI. Etude système d'adduction

m^3 est nécessaire pour combler le déficit reconnu dans les mois de pointes par l'excès d'eau des mois hivernales.



Figures VI.2. Bassin de stockage des eaux épurées.

VI.2.3.2. Station de pompage :

On va dimensionner les conduites d'aspiration, de refoulement et choisir le nombre de pompe adéquat pour refouler notre débit suivant les étapes ci-dessous :

a) Calcule le débit de refoulement :

$$Q_{ref} = (1 - \alpha) \times Q_{car}$$

α : coefficient de correction qui prend en compte les pertes dans le réseau (raccordement, clapet...), on prend $\alpha=5\%$.

$$\Rightarrow Q_{ref}=0.38 \text{ m}^3/\text{s}.$$

b) Estimation de diamètre économique de refoulement :

Formule de Bonin : $D_{app} = \sqrt{Q_{ref}}$

$$\text{A.N: } D_{app} = \sqrt{0.38} = 616 \text{ mm}.$$

On choisit le PEHD comme matériau de notre conduite grâce à ses avantages de résister aux impacts et sa flexibilité et durabilité. Pour déterminer le diamètre économique de refoulement il faut faire une étude technico-économique qui se résume comme suivant :

• **Calcul la hauteur manométrique totale d'élévation :**

$$\text{HMT} = (\text{Ha} + \text{Href}) + \text{J} + \text{Pr}$$

Tel que :

HMT : Hauteur manométrique totale en (m).

Ha : Hauteur d'aspiration.

Chapitre VI. Etude système d'adduction

Href : Hauteur de refoulement.

Hg : Hauteur géométrique, on a $Hg=H_a+H_{ref}$.

J : Perte de charge.

Pr : Pression résiduelle, pression à la sortie du tube de refoulement (0.5-1.5m), on prend 0.5.

Donc :

$H_g=46.75$ m.

$J=1.46$ m.

$HMT=48.71$ m.

- **Calcul des frais d'amortissement :**

$$F_{am}=P_u \times A \times L_{ref}$$

Avec :

P_u : prix du mètre linéaire de conduite.

L_{ref} : longueur de la conduite de refoulement.

A : coefficient d'amortissement et sa formule est le suivant :

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

i : le taux d'annuité (i=8%).

n : Durée de l'amortissement de conduite (n=30 ans).

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

$$F_{exp} = E \times e.$$

E: Énergie totale dépensée par la pompe (Kwh).

e : Prix unitaire d'un Kwh (e=4.67 DA).

- **La puissance absorbée par la pompe :**

$$P = \frac{\rho \times g \times Q \times HMT}{\eta}$$

η : le rendement de la pompe en %.

Q : débit refoulé par la pompe en m³/s.

g : accélération due à la pesanteur (g=9.81 m/s²)

ρ : Masse volumique de l'eau en kg/m³.

Chapitre VI. Etude système d'adduction

- **Energie consommée par la pompe :**

$$E = P \times t \times 365$$

t : Temps de fonctionnement de la pompe en heures (t=20 h).

P : la puissance absorbée par la pompe en Kw.

- **Calcul perte de charge :**

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

C_{HW} : coefficient de Hazen william.

D : Diamètre de conduite de refoulement en m.

Q : Débit à refouler en m^3/s .

L : longueur de refoulement.

Perte de charge linéaire : $\Delta h_l = J \times L$

Perte de charge singulière : $\Delta h_s = 10\% \times \Delta h_l$

Perte de charge totale : $\Delta H = \Delta h_l + \Delta h_s$.

Tableau VI.2. Frais d'investissement des conduites de refoulement en fonte.

Diamètre	Lref(m)	Prix du ml	A	Finv
400	1228	8140	0.088	879640,96
500	1228	10180	0.088	1100091,5
600	1228	12950	0.088	1399428,8
700	1228	16800	0.088	1815475,2

Tableau VI.3. Frais d'exploitation des conduites de refoulement en fonte.

Diamètre	Q_{ref}	Lref	V	ε	λ	Δh_l	Δh_s	ΔH	Hg	HMT	P (Kwh)	E	Fexp
400	0.38	1228	3,03	0.01	0,0095	13,62	1,36	14,99	46,75	61,74	306,86	2240053,33	10461049,07
500	0.38	1228	1,94	0.01	0,0092	4,30	0,43	4,73	46,75	51,48	255,89	1867971,74	8723428,01
600	0.38	1228	1,34	0.01	0,0089	1,68	0,17	1,85	46,75	48,60	241,54	1763249,10	8234373,31
700	0.38	1228	0,99	0.01	0,0087	0,76	0,08	0,83	46,75	47,58	236,51	1726499,93	8062754,69

Chapitre VI. Etude système d'adduction

Tableau VI.4. Bilan des frais d'exploitation et d'investissement.

Diamètre	F _{inv}	F _{exp}	Bilan
400	879640,96	10461049,07	11340690
500	1100091,5	8723428,01	9823519,53
600	1399428,8	8234373,31	9633802,11
700	1815475,2	8062754,69	9878229,89

On opte pour le diamètre D=600 mm dont la vitesse $V_{ref}=1.34$ m/s qui est admissible car elle est entre $1 \text{ m/s} < V_{ref} < 2 \text{ m/s}$.

c. Choix des caractéristiques des pompes :

• Choix de nombre de pompe :

Il y'a plusieurs critères du choix de nombre de pompes à refouler le débit nécessaire pour irriguer notre périmètre tel que :

- Nombre minimum de pompes.
- Rendement maximal.
- $[NPSH]_r$ Minimale.
- Puissance absorbée minimale.

En générale le choix de nombre de pompe suivre les règles ci-après :

$$Q < 0.5 \quad m^3/s \quad (2-3) \text{ pompes}$$

$$Q = 0.5 \sim 1 \quad m^3/s \quad (3-5) \text{ pompes}$$

$$Q > 1 \quad m^3/s \quad (4-6) \text{ pompes}$$

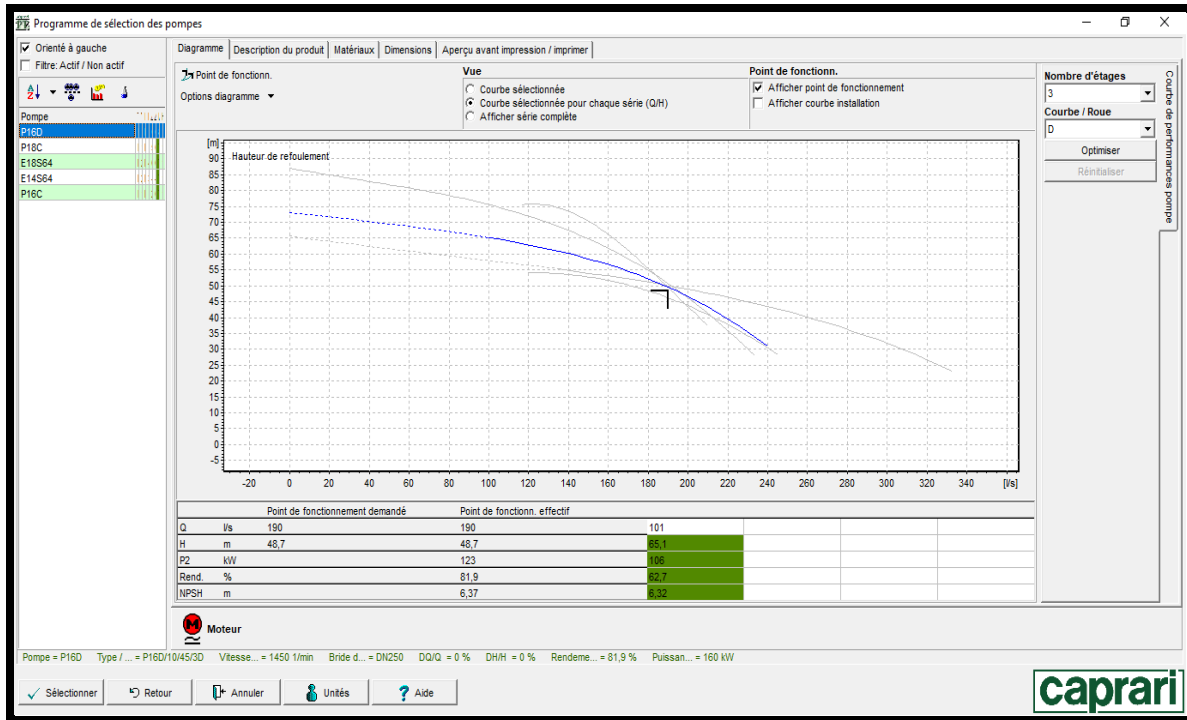
Dans notre étude on utilise la logiciel CAPRARI pour le choix de nombre de pompes, les résultats sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau VI.4. Choix de pompes par le logiciel CAPRARI.

Nombre de pompe	Débit		HMT	Puissance		Rendement	NPSHr (m)	N
	Pour une pompe	Pour toutes les pompes						
1	-	-	-	-	-	-	-	
2	190	380	48.7	123	246	81.9	6.37	1450
3	138	414	49.1	79.8	239.4	84.7	7.66	1450
4	95	380	48.7	61.9	247.6	79.1	5.65	1450
5	76	380	48.7	50.7	253.5	78.8	4.56	1450

Chapitre VI. Etude système d'adduction

Donc selon les résultats du tableau on choisit 2 pompes et une pompe auxiliaire.



Figures VI.3. Choix de pompe en utilisant le logiciel CAPRARI.

d. Estimation de conduite d'aspiration :

Pour dimensionner la conduite d'aspiration on choisit un diamètre $D_a=450$ mm d'aspiration supérieur au diamètre $d_a=400$ mm de tubulure d'aspiration d'une seule pompe et on utilise la formule ci-dessous pour calculer la vitesse d'aspiration :

$$V_{asp} = \frac{4 \times Q_{1p}}{\pi \times D_a^2}$$

A.N:

$$V_{asp} = 4 \times 0.190 / 3.14 \times 0.45^2 = 1.19$$

Donc on a $0.5 < V_{asp} < 1.5$ est admissible pour la choix de PEHD comme matériaux et le nombre de conduite d'aspiration égale le nombre de pompes donc $N_{asp}=3$.

e. Protection d'installation :

• Protection contre la cavitation :

La cavitation est un phénomène inévitable dans les machines hydrodynamiques, et les bulles de cavitation bloquent le passage de l'écoulement du machines hydrodynamiques, réduisant les performances de la pompe et conduisant à une grande influence sur la stabilité opérationnelle (Luo cité par Liu et al,2020).

Pour éviter ce cas on vérifie que notre pompe suivre la condition suivante :

$$[NPSH]_d > [NPSH]_r + 0.5$$

En utilisant la formule suivante pour calculer $[NPSH]_d$:

$$[NPSH]_d = \frac{P_{atm}}{\rho g} - \frac{P_v}{\rho g} - Z_e - \Delta H_{asp} - \frac{V_{asp}^2}{2g}$$

Chapitre VI. Etude système d'adduction

Pour :

$$\Delta H_{asp} = 0.0604 \text{ m.}$$

$$Z_e = 2 \text{ m.}$$

$$D_{asp} = 450 \text{ mm.}$$

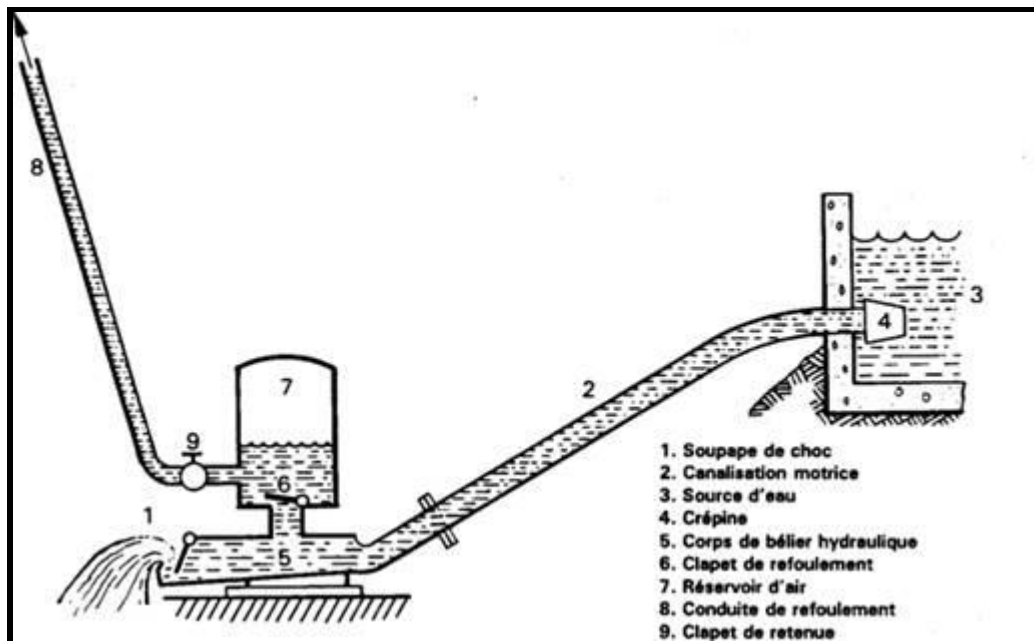
$$V_{asp} = 1.19 \text{ m/s.}$$

$$\text{On a } [NPSH]_d = 8.17 \text{ m.}$$

Donc $[NPSH]_d > 6.37 \text{ m}$, Alors notre installation de pompes est protégée contre la cavitation.

- **Protection contre anti-bélier (Méthode de Vibert) :**

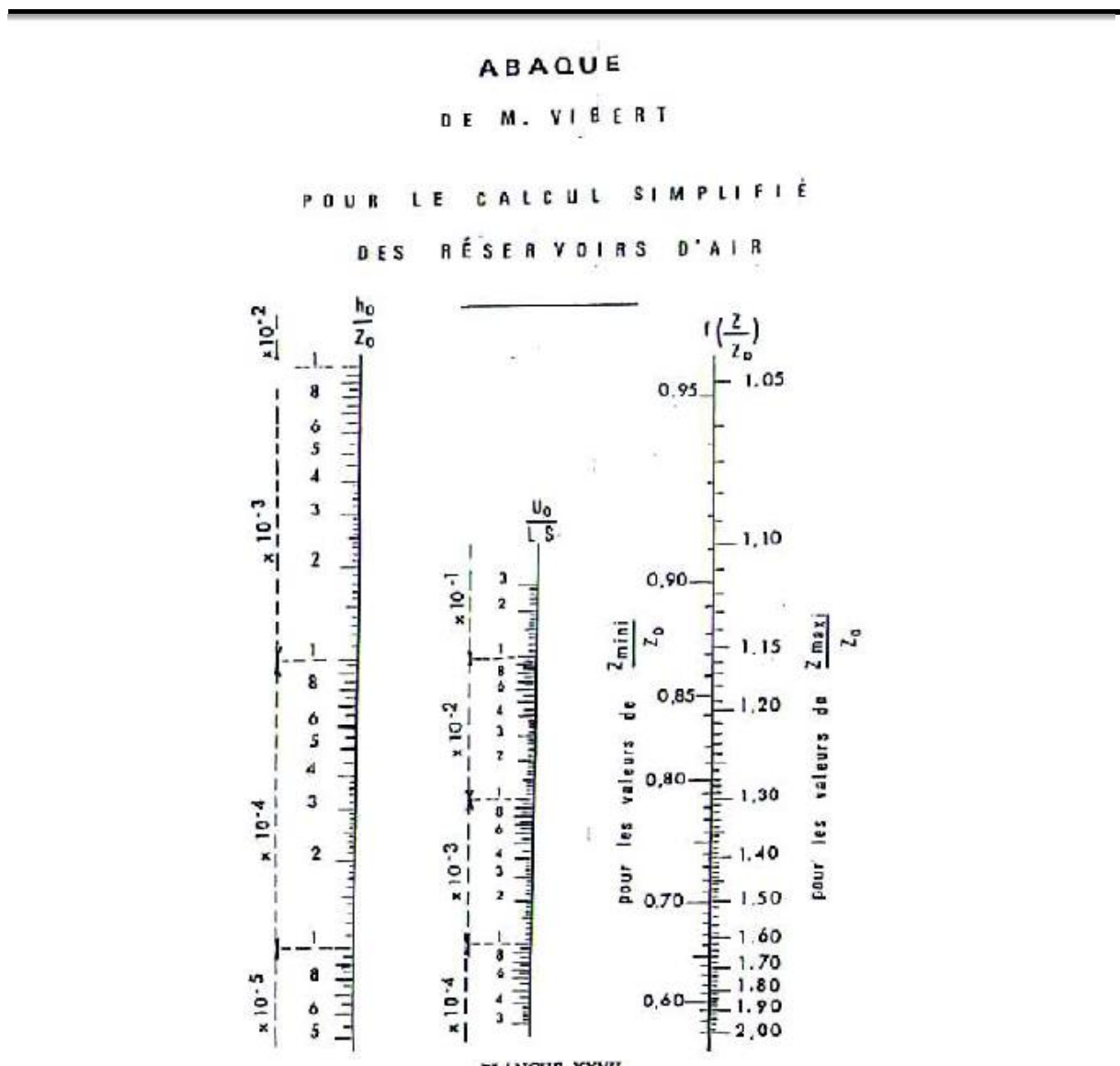
Pour la protection de l'installation hydraulique de station de pompage on opte pour un réservoir d'air anti bélier qui permet de diminuer les fluctuations de pression d'eau en absorbant et en dissipant les ondes de choc, ce qui diminue considérablement les risques de retour d'eau en grand célérité sous formes des ondes.



Figures VI.4. Schéma de réservoir d'air.

Vibert a mis en place une méthode pour estimer le volume maximal de réservoir d'air. Cette méthode suivre les étapes ci-dessous :

- ❖ $Z_0 = H_g + 10 = 56.75$
- ❖ $Z_{max} = P_n + 10 = 250 + 10 = 110 \text{ m.}$
- ❖ $\frac{Z_{max}}{Z_0} = 1.93$
- ❖ $h_0 = \frac{v_0^2}{2g} = 0.0915$
- ❖ $\frac{h_0}{Z_0} = 0.001612$



Figures VI.5. Abaque de Vibert (Volume de réservoir d'air).

D'après l'abaque de Vibert on trouve :

❖ $\frac{Z_{min}}{Z_0} = 0.57 \Rightarrow Z_{min} = 32.35$

❖ $\frac{u_0}{L \times S} = 0.009 \Rightarrow u_0 = 0.283 \times 1228 \times 0.009 = 3.13 \text{ m}^3$.

❖ $u_0 Z_0 = u_{max} Z_{min}$

❖ $u_{max} = \frac{u_0 Z_0}{Z_{min}} = 5.49 \text{ m}^3$.

❖ On major u_{max} par 20%:

$u_{max \text{ maj}} = 1.2 \times 5.49 = 6.58 \text{ m}^3$.

Finalement, on trouve que notre réservoir d'air est de 7 m^3 .

Chapitre VI. Etude système d'adduction

❖ Calcul de pression restante :

$$\text{Prest} = Z_{\text{min}} - 10 = 22.35$$

❖ Calcul de dépression :

$$\text{Dépression} = Z_0 - \text{Prest} = 34.4\text{m} > 0.$$

Donc l'installation est protégée contre les dépressions.

VI.2.3.3. Réservoir d'irrigation :

$$V = Q \times T$$

Avec :

V : Volume du réservoir.

Q : Débit caractéristique.

T : Temps de remplissage de réservoir (T=1h).

A.N:

$$V = 1 \times 0.36 \times 3600 = 1296 \text{ m}^3.$$

On prend :

$$V = 1500 \text{ m}^3.$$

On prend :

$$L = 20\text{m} \quad B = 15\text{m}.$$

VI.3. Réseau de distribution :

Dans cette partie de chapitre on veut organiser notre périmètre en îlots qui ne dépassent pas le 20 ha de superficie et qui a au maximum un nombre de quatre (4) parcelles ce qui va aider à la bonne gestion de notre périmètre la diminution de perte de charge.

VI.3.2. Îlots et bornes :

L'îlot d'irrigation est par définition la plus petite entité hydraulique desservie par une borne d'irrigation. Le projet a été conçu pour que la majorité des agriculteurs puissent disposer d'une prise d'eau et d'une pression suffisante pour la pratique du mode d'irrigation approprié.

Chaque îlot sera équipé d'une borne d'irrigation, implantée à une côte plus élevée de l'îlot afin d'assurer la pression au point le plus défavorable. Les bornes sont implantées en limite ou au centre de manière à pouvoir desservir plusieurs parcelles à partir de la même borne.

VI.3.3. Rôle de la borne d'irrigation :

La borne d'irrigation est un dispositif hydraulique qui fournit de l'eau sous pression. Son rôle principal est de réguler le débit et la pression de l'eau, ce qui permet la répartition adéquate des besoins en eau tout au long de la parcelle d'irrigation.

Chapitre VI. Etude système d'adduction

VI.3.4. Calcul du débit aux bornes :

Le débit de la borne est calculé selon la formule ci-dessous :

$$Q_b = q_s \cdot S$$

Avec :

Q_b : Débit de chaque îlot (l/s).

S : Superficie de l'îlot (ha).

q_s : Débit spécifique égale l/s/ha .

VI.3.4.1. Choix du type et diamètre de la borne :

Le choix du type de borne dépend généralement de la surface de l'îlot et du nombre de parcelles, généralement selon les critères suivants :

Tableau VI.5. Choix de type de borne (entrée/sortie) en fonction de la superficie des îlots.

Superficie/Parcelle	Type	Débit fourni (m3/s)	Entrée	Sortie
$S < 15$ ha / 2 parcelles	Type A2	$Q < 0.011$	1 Entrée 80,100	2 Sortie 65
$S < 15$ ha / 4 à 10 parcelles	Type A4	$Q < 0.011$	2 Entrée 80,100	4 Sortie 65
15 ha $< S < 2$ parcelles	Type B	$0.011 < Q < 0.022$	2 Entrée 80,100,125	2 Sortie 100
50 ha $< S$	Type C	$Q > 0.022$	2 Entrée 80,100,125	1 Sortie 100,150

Tableau VI.6. Choix du diamètre des bornes.

Débit fourni		Diamètre de la borne (mm)
m3/h	l/s	
$Q < 40$	< 11.11 l/s	65
$40 < Q < 80$	$11.11 < Q < 22.22$	100
$80 < Q < 120$	$22.22 < Q < 33.33$	150
$Q > 120$	$Q > 33.33$	200

Donc le choix des bornes de notre périmètre est détaillé dans le tableau suivant :

Chapitre VI. Etude système d'adduction

Tableau VI.7. Type et diamètre de borne de périmètre de Tébessa secteur A.

Ilot	Parcelle	Surface ha	qs (l/s/ha)	Qs (l/s)	Matériau	Diamètre mm	Type de borne
1	Borne 1	4.89	1.19	5,82	Fonte	65	Type 2
2	Borne 2	9.72	1.19	11,57	Fonte	100	Type A4
3	Borne 3	9.56	1.19	11,38	Fonte	100	Type A4
4	Borne 4	9.49	1.19	11,29	Fonte	100	Type A4
5	Borne 5	10.32	1.19	12,28	Fonte	100	Type A4
6	Borne 6	9.59	1.19	11,41	Fonte	100	Type A4
7	Borne 7	9.60	1.19	11,42	Fonte	100	Type A4
8	Borne 8	9.63	1.19	11,46	Fonte	100	Type A4
9	Borne 9	11.3	1.19	13,45	Fonte	100	Type A4
10	Borne 10	9.21	1.19	10,96	Fonte	100	Type A4
11	Borne 11	9.86	1.19	11,73	Fonte	100	Type A4
12	Borne 12	9.35	1.19	11,13	Fonte	100	Type A4
13	Borne 13	9.98	1.19	11,88	Fonte	100	Type A4
14	Borne 14	8.02	1.19	9,54	Fonte	65	Type A4
15	Borne 15	9.70	1.19	11,54	Fonte	100	Type A4
16	Borne 16	10.8	1.19	12,85	Fonte	100	Type A4
17	Borne 17	11.36	1.19	13,52	Fonte	100	Type A4
18	Borne 18	5.76	1.19	6,85	Fonte	65	Type A4
19	Borne 19	9.73	1.19	11,58	Fonte	100	Type A4

Chapitre VI. Etude système d'adduction

20	Borne 20	9.89	1.19	11,77	Fonte	100	Type A4
21	Borne 21	10.32	1.19	12,28	Fonte	100	Type A4
22	Borne 22	10.72	1.19	12,76	Fonte	100	Type A4
23	Borne 23	18.96	1.19	22,56	Fonte	150	Type B
24	Borne 24	11.44	1.19	13,61	Fonte	100	Type A4
25	Borne 25	11.08	1.19	13,19	Fonte	100	Type A4
26	Borne 26	10.35	1.19	12,32	Fonte	100	Type A4
27	Borne 27	10.81	1.19	12,86	Fonte	100	Type A4
28	Borne 28	12.24	1.19	14,57	Fonte	100	Type A4
29	Borne 29	18.96	1.19	22,56	Fonte	150	Type B

VI.3.5. Dimensionnement du réseau de distribution :

À la suite du calcul des débits de chaque îlot et de la détermination des caractéristiques hydrauliques de la conduite gravitaire, nous passons à l'étape suivante de calcul, celle du réseau de distribution, c'est-à-dire du réservoir d'irrigation vers les bornes.

VI.3.5.1. Vitesse admissible :

On établit la vitesse maximale dans le réseau d'irrigation afin d'éviter les dangers liés à des vitesses excessives (érosion) ou insuffisantes (dépôt solide). En général, elle se situe entre 0.5 m/s < V < 2.5 m/s.

Pour notre réseau on prend $V_{adm} = 1.15$ m/s.

VI.3.5.2. Calcul des diamètres :

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

D : Diamètre de conduite en mm.

Q : Débit en m^3/s .

V_{adm} : Vitesse admissible en m/s.

Chapitre VI. Etude système d'adduction

VI.3.5.3. Estimation de perte de charge :

Les perte de charge dans le réseau de distribution sera estimée par l'équation ci-après :

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

C_{HW} : Coefficient de Hazen william (140 pour PEHD et 100 pour la fonte).

D : Diamètre de conduite en m.

Q :Débit en m^3/s .

L : longueur de la conduite en m.

VI.3.5.3. Calcul de pression aux bornes et nœuds :

$$P = H - Z$$

Avec :

H : cote piézométrique en m.

Z : cote terrain en m.

VI.3.5.4. Choix de matériau :

Pour Le choix du matériau il existe des critères à prendre en compte :

- La conformité aux conditions hydrauliques (débit, pression).
- La présence sur le marché local.
- L'importance économique.
- La nature du sol.

a. Conduite fonte :

Les **Conduites fonte** présentent plusieurs avantages comme la résistance aux forces internes qui est élevée ainsi que la résistance à la corrosion est considérée élevée et ce matériau est très rigide et solide. Ils présentent un désavantage : un coût assez élevé.

b. Conduite en PEHD :

Les **Conduites en PEHD** sont les plus couramment employés car ils offrent des bénéfices considérables tels que la résistance à la corrosion qui est élevée ainsi que la disponibilité sur le marché, son installation de canalisation est simple et Leur prix est plutôt abordable.

Leur désavantage réside dans le risque de rupture en cas de soudure médiocre.

Pour notre situation, les conduites seront en fonte si leur diamètre dépasse le 400 mm, tandis que dans le cas contraire, elles seront en PEHD.

Chapitre VI. Etude système d'adduction

VI.3.5.5. Les pièces spéciales d'une conduite :

- Dans les points hauts de la conduite on installe des ventouses et des purges d'air pour évacuer l'air emprisonné dans la conduite.
- Dans les points bas on installe des vidanges pour l'évacuation gravitaire de l'eau.

Les calculs sont exposés dans le tableau ci-dessous :

Tableau VI.8. Calcul de réseau de distribution. (Voir plan n°01).

N° tronçon	Longueur (km)	Surface (ha)	Débit (m ³ /s)	Diamètre (mm)	D.Normalisé (mm)	Matériau	V(m/s)	Perte de charge (m/m)	C.terrain aval Z (m)	C.piézométrique (m)	Pression (m)
R-N1,1	1,43	302,67	0,36	553,07	600	Fonte	1,27	3,47	778	817,53	39,53
N1,1-N1	0,15	302,67	0,36	553,07	600	Fonte	1,27	0,37	779,7	817,16	37,46
N1-N2	0,24	14,61	0,02	121,51	200	PEHD	0,55	0,43	780,8	816,73	35,93
N2-B1	0,05	4,89	0,01	70,30	110	PEHD	0,61	0,22	780,1	816,51	36,41
N2-B2	0,35	9,72	0,01	99,11	110	PEHD	1,22	5,81	777	810,91	33,91
N1-N3	0,11	29,37	0,03	172,28	200	PEHD	1,11	0,75	780,2	816,41	36,21
N3-B3	0,07	9,56	0,01	98,29	110	PEHD	1,20	1,09	778,9	815,66	36,76
N3-N4	0,25	19,81	0,02	141,49	200	PEHD	0,75	0,80	778,8	815,61	36,81
N4-B4	0,09	9,49	0,01	97,93	110	PEHD	1,19	1,38	780	814,23	34,23
N4-B5	0,31	10,32	0,01	102,13	110	PEHD	1,29	5,82	781,5	809,79	28,29
N1-N5	0,14	258,69	0,31	511,31	600	Fonte	1,09	0,25	780	816,90	36,90
N5-B6	0,12	9,59	0,01	98,45	110	PEHD	1,20	1,99	780,2	814,92	34,72
N5-N6	0,19	229,29	0,27	481,38	500	Fonte	1,39	0,70	778,2	816,21	38,01
N6-N7	0,12	30,56	0,04	175,74	200	PEHD	1,16	0,84	777	815,36	38,36
N7-B7	0,11	9,6	0,01	98,50	110	PEHD	1,20	1,81	777,5	813,55	36,05
N7-N8	0,44	20,96	0,02	145,54	200	PEHD	0,79	1,59	779,1	813,78	34,68
N8-B8	0,12	9,63	0,01	98,65	110	PEHD	1,21	1,96	781,6	811,82	30,22
N8-B9	0,37	11,33	0,01	107,01	110	PEHD	1,42	8,30	781	803,51	22,51
N6-N9	0,02	198,73	0,24	448,15	500	Fonte	1,21	0,05	777,6	816,16	38,56
N9-N10	0,57	19,07	0,02	138,83	200	PEHD	0,72	1,71	777,1	814,45	37,35
N10-B10	0,10	9,21	0,01	96,48	110	PEHD	1,15	1,47	776,5	812,99	36,49

Chapitre VI. Etude système d'adduction

N10-B11	0,11	9,86	0,01	99,82	110	PEHD	1,24	1,83	778,2	812,62	34,42
N9-N11	0,21	199,47	0,24	448,98	500	Fonte	1,21	0,58	778,5	815,58	37,08
N11-B12	0,13	9,35	0,01	97,21	110	PEHD	1,17	2,00	779,3	813,58	34,28
N11-N12	0,42	190,12	0,23	438,34	500	Fonte	1,15	1,04	776,8	814,54	37,74
N12-N13	0,15	38,5	0,05	197,25	200	PEHD	1,46	1,74	779,2	812,80	33,60
N13-B13	0,15	9,98	0,01	100,43	110	PEHD	1,25	2,69	778,8	810,11	31,31
N13-N14	0,01	28,52	0,03	169,77	200	PEHD	1,08	0,09	779,5	812,71	33,21
N14-B14	0,13	8,02	0,01	90,03	110	PEHD	1,00	1,52	778,8	811,19	32,39
N14-N15	0,14	20,5	0,02	143,94	200	PEHD	0,78	0,48	780	810,71	30,71
N15-B15	0,33	9,7	0,01	99,01	110	PEHD	1,22	5,45	778	805,26	27,26
N15-B16	0,27	10,8	0,01	104,47	110	PEHD	1,35	5,58	779,8	805,13	25,33
N12-N16	0,07	151,62	0,18	391,45	400	PEHD	1,44	0,33	779	814,22	35,22
N16-N17	0,11	47,06	0,06	218,08	250	PEHD	1,14	0,60	776,5	813,61	37,11
N17-B17	0,06	11,36	0,01	107,15	110	PEHD	1,42	1,31	778,5	812,30	33,80
N17-N18	0,25	35,7	0,04	189,94	200	PEHD	1,35	2,42	778	811,19	33,19
N18-B18	0,08	5,76	0,01	76,30	110	PEHD	0,72	0,51	779,7	810,69	30,99
N18-N19	0,01	29,94	0,04	173,95	200	PEHD	1,13	0,04	778,5	811,16	32,66
N19-B19	0,15	9,73	0,01	99,16	110	PEHD	1,22	2,50	778,7	808,66	29,96
N19-N20	0,26	20,21	0,02	142,91	200	PEHD	0,77	0,88	779,1	810,28	31,18
N20-B20	0,16	9,89	0,01	99,97	110	PEHD	1,24	2,73	779,5	807,55	28,05
N20-B21	0,20	10,32	0,01	102,13	110	PEHD	1,29	3,84	780,1	806,44	26,34
N16-N21	0,40	104,56	0,12	325,07	400	PEHD	0,99	0,93	777,2	813,28	36,08
N21-N22	0,10	52,2	0,06	229,68	250	PEHD	1,27	0,64	779,2	812,64	33,44
N22-B22	0,08	10,72	0,01	104,09	110	PEHD	1,34	1,60	778,7	811,05	32,35
N22-N23	0,09	41,48	0,05	204,74	250	PEHD	1,01	0,40	776,6	812,25	35,65

Chapitre VI. Etude système d'adduction

N23-B23	0,48	18,96	0,02	138,42	200	PEHD	0,72	1,43	777,5	810,82	33,32
N23-N24	0,10	22,52	0,03	150,86	200	PEHD	0,85	0,41	776,5	811,83	35,33
N24-B24	0,08	11,44	0,01	107,52	110	PEHD	1,43	1,72	778,2	810,11	31,91
N24-B25	0,30	11,08	0,01	105,82	110	PEHD	1,39	6,37	776,7	805,46	28,76
N21-N25	0,08	52,36	0,06	230,03	300	PEHD	0,88	0,21	778,9	813,07	34,17
N25-B26	0,08	10,35	0,01	102,27	110	PEHD	1,30	1,45	781	811,62	30,62
N25-N26	0,10	42,01	0,05	206,05	250	PEHD	1,02	0,46	778	812,61	34,61
N26-B29	0,45	18,96	0,02	138,42	200	PEHD	0,72	1,32	778,6	811,29	32,69
N26-N27	0,14	23,05	0,03	152,63	200	PEHD	0,87	0,61	778,6	812,00	33,40
N27-B27	0,08	10,81	0,01	104,52	110	PEHD	1,35	1,74	777,8	810,27	32,47
N27-B28	0,15	12,24	0,01	111,22	200	PEHD	0,46	0,20	778	810,07	32,07

VI.3.6. Simulation du réseau par EPANET :

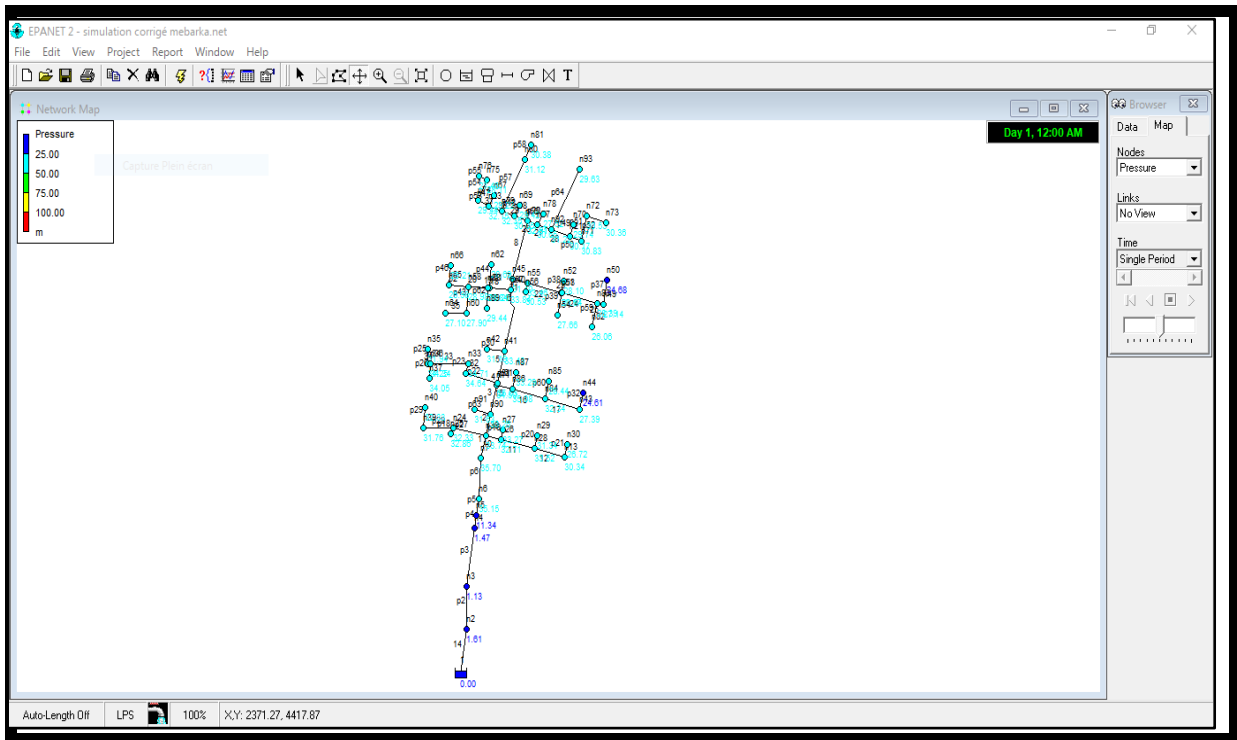
VI.3.6.1. Le logiciel EPANET :

Le logiciel EPANET est utilisé pour représenter l'écoulement hydraulique dans les réseaux sous pression tels que l'irrigation et l'alimentation en eau potable. Il permet de calculer le débit traversant chaque conduite ainsi que la pression à chaque nœud. Il propose différentes formules pour calculer la perte de charge. En résumé, son objectif est de :

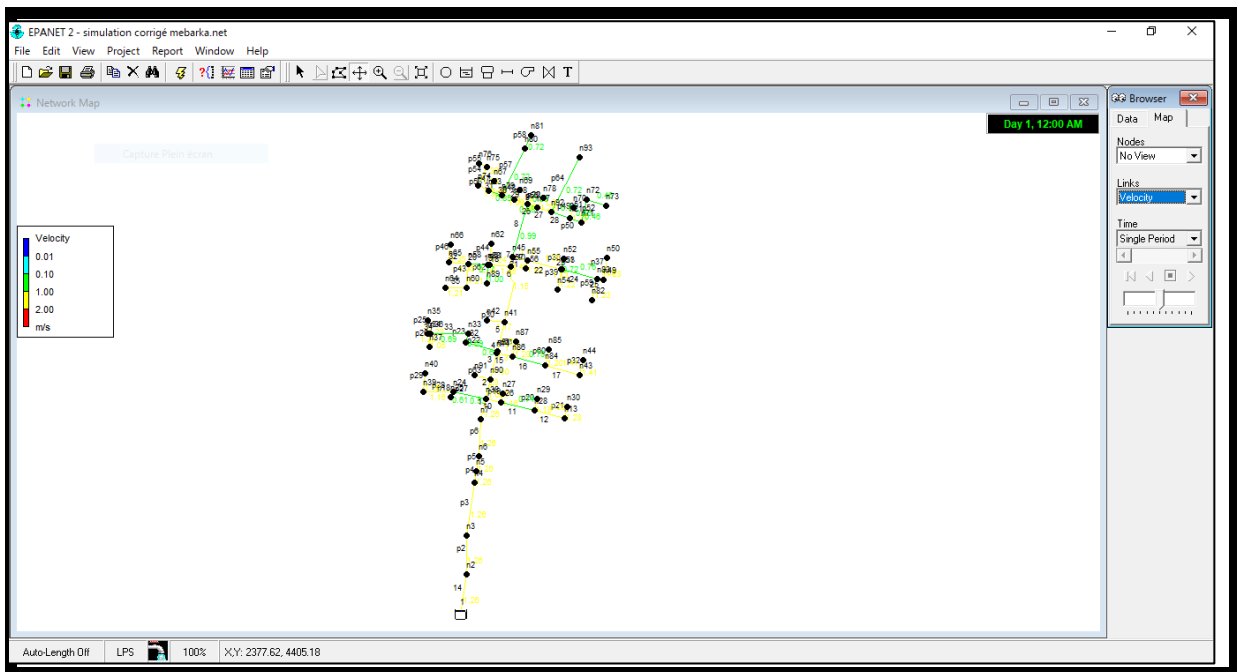
- Évaluation des niveaux de pression dans le réseau.
- Identifier les zones de fonctionnement insatisfaisantes.
- Calcul des dimensions du réseau.
- Gestion améliorée des équipements hydrauliques.

Pour notre cas, on lance la simulation entre le réservoir d'irrigation et les 29 bornes du périmètre après avoir inséré toutes les données du réseau (longueur, diamètre, débit des bornes, élévation) et on trouve les résultats suivants :

Chapitre VI. Etude système d'adduction



Figures VI.6. Simulation du réseau par EPANET (vérification de pression).



Figures VI.6. Simulation du réseau par EPANET (vérification de vitesse).

Interprétation des résultats :

D'après la simulation par EPANET on trouve que notre réseau est bien dimensionné en raison des vitesses admissibles dans chaque conduite ainsi que les pressions qui sont adéquates pour l'irrigation par les modernes techniques (goutte à goutte et aspersion), la simulation a confirmé les résultats de calcul dans le tableau précédent (voir tableau : **Tableau VI.8**).

VI.4. Conclusion

Ce chapitre examine l'aménagement du système d'adduction et les différentes structures et éléments qui influencent la conception et la gestion d'un système d'adduction, ainsi que les calculs hydrauliques des conduites.

On a découpé notre périmètre en 29 îlots chaque îlot a une borne qui alimente les différentes parcelles de l'îlot et en commençant le calcul hydraulique des canalisations du système d'adduction dans le périmètre d'étude, nous avons pu évaluer les pressions aux bornes qui été généralement entre 4 et 2 bars ce que nous permet d'installer de différents systèmes d'irrigation comme la goutte à goutte et l'aspersion.

Chapitre VII
Choix de technique d'irrigation.

Chapitre VII. Choix de technique d'irrigation

VII.1. Introduction

Différentes techniques d'irrigation sont actuellement disponibles pour l'alimentation en eau des cultures. Chaque méthode offre simultanément des bénéfices et des inconvénients, qui doivent être pris en compte lors de la sélection de la méthode qui convient le mieux aux conditions locales.

VII.2. Différentes techniques d'arrosage :

On peut classer les méthodes d'irrigation en trois catégories :

- L'irrigation de surface.
- L'irrigation par aspersion.
- L'irrigation localisée.

VII.3. Irrigation de surface :

La technique de l'irrigation de surface implique d'amener l'eau au sommet du terrain et de laisser s'écouler par gravité. La distribution de l'eau au champ se fait par submersion (irrigation par bassins), par sillons en terre (irrigation par sillons) ou par ruissellement à la surface d'une planche d'arrosage (irrigation par planches).

Avantages :

- Le coût d'investissement est assez bas.
- Pas besoin d'énergie.

Inconvénient :

- Il est nécessaire d'aménager le terrain avant.
- La quantité d'eau utilisée est significative.
- Une perte d'eau importante.
- Elle requiert une grande quantité de travail.

VII.4. Irrigation localisée :

L'irrigation localisée, également appelée micro-irrigation, consiste à humidifier une partie du sol dans la zone des racines des cultures en y ajoutant régulièrement une petite quantité d'eau à faible débit. L'eau est ensuite diffusée dans les environs des racines grâce à des dispositifs de distribution tels que des goutteurs, des diffuseurs ou des ajutages calibrés (Rieul et al,1997).

VII.4.1. Cultures recommandées :

Les cultures en ligne (légumes, fruits), l'arboriculture et la vigne sont principalement adaptées à l'irrigation au goutte à goutte. Il est possible d'utiliser un ou plusieurs goutteurs afin de garantir une irrigation suffisante. En raison du prix élevé de l'installation, cette méthode d'irrigation est destinée à l'irrigation des cultures à haute productivité et de qualité supérieure (Brouwer et al,1990)



Figures VII. Irrigation localisée (goutte à goutte).

Avantages :

- Les plantes seront bien plus capables d'absorber tous les nutriments essentiels à leur croissance et à leur reproduction saine.
- La mise en place est facile et rapide.
- Optimiser l'utilisation de l'eau en réduisant la perte d'eau par évaporation.
- Prix initial avantageux.
- La présence de salinité dans l'eau ne pose aucun souci pour le bon déroulement du système.

Inconvénient :

- Le risque d'obstruction des goutteurs est un problème majeur de l'irrigation au goutte à goutte.
- Adapté principalement aux sols plats ou légèrement inclinés.

VII.5. Irrigation par aspersion :

On transporte l'eau dans des réseaux de conduites sous pression, puis on la délivre sur la parcelle grâce à des bornes qui contrôlent la pression et le débit. À l'aval de la borne des conduites rampe et porte rampe alimentée sous pression par des asperseurs rotatifs qui dispersent l'eau sous une forme de pluie artificielle (Rieul et al,1997).

Chapitre VII. Choix de technique d'irrigation

VII.5.1. Cultures recommandées :

La technique de l'irrigation par aspersion est adaptée aux cultures en ligne, en plein air et à l'arrosage. L'eau peut être distribuée sur ou sous la frondaison. Toutefois, il est préférable d'éviter l'utilisation d'asperseurs géants pour les cultures délicates comme la salade, car les gouttes d'eau volumineuses risquent de causer le déclin des plantes (Brouwer et al, 1990).



Figures VII.2. Irrigation par aspersion.

Avantages :

- Réduction de l'utilisation de l'eau et des dépenses liées à la main-d'œuvre.
- Facilite le transport du matériel agricole.
- Optimiser les rendements des cultures et favoriser une croissance saine.
- Aucune préparation préalable nécessaire.
- L'irrigation par aspersion est adaptée à pratiquement toutes les cultures.

Inconvénient :

- Les gicleurs sont déformés par le vent et leur répartition est inégale.
- Le coût initial d'installation est élevé.
- Possibilité de compactage du sol.

VII.6. Choix de technique d'irrigation :

La sélection d'une méthode d'irrigation, que ce soit de surface, par aspersion ou au goutte à goutte, est influencée par plusieurs facteurs, à savoir :

Chapitre VII. Choix de technique d'irrigation

- **Les conditions naturelles** : Le choix de la méthode d'irrigation est influencé par des facteurs naturels tels que le type de sol, la pente du terrain, le climat, la qualité de l'eau et sa disponibilité.
- **Les cultures** : Selon les différentes cultures, les besoins en eau peuvent différer, ce qui peut avoir un impact sur la décision concernant la méthode d'irrigation à choisir.
- **Rentabilité** : Avant de sélectionner une méthode d'irrigation, il est essentiel de réaliser une estimation des dépenses et des avantages de chaque alternative. On prend en considération les coûts d'installation et d'entretien et les comparer avec les profits.

Les techniques d'irrigation de goutte à goutte et d'aspersion sont généralement adaptées aux cultures céréalières, tandis que les arboricultures sont idéalement adaptées à l'irrigation goutte à goutte.

VII.7. Conclusion

Dans ce chapitre on a examiné les différentes techniques d'irrigation donc il est essentiel de prendre en considération les critères socio-économiques et techniques lors de la sélection d'un système d'irrigation adaptable, pratique et économique. Nous avons décidé d'opter pour les méthode modernes existant, donc on a choisi 2 systèmes : l'irrigation par aspersion pour les cultures céréalières (blé, avoine, orge) et fourragères (maïs, sorgho) et l'irrigation goutte à goutte pour l'arboriculture (Noyer).

Chapitre VIII
Dimensionnement à la parcelle.

Chapitre VIII. Dimensionnement à la parcelle

VIII.1. Introduction

L'objectif de ce chapitre est le dimensionnement à la parcelle, qui est l'unité de surface qui possède une prise individuelle sur le réseau de distribution, en fonction de la technique d'irrigation qui joue un rôle essentiel dans l'efficacité de la gestion de l'eau. L'objectif de ce chapitre est de dimensionner un réseau d'aspersion et un réseau goutte à goutte.

VIII.2. Dimensionnement d'un réseau goutte à goutte :

Dans cette partie, nous allons évaluer les caractéristiques du réseau d'irrigation localisée (le système goutte à goutte), ce qui demande la compréhension de données essentielles telles que la superficie de la parcelle, les besoins quotidiens et le temps maximum de travail par jour (Ollier et Poirée, 1983).

Pour cela on a besoin des données de base citées dans le tableau suivant :

Tableau VIII.1. Données générales de réseau goutte à goutte.

Culture Ilot	Noyer n°22
Besoin de pointe	177.81 mm
Organisation de réseau goutte à goutte :	
Ecartement	4×4
Surface	2.68 ha
Longueur	240 m
Largeur	110 m
Caractéristiques de goutteur :	
Débit nominal :	4 l/h
Pression nominale	1 bars
Le nombre de goutteur par arbre	2 goutteur
Espacement des goutteurs	2m

VIII.2.1. Besoins d'irrigation des cultures en irrigation localisée :

VII.2.1.1. Influence du taux de couverture du sol :

Lorsqu'on utilise la micro-irrigation, les apports d'eau sont concentrés sur une fraction très limitée de la surface du sol, à proximité des plantes, donc à l'ombre du feuillage. Cela diminue la part d'évaporation directe à partir du sol. Ainsi, on applique un coefficient de réduction à l'ETM : K_r .

Il est possible de calculer K_r en fonction du taux de couverture du sol ($C_s = 60\%$) cas des plantes adultes par la formule ci-dessous :

VIII.2.1.2. Formule de Freeman et Garzoli :

$$K_r = C_s + 0.5 \times (1 - C_s)$$

Donc $K_r = 0.8$.

Alors : $B_{j \max} = B_j \times K_r$

Chapitre VIII. Dimensionnement à la parcelle

$$B_j = ETMc = \frac{B_{pointe}}{30 \text{ jours}} = 5.92 \text{ mm/j}$$

On trouve que :

$$B_{j \max} = 4.74 \text{ mm/j.}$$

VIII.2.1.3. Dose pratique :

Après avoir calculé les besoins quotidiens en eau, il faut déterminer la fraction ou le pourcentage d'humidification du bulbe humide dans la zone racinaire. La dose d'humidification La RFU correspond à la quantité d'eau nécessaire pour maintenir l'humidité optimale du sol afin de garantir le développement des cultures. Elle est donnée par la formule suivante :

$$D_p = (H_{cc} - H_{pf}) \cdot Y \cdot Z \cdot d_a \cdot P\%$$

Avec :

H_{cc} : humidité à la capacité au champ (24%)

H_{pf} : humidité au point de flétrissement (12%)

Y : degré d'extraction de l'eau du sol (2/3).

Z : profondeur d'enracinement en (1500 mm).

P : Pourcentage du sol humidifié, qui est calculé comme suit :

$$P = \frac{n \cdot S_{pd} \cdot S_h}{S_a \cdot S_r}$$

n : Nombre de points de distribution par arbre (2 goutteurs)

S_{pd} : Distance entre deux points de distribution voisins du même arbre (2m)

S_h : Largeur de la bande humidifiée (1m).

S_r : Ecartement entre rangs d'arbre (4m).

S_a : Espacement des arbres sur les rangs (4m).

$$P = 25\%$$

Donc : $D_p = (24 - 12) / 100 \cdot \frac{2}{3} \cdot 1500 \cdot 1.45 \cdot 0.25 = 43.5 \text{ mm.}$

VIII.2.1.4. Fréquence des arrosages :

$$Fr = \frac{Dosenette}{B_j}$$

$$Fr = 43.5 / 5.92 = 7.34.$$

On prend **Fr** = 7 jours.

Chapitre VIII. Dimensionnement à la parcelle

VIII.2.1.5. Calcul la dose réelle :

$$D_r = B_{j \max} \times Fr$$

$$D_r = 4.74 \times 7 = 33.18 \text{ mm.}$$

VIII.2.1.6. Calcul la dose brute réelle :

$$D_{brute} = \frac{D_r}{Eff \times Cu}$$

Avec :

D_r : dose réelle en mm.

Eff : efficacité du réseau d'irrigation (90%).

Cu : coefficient d'uniformité (90%).

$$D_{brute} = 40.96 \text{ mm.}$$

VIII.2.1.7. Durée de fonctionnement d'arrosage par mois :

$$\theta = \frac{D_{brute} \cdot S_d \cdot S_r}{n \cdot Q_g}$$

Avec :

S_r et S_d espacement entre rang et distributeur, n et Q_g nombre et débit du goutteur.

$$\theta = 81.92 \text{ heures /mois.}$$

VIII.2.1.8. Durée d'arrosage journalier :

$$D_j = \frac{\text{durée d'arrosage}}{Fr}$$

$$D_j = 11.7 \text{ heures/jour.}$$

VIII.2.2. Calculs hydrauliques :

VIII.2.2.1. Caractéristique de la parcelle :

- La longueur de la rampe : 120 m.
- La longueur de la porte rampe : 110 m.
- La longueur de la conduite tertiaire (relie entre borne et les porte rampe) : 10m.

a) Nombre d'arbre par rampe :

$$N_{\text{arbre/rampe}} = \frac{L_r}{E_a}$$

$$N_{\text{arbre/rampe}} = 28 \text{ arbres par rampe.}$$

Chapitre VIII. Dimensionnement à la parcelle

b) Nombre des goutteurs par rampe :

$$N_{g/rampe} = \frac{Lr}{Ea} \times 2$$

$N_{g/rampe} = 56$ goutteurs.

c) Nombre des rampes :

$$N_{rampe} = \frac{Lpr}{Er}$$

$N_{rampe} = 60$ rampes.

d) Débit d'une rampe :

$$Q_r = N_g \times Q_g$$

$$Q_r = 224 \text{ l/h.}$$

e) Débit de la porte rampe :

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

$$Q_{pr} = 13440 \text{ l/h.}$$

f) Nombre de porte rampe :

$N_{pr} = 2$ (deux porte rampe).

g) Débit de la conduite d'approche (conduite tertiaire) :

$$Q_{ctr} = Q_{pr} \times N_{pr} = 13440 \times 2 = 26880 \text{ l/h}$$

VIII.2.2.2. Condition hydraulique de réseau :

Pour une bonne efficacité d'irrigation par goutte à goutte il faut assurer une pression et débit peu variable pour éviter la distribution inégale de l'eau et le risque de colmatage. La variation maximale du débit entre goutteur ne doit pas dépasser 10% selon la règle de Christiansen :

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

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

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

Il est suggéré par Christiansen de restreindre l'écart maximum des débits au débit moyen à 10%, ce qui équivaut à un écart maximum de la pression à 20% de la pression moyenne :

Chapitre VIII. Dimensionnement à la parcelle

$$\Delta q/q \leq 10\% \Rightarrow \Delta H/H \leq 20\% \Rightarrow \Delta H = 20\% \times H$$

Avec :

$q(g)$: débit nominal du goutteur.

$H(n)$: pression nominale.

$$\Delta H(\max) = 1/0.5 = 2mce.$$

VIII.2.3. Dimensionnement des canalisations du réseau :

VIII.2.3.1. Calcul des diamètres des porte rampes et rampes :

$$\phi_r = \left[\frac{P.d.c^r \times 2.75}{0.478 \times Q_r^{1.75} \times L_r} \right]^{\left(\frac{-1}{4.75}\right)} \quad (1)$$

$$\phi_{pr} = \left[\frac{P.d.c^{pr} \times 2.75}{0.478 \times Q_{pr}^{1.75} \times L_{pr}} \right]^{\left(\frac{-1}{4.75}\right)}$$

Tel que :

Pdc : la perte de charge en m.

Q : le débit de conduite en l/h.

L : la longueur de la rampe/porte rampe en m.

ϕ_r (cal) : le diamètre de la rampe en mm.

ϕ_{pr} (cal) : le diamètre de porte rampe en mm.

Pour rampe $\phi_r = 13.39$ mm

DNr = 16mm

Pour les portes rampes : $\phi_{pr} = 68.78$ mm

DNpr = 89 mm

VIII.2.3.2. Vérification des pertes de charges :

Après avoir choisi le diamètre de la canalisation, les pertes de charges des différents tronçons de la canalisation sont nécessaires à être calculées, Perte de charge d'après Hazen-Williams :

$$\Delta h_{rampe} = \frac{0.478 \times L \times D^{-4.75} \times Q^{1.75}}{2.75}$$

Avec :

L : la longueur de la conduite.

Q : débit (l/h).

D : diamètre intérieur de la canalisation.

Chapitre VIII. Dimensionnement à la parcelle

On calcul les pertes de charges pour DN_r =20 mm.

$$\Delta h_{rampe} = 0.59 < 1.2 \text{ m.c.e.}$$

On calcul les pertes de charges pour DN_{pr} =100 mm.

$$\Delta h_{p.rampe} = 0.18 < 0.6 \text{ m.c.e.}$$

Tableau VIII.2. Caractéristiques des rampes.

Culture	Surface (m ²)	L _r (m)	N _g	Q _r (l/h)	hr(m)	D _{cal} (mm)	D _n (mm)	H _{cal} (m)
Noyer	26800	120	56	224	1.2	13.39	16	0.59

Tableau VIII.3. Caractéristiques des porte rampe.

Culture	Surface (m ²)	L _{pr} (m)	N _r	Q _{pr} (l/h)	hr(m)	D _{cal} (mm)	D _n (mm)	H _{cal} (m)
Noyer	26800	110	60	13440	0.6	68.78	89	0.18

Les pertes de charges totales n'ont pas dépassé la limite fixée par la règle de Christiansen, comme le montrent les deux tableaux précédents.

VIII.2.3.3. Calcul des diamètres de la conduite tertiaire :

Pour calculer le diamètre on doit fixer la vitesse d'écoulement (valeur optimale) d'environ 1.5 m/s.

Tel que :

$$D_{c.tr} = \sqrt{\frac{4 \times Q_{c.tr}}{\pi \times V}}$$

$Q_{c.tr}$: débit de la conduite tertiaire (m³/s).

V : vitesse d'écoulement (m/s).

Chapitre VIII. Dimensionnement à la parcelle

Tableau VIII.4. Caractéristiques de la conduite tertiaire.

Culture	Surface	L(m)	Npr	Q(m ³ /s)	V(m/s)	Dcal	Dn	Vcal (m/s)	hcal (m)
Noyer	26800	10	2	0.00746	1.2	79	100	1.24	0.096

VIII.2.4. Calcul de la pression d'eau à la borne de distribution :

La pression d'eau nécessaire pour la parcelle est égale à la somme de la pression nominale (10 m.c.e) plus la somme des pertes de charges de cheminement de la borne d'irrigation jusqu'au goutteur le plus défavorable.

Tableau VIII.5. Les pertes de charge de réseau goutte à goutte.

Conduite	Rampe	Porte rampe	Conduite tertiaire
Perte de charge	0.59	0.18	0.096

$$P(m) = 0.59 + 0.18 + 0.096 + 10 = 10.86 \text{ m.c.e.}$$

Donc P=1.08 bar qui correspond à la pression requise pour irriguer l'ilot sélectionné.

VIII.3. Dimensionnement d'un réseau d'aspersion :

L'irrigation par aspersion est une méthode utilisée pour fournir de l'eau aux cultures en plein champ. Elle a été élaborée en se basant sur la pluie naturelle. Le pompage permet de refouler l'eau sous pression dans un réseau de conduites, puis de la diffuser et d'arroser le couvert végétal à l'aide d'appareils arroseurs appelés asperseurs, créant ainsi une pluie artificielle.

Pour dimensionner un réseau d'aspersion on a besoin des données de base citées dans le tableau suivant :

Chapitre VIII. Dimensionnement à la parcelle

VIII.3.1. Données générales :

Tableau VIII.6. Données générales de réseau aspersion.

Culture	Blé
Besoin de pointe	136.16
Choix d'îlot :	
Ilot	n°04
Choix de parcelle :	
Forme	rectangulaire
Superficie	2.37 ha
Longueur	190 m
Largeur	125 m
Pression au borne	3.42 bars
Temps de travail :	20 heures par jour, et 26 jours par mois
Texture de sol	texture limoneux
Perméabilité	20 mm/h

VIII.3.1.1. Calcul de la dose pratique :

$$RFU = Y.(H_{cc} - H_{pf}).Da.Z$$

Avec :

H_{cc} : humidité a la capacité au champ (24%)

H_{pf} : humidité au point de flétrissement (12%)

Y : degré d'extraction de l'eau du sol (2/3).

Z : profondeur d'enracinement en (Blé : 60 cm).

$$\Rightarrow RFU = 1.45 * (\frac{2}{3}) * 600 * 0.12 = 69.6 \text{ mm.}$$

VIII.3.2. Dimensionnement théorique :

a. Diamètre de l'ajutage :

La perméabilité du sol $K = 20 \text{ mm/h}$, On pose $p \leq k$, tel que p est la pluviométrie de la buse donnée par la formule suivante :

$$P = \frac{1.5 \times d}{1.04}$$

Chapitre VIII. Dimensionnement à la parcelle

Tableau VIII.7. Pluviométrie d'asperseur(mm/h) en fonction de la pente et de la texture du sol.

Texture de sol	Pente de terrain en %				
	0-5	6-8	9-12	12-20	>20
Sol sableux	20	16	12	8	5
Sol sableux argileux	15	12	9	6	4
Sol limoneux sableux	12	9.5	7	5	3
Sol limoneux	10	8	6	4	2.5
Sol argileux	8	6.5	5	3	2

Source : (Berrak Iman, 2020)

D'où le diamètre de la buse égale à :

$$d = \frac{P \times 1.04}{1.5} = 6.93 \text{ mm.}$$

Selon la documentation technique d'un arroseur de type PERROT le diamètre de la buse normalisée la plus proche est de 7 mm.

a) Calcul la portée du jet (L) :

L'équation suivante permet de déterminer la portée du jet :

$$L = 3 \times d^{0.5} \times h^{0.25}$$

Avec :

d : le diamètre de la buse (mm).

h : pression à la buse (m), dans notre cas P= 3.42 bars donc h=34.2.

$$L = 3 \times 7^{0.5} \times 34.2^{0.25} = 19.18$$

b) Écartements entre les rampes et arroseurs :

Selon les normes américaines, le maximum d'écartement recommandé est le suivant :

- (El) entre les lignes d'arrosage : 1,25L (vent faible) à 1,02 L (vent fort).
- (Ea) entre les arroseurs sur la rampe : 0,8 L (vent faible) à 0,5 L (vent fort).

Dans notre région d'étude, les vents atteignent des vitesses maximales d'environ 16.3 km/h donc c'est un vent faible ce qui nous amène à prendre les valeurs suivantes :

$$El = 1,25 \times 19.18 = 23.97$$

$$Ea = 0,8 \times 19.18 = 15.34$$

Chapitre VIII. Dimensionnement à la parcelle

Les valeurs normalisées des écartements selon l'annexe pour un diamètre de buse de 7mm sont comme suit :

$E_l=24m$, $E_a=18m$.

La surface mouillée = $432 m^2$.

c) Débit de l'asperseur :

$$Q_{asp} = 0.95 \cdot \frac{\pi d^2}{4} \sqrt{2gh}$$

Avec :

Q_{asp} : débit d'asperseur en m^3/s .

d : diamètre de la buse en m.

h : la pression à la buse en m.

$$Q_{asp} = 0.95 \cdot \frac{3.14 \times 0.007^2}{4} \times \sqrt{2 \times 9.81 \times 34.2} = 0.00945 m^3/s = 3.4 m^3/h.$$

d) Vérification de la pluviométrie de la buse :

Dans le cas où l'écartement est proportionnel à la portée, on peut calculer la pluviométrie horaire p en (mm/h) en utilisant la relation :

$$P = \frac{Q_{asp}}{E_a \times E_l}$$

Q_{asp} : est le débit de l'asperseur.

D'où $p = \frac{3.4}{24 \times 18} = 7.87 mm/h$.

Donc le diamètre de la buse choisi assurera une pluviométrie $P \leq K=20 mm/h$.

e) Calcul du tour d'eau :

$$T_{eau} = \frac{RFU \times N_j}{B_{mp}} \text{ en jours.}$$

N_j : nombre de jour de travail par mois,

B_{mp} : besoin de mois de pointe.

$$T_{eau} = \frac{69.6 \times 26}{136.16} = 13.29 = 13 \text{ jours.}$$

On prend un tour d'eau de 13 jours.

Donc on irrigue 2 fois par mois.

Chapitre VIII. Dimensionnement à la parcelle

f) La dose réelle :

$$Dr = T_{eau} \cdot \text{La dose journalière.}$$

Donc $Dr = 13 \times 4.53 = 58.89 \text{ mm}$.

g) Calcul de la dose brute :

$$D_{brute} = \frac{Dr}{0.75}$$

Donc $D_{brute} = 58.89 / 0.75 = 78.52 \text{ mm}$.

h) Temps d'arrosage :

$$T = \frac{D_{brute}}{\text{pluviométrie}}$$

Donc $T = 78.52 / 10 = 7.85 \text{ h}$.

$T = 8 \text{ heures et } 40 \text{ min}$.

Il est possible d'avoir $n=2$ cycles d'arrosage par jour pour un asperseur, sans dépasser une durée totale de 20 heures.

i) Calcul du débit d'équipement (Q_{eq}) :

$$Q_{eq} = \frac{S \times B_{mp} \times 10}{T \times n \times N_j \times 0.75}$$

Donc $Q_{eq} = 2.37 \times 136.16 \times 10 / 7.85 \times 2 \times 26 \times 0.75 = 10.54 \text{ m}^3/\text{h}$.

j) Calcul de l'unité d'arrosage (SU) :

La surface unitaire arrosée : $SU = \frac{S}{T_{eau} \times n}$

Donc : $SU = 2.37 / 13 \times 2 = 0.0911 \text{ ha}$.

k) Nombre d'asperseur requis (N_{asp}) :

$$N_{asp} = \frac{SU \times 10000}{El \times Ea}$$

Donc : $N_{asp} = 0.18 \times 10000 / 24 \times 18 = 2 \text{ asperseurs pour } 0.0911 \text{ ha}$.

l) Calcul du volume fourni par un asperseur par mois :

$$V = Q_{asp} \times n \times T \times N_j$$

$V = 3.4 \times 2 \times 7.85 \times 26 = 1387.88 \text{ m}^3$.

Volume à épandre en 1 mois sur toute la parcelle :

$$V_t = B_{mp} \times \text{Longueur}_{\text{parcelle}} \times \text{Largeur}_{\text{parcelle}}$$

$V_t = 136.16 / 1000 \times 190 \times 125 = 3233.8 \text{ m}^3$.

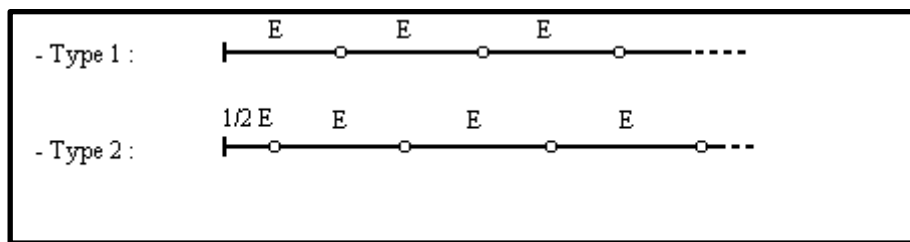
Chapitre VIII. Dimensionnement à la parcelle

VIII.3.3. Dimensionnements hydrauliques des rampes :

Le dimensionnement de cette étape varie d'une parcelle à l'autre car il repose sur divers paramètres tels que les dimensions de la parcelle et la manière dont le réseau d'aspersion est projeté afin d'assurer une distribution homogène. Deux systèmes de mise en place des asperseurs sur la rampe sont envisagés.

a) Longueur de la rampe :

Il est envisagé deux dispositifs d'installation des asperseurs sur la rampe :



Figures VIII.1. Dispositifs d'installation des asperseurs sur la rampe.

La longueur de la rampe est déterminée comme suit :

- ❖ Pour le type 1 : $L = N \times E$.
- ❖ Pour le type 2 : $L = (N + 0.5) \times E$.

Donc, l'équation pour calculer la longueur de la rampe L_r est :

$$L_r = \frac{\text{Largeur}_{\text{parcelle}}}{2} - \frac{Ea}{2}$$

D'où : $L_r = (125/2) - (18/2) = 53.5$ m.

b) Nbre asperseur par rampe (N) :

$$N_{\text{asp/rampe}} = \frac{L_r}{E}$$

Donc, $N_{\text{asp/rampe}} = 53.5/24 = 2$ asperseurs.

On a besoin de 2 asperseurs par rampe.

c) Calcul du débit de la rampe (Q_r) :

$$Q_r = Q_{\text{asp}} \times N_{\text{asp/rampe}}$$

Donc, $Q_r = 3.4 \times 2 = 6.8 \text{ m}^3/h = 0.00188 \text{ m}^3/s$.

d) Nombre de position des rampes :

Chapitre VIII. Dimensionnement à la parcelle

$$N_{rampe} = \frac{Longueur_{parcelle}}{El}$$

$N_{rampe} = 190/24 = 8$ rampes.

e) **Calcul du diamètre de la rampe :**

$$D_{rampe} = \sqrt{\frac{4 \times Q_r}{\pi \times V}}$$

Avec :

V : vitesse de l'écoulement à travers la rampe

Où : $V \leq V_{admissible}$, $V_{adm} \in [0.5; 2.5]$ m/s.

On suppose que $V = 1.5$ m/s et on calcule le diamètre de la rampe :

$$D_{rampe} = \sqrt{\frac{4 \times 0.00188}{\pi \times 1.5}} = 0.039 \text{ m}$$

On choisit un diamètre normalisé de 40 mm pour une conduite PEHD.

D'où la vitesse pour ce diamètre :

$$V = \frac{4 \times Q_r}{\pi \times D_{rampe}^2}$$

Donc on a $V = 4 \times 0.00188 / 3.14 \times 0.04^2 = 1.49$ m/s.

f) **Calcul de la perte de charge de la rampe :**

Les pertes de charge calculée en utilisant la formule de Hazen Williams :

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

Avec :

C_{HW} : Coefficient (140 pour le PEHD).

D : Diamètre de conduite de rampe en m.

Q : Débit de rampe en m^3/s .

L : longueur de la conduite de rampe en m (91m).

En appliquant la formule on trouve :

$$J = 3.48 \text{ m} = 0.35 \text{ bars.}$$

VIII.3.3.1. Dimensionnements hydrauliques de porte rampe :

a) La longueur de la porte-rampe :

$$L_{pr} = \text{Longueur}_{\text{parcelle}} - \frac{El}{2}$$

$L_{pr}=178$ m.

b) Débit de porte-rampe :

$$Q_{pr} = Q_{asp} \times n_{asp/rampe} \times N_r$$

Don, $Q_{pr}=3.4 \times 2 \times 1=0.00188$ m³/s.

c) Calcul le diamètre de porte rampe :

$$D_{p.rampe} = \sqrt{\frac{4 \times Q_{pr}}{\pi \times V}}$$

Pour une vitesse de $V=1.5$ m/s, on trouve : $D_{p.rampe}=0.039$ m.

On choisit un diamètre normalisé de 40 mm pour une conduite PEHD.

D'où la vitesse pour ce diamètre :

$$V = \frac{4 \times Q_r}{\pi \times D_{rampe}^2} = 1.49 \text{ m/s.}$$

d) Calcul de perte de charge :

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

Avec :

C_{HW} : Coefficient (140 pour le PEHD).

D : Diamètre de conduite de porte rampe en m.

Q : Débit de porte rampe en m³/s.

L : longueur de la conduite de porte rampe en m (178m).

En appliquant la formule on trouve :

$$J=11.58 \text{ m} = 1.16 \text{ bars.}$$

Chapitre VIII. Dimensionnement à la parcelle

Les pertes de charges ne sont pas dans les normes de Christiansen, donc on augmente le diamètre pour diminuer la perte de charge. On opte pour un diamètre de 50 mm pour la porte rampe et on recalcule la vitesse :

$$V = \frac{4 \times Q_r}{\pi \times D_{rampe}^2} = 0.95 \text{ m/s.}$$

Ainsi que : $J = 3.90 \text{ m} = 0.39 \text{ bars.}$

Tableau VIII.8. Résultat de calcul hydraulique de réseau aspersion.

Conduite	Rampe	Porte-rampe
Longueur (m)	53.5	178
Diamètre (mm)	40	50
Débit m^3/s	0.00188	0.00188
Vitesse (m/s)	1.49	0.95
Perte de charge totale (m)	3.48	3.90

VIII.3.4. Calcul de la pression en tête du réseau :

C'est la pression nécessaire pour le bon fonctionnement du dernier asperseur.

$$H = H_1 + H_2 + H_3$$

H : pression à la tête de la parcelle.

H_1 : pression nécessaire pour le bon fonctionnement d'un asperseur (3 bars).

H_2 : perte de charge totale de la rampe

H_3 : la dénivelée. (0 m. terrain relativement plat)

$$H = 30 + 3.48 + 0 = 33.48$$

$P = 3,3 \text{ bars}$, Cela est adéquat compte tenu de la pression aux bornes de 3.42 bars.

VIII.4. Conclusion

Au cours de ce chapitre, nous avons dimensionné deux systèmes d'irrigation : l'aspersion pour la culture du blé et le système goutte à goutte pour la culture de l'olivier. L'introduction de ces systèmes permet de revaloriser l'agriculture en augmentant les rendements.

Chapitre IX
Calcul technico-économique.

Chapitre IX. Calcul technico-économique

IX.1. Introduction

L'objectif de ce chapitre est d'évaluer le coût estimé de notre projet d'irrigation prévu. Cette évaluation implique de calculer les quantités de tout le matériel ainsi que les différentes opérations à réaliser sur le terrain.

Il y a les travaux suivants pour notre projet :

- Création d'un réseau de distribution.
- Adduction de conduite.
- Travaux variés.

IX.3. Calcul des volumes des travaux de distribution :

IX.3.1. Calcul du volume de terrassement :

a. Largeur du fond de la tranchée :

En utilisant la formule ci-dessous pour calculer la largeur :

$$B=d+0.6$$

Tel que :

B : Largeur de tranchée en m.

d : diamètre de la conduite en m.

b. Profondeur de la tranchée :

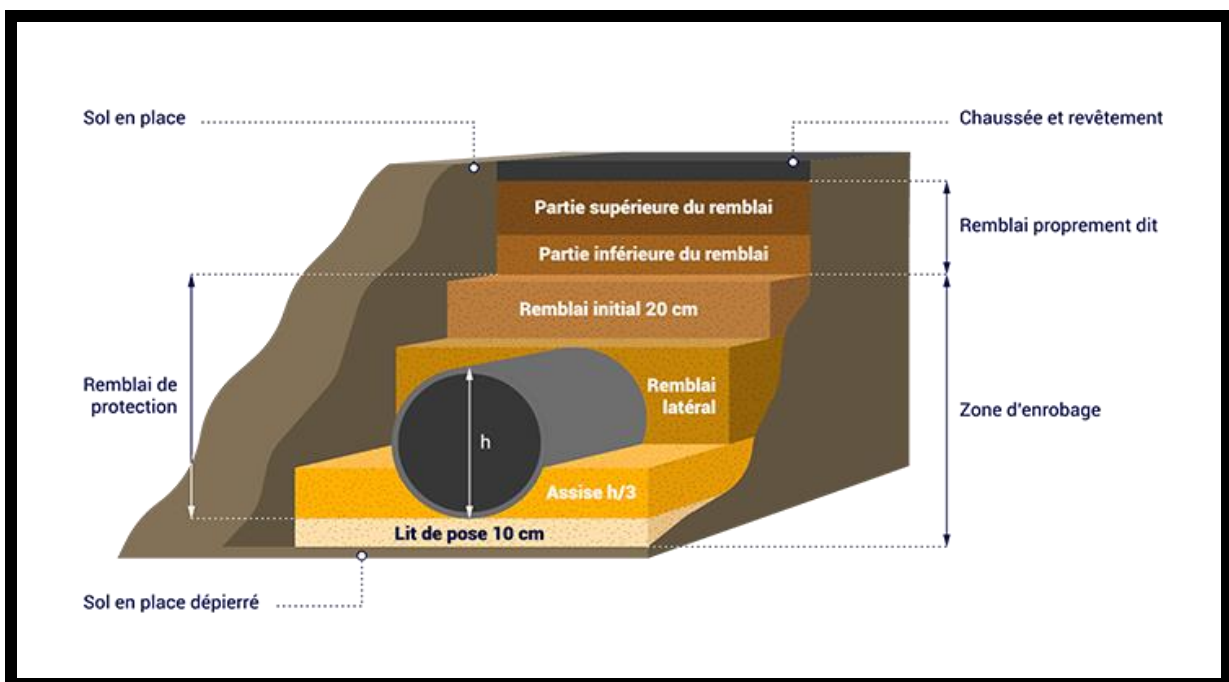
$$H= e+ d+ h$$

H : profondeur de la tranchée en m.

e : hauteur du lit de pose en m.

d : diamètre de la conduite en m.

h : la hauteur du remblai au-dessus de la conduite, $0.1\text{m} < h < 0.2\text{m}$.



Chapitre IX. Calcul technico-économique

Figure IX.1. Disposition de la conduite dans une tranchée.

IX.3.2. Calcul du volume de déblai :

$$V_{\text{déblai}} = L \times H \times b$$

Tel que :

V_{déblai} : volume de déblai en m³.

L : largeur de la tranchée en m.

H : profondeur de la tranchée en m.

b : largeur de la tranchée en m.

IX.3.3. Calcul du volume de remblais :

$$V_{\text{remblais}} = V_{\text{déblai}} - V_{\text{conduite}}$$

Tel que :

V_{déblai} : volume de déblais en m³.

V_{conduite} : volume de conduite qui est égale à : $V_{\text{conduite}} = S_{\text{conduite}} \times L_{\text{conduite}}$

IX.3.4. Calcul du volume de sable :

$$V_{\text{sable}} = h_{\text{sable}} \times L \times b$$

Tel que :

h sable : hauteur de lit de sable.

L : largeur du tranché en m.

b : largeur de la tranchée en m.

- **Calcul des volumes** : le calcul est dans le tableau suivant : (**Tableau IX.1**)

Tableau IX.1. Volume des travaux de terrassement.

D(mm)	B (m)	H (m)	L (m)	V _{déblai}	S _{conduite} (m ²)	V _{conduite}	V _{remblais}	V _{sable}
600	1,2	1,2	1730,32	2491,66	0,28	488,99	2002,67	415,28
500	1,1	1,1	837,28	1013,11	0,20	164,32	848,79	184,20
400	1	1	470,91	470,91	0,13	59,15	411,76	94,18
300	0,9	0,9	80,22	64,98	0,07	5,67	59,31	14,44
250	0,85	0,85	309,13	223,35	0,05	15,17	208,18	52,55
200	0,8	0,8	3863,91	2472,90	0,03	121,33	2351,58	618,23
110	0,71	0,71	434,14	218,85	0,01	4,12	214,73	61,65
Total				6955,76		858,74	6097,02	1440,53

Chapitre IX. Calcul technico-économique

- **Calcul le coût de terrassement** : le calcul est détaillé dans le tableau ci-dessous :

Tableau IX.2. Coût des travaux de terrassement.

Travaux	Unité	Prix unitaire	Quantité	Prix des
Déblais	m3	1200	6955,76	8346912
Remblais	m3	800	6097,02	4877616
Lit de sable	m3	1400	1440,53	2016742
Totale (D.A)				15241270

IX.4. Facture des différents types de conduites du réseau de distribution :

Le calcul des différents facteurs de réseau distribution est détaillé dans le tableau ci-après (voir Tableau IX.3) :

Tableau IX.3. Facture des différents types de conduites du réseau de distribution.

Conduite	Type	Unité de mesure	Quantité (m)	Prix unitaire (D.A / m)	Prix en D.A
600	Fonte	ml	1730,32	28142.20	48695011.50
500	Fonte	ml	837,28	22513,76	18850320,97
400	PEHD	ml	470,91	9500,90	4474068,81
300	PEHD	ml	80,22	5881,51	471814,73
250	PEHD	ml	309,13	1458.59	450893,92
200	PEHD	ml	3863,91	1183.05	4571198,72
110	PEHD	ml	434,14	844.1	366457,57
Total HT					77879766,22
TVA 19%					14797155,58
TOTAL TTC					92676921,80

Chapitre IX. Calcul technico-économique

Tableau IX.4. Factures des pièces du réseau d'irrigation goutte à goutte.

Pièces	Unité	Quantité	Prix	Montant (DA)
Rampe ϕ 16	ml	201492.53	300.7	60588803
Porte rampe ϕ 89	ml	6200	4505.6	27934720
Conduite d'approche ϕ 100	ml	280	6882	1926960
Filtre	U	1	14508	14508
Vanne ϕ 160	U	1	15000	15000
Goutteur réglable	U	3360	6.13	20596.8
Total HT				90500587,8
TVA 19%				17195111,68
TOTAL TTC				107695699,48

Tableau IX.5. Factures des pièces du réseau d'irrigation par aspersion.

Pièces	Unité	Quantité	Prix	Montant (DA)
Rampe ϕ 40	ml	40700	320.84	13058188
Porte rampe ϕ 50	ml	16900	404.81	6841289
Asperseur	U	1500	600	900000
Total HT				20799477
TVA 19%				3951900,63
TOTAL TTC				24751377,63

Chapitre IX. Calcul technico-économique

IX.5. Devis estimatif et quantitatif des pièces spéciales :

Le calcul détaillé de devis estimatif des pièces spéciales est dans le tableau suivant :
(Tableau IX.6)

Tableau IX.6. Devis estimatif des bornes d'irrigation.

Les pièces	Unité	Quantité	Prix unitaire	Prix total (D.A)
Borne type A2	U	1	185000	185000
Borne type A4	U	26	85000	2210000
Borne type B	U	2	8000	16000
Prix HT				2411000
TVA (19%)				458090
Prix TTC				2869090

IX.7. Tableau des devis de projet :

Dans le tableau ci-dessous les différents calculs de devis de projet :

Tableau IX.5. Devis de projet.

Travaux de projet	Prix en D.A
Terrassement	15241270
Conduites	92676921,8018
Bornes	2869090
Prix TTC	110787281.8

Le coût total du projet, en prenant en compte toutes les opérations financières, est d'environ 110787281.8D.A.

IX.7. Conclusion

La planification minutieuse des travaux revêt une importance capitale afin de garantir une réalisation efficace du projet. Après avoir analysé les quantités de terrassement, les tarifs des conduites de distribution et des pièces spéciales de réseau, nous avons pu établir une estimation du coût total du projet, qui est estimé à 110787281.8D.A (environ 110 millions) qui est un prix raisonnable.

Conclusion générale

Cette étude met en place une solution adaptable pour conforter les défis de la gestion d'eau en Algérie surtout avec le changement climatique qui touche la région méditerranéenne et qui met en risque le potentiel d'accéder aux eaux claires nécessaire pour la consommation humaine et agricole.

L'objectif de cette étude est de mise en valeur les eaux usées épurées venant de la station d'épuration de Ain Zerrouk de Tébessa en tenant compte des différents renseignements et norme de ce type des eaux non conventionnelle, donc on a les réutiliser pour irrigation d'un petit secteur A d'un périmètre agricole de la commune de Tébessa qui a une superficie de 300 ha.

La problématique se repose sur le transport des eaux de la STEP de Ain Zerrouk par pompage à un réservoir mise en charge qui est destiné à irriguer la totalité des périmètres de trois commune (Tébessa, Hammamet, Boulhaf El dyr) et les distribuer jusqu'à notre périmètre d'étude. Donc on a dimensionné un réseau d'adduction et pour ce faire on a installé un réservoir dans le plus haut point possible (Voir la carte topographique) pour assurer un transfert gravitaire et on a fait le dimensionnement des conduites de réseau de distribution et les conduites de réseau aspersion et goutte à goutte qui sont notre choix pour irriguer les types de culture projetée ce dernières sont aussi choisi d'après des législation et réglementation apporter par l'Etat algérienne.

Cette étude représente une solution pour la gestion durable de l'eau et rentre dans le cadre de la valorisation des eaux épurées qui sont riches en éléments nutritifs requise pour le développement des cultures de notre périmètre.

Référence bibliographique

Références bibliographiques :

- [1] Baldy, C. (1977). L'évapotranspiration.
- [2] Berrak, I. (2020). Dimensionnement d'un réseau d'aspersion par le logiciel hydrocalc [Mémoire de master, Eau et environnement]. Université de Blida 1.
- [3] Brouwer, C., Prins, K., Kay, M., & Heibloem, M. (1990). Méthodes d'irrigation. *FAO, Italy*.
- [4] Carrega, P. (2008). Le vent : importance, mesures, modélisation et tribulations. *Bulletin de la Société géographique de Liège, 51*, 17-29.
- [5] Emadodin, Iraj & Flores Corral, Daniel Ernesto & Reinsch, Thorsten & Kluß, Christof & Taube, Friedhelm. (2021). Climate Change Effects on Temperate Grassland and Its Implication for Forage Production: A Case Study from Northern Germany. *Agriculture*. 11. 232. 10.3390/agriculture11030232.
- [6] Hulian M. (1982) : cours de drainage agricole. Institut national d'agronomie d'El Harrach. Polycopie. P111. Algérie.
- [7] Liu, Y. Y., Gong, J. G., An, K., & Wang, L. Q. (2020). Cavitation characteristics and hydrodynamic radial forces of a reversible pump-turbine at pump mode. *Journal of Energy Engineering, 146*(6), 04020066.
- [8] Mokhtari, N., MRABET, R., LEBAILLY, P., & Laurent, B. O. C. K. (2014). Spatialisation des bioclimats, de l'aridité et des étages de végétation du Maroc. *Revue marocaine des Sciences 6+agronomiques et vétérinaires, 2*(1), 50-66.
- [9] MOULIN, S., RECHELS, D. R., & STANKOVIC, M. (2013). Traitement des eaux usées. *Atelier L'oeau qualité vs quantité. CERES : Centre d'Enseignement et de Recherches sur l'Environnement et la Société. ERTI : Environmental Research and Teaching Institute*
- [10] Muriel, Djerrab-Ruault & Ferré, Bruno & Kechid-Benkherouf, Fatiha. (2012). Micropaleontological study of Cenomanian/Turonian in Tebessa area (NE Algeria): Palaeoenvironmental implications and evidence of the OAE2 onset. *Revue de Paléobiologie. 31*. 127-144.
- [11] Ollier ch. et Poirée m. (1981). Irrigation : les réseaux d'irrigation, théorie, technique et économie des arrosages. Ed. Eyrolles. Paris. p 455.
- [12] Rieul, L., & Dupuy, B. (1997). Techniques d'irrigation de l'avenir et leur coût. *Aspects économiques de la gestion de l'eau dans le bassin méditerranéen. Bari, Italie, CIHEAM, 233-251*.
- [13] Sghaier, N., Masmoudi, M. M., & Mechlia, N. B. Étude comparative des méthodes d'estimation de la pluie efficace pour une culture de blé.
- [14] TOUAIBIA B. (Manuel d'Hydrologie 3ème Année et Régularisation des débits 4ème année).

Annexes

Annexe 01 : Coefficient cultural Kc.


2. COEFFICIENTS CULTURAUX (Kc)

CULTURE	Stades de développement de la culture					Durée totale de la période végétative
	Initial	Développement	Mi-saison	Arrêtée saison	Récolte	
Banancier	0,4-0,5	0,7-0,85	1,0-1,1	0,9-1,0	0,75-0,85	0,7-0,8
tropical	0,4-0,5	0,7-0,85	1,0-1,1	0,9-1,0	0,75-0,85	0,7-0,8
subtropical	0,5-0,65	0,8-0,9	1,0-1,2	1,0-1,15	1,0-1,15	0,85-0,95
Haricot						
vert	0,3-0,4	0,65-0,75	0,95-1,05	0,9-0,95	0,85-0,95	0,85-0,9
sec	0,3-0,4	0,7-0,8	1,05-1,2	0,65-0,75	0,25-0,3	0,7-0,8
Chou	0,4-0,5	0,7-0,8	0,95-1,1	0,9-1,0	0,8-0,95	0,7-0,8
Coton	0,4-0,5	0,7-0,8	1,05-1,25	0,8-0,9	0,65-0,7	0,8-0,9
Raisin	0,35-0,55	0,6-0,8	0,7-0,9	0,6-0,8	0,55-0,7	0,55-0,75
Arachide	0,4-0,5	0,7-0,8	0,95-1,1	0,75-0,85	0,55-0,6	0,75-0,8
Maïs						
doux	0,3-0,5	0,7-0,9	1,05-1,2	1,0-1,15	0,95-1,1	0,8-0,95
grain	0,3-0,5*	0,7-0,85*	1,05-1,2*	0,8-0,95	0,55-0,6*	0,75-0,9*
Oignon						
sec	0,4-0,6	0,7-0,8	0,95-1,1	0,85-0,9	0,75-0,85	0,8-0,9
vert	0,4-0,6	0,6-0,75	0,95-1,05	0,95-1,05	0,95-1,05	0,65-0,8
Pois, frais	0,4-0,5	0,7-0,85	1,05-1,2	1,0-1,15	0,95-1,1	0,8-0,95
Poivron, frais	0,3-0,4	0,6-0,75	0,95-1,1	0,85-1,0	0,8-0,9	0,7-0,8
Pomme de terre	0,4-0,5	0,7-0,8	1,05-1,2	0,85-0,95	0,7-0,75	0,75-0,9
Riz	1,1-1,15	1,1-1,5	1,1-1,3	0,95-1,05	0,95-1,05	1,05-1,2
Carthame	0,3-0,4	0,7-0,8	1,05-1,2	0,65-0,7	0,2-0,25	0,65-0,7
Sorgho	0,3-0,4	0,7-0,75	1,0-1,15	0,75-0,8	0,5-0,55	0,75-0,85
Soja	0,3-0,4	0,7-0,8	1,0-1,15	0,7-0,8	0,4-0,5	0,75-0,9
Betterave sucrière	0,4-0,5	0,75-0,85	1,05-1,2	0,9-1,0	0,6-0,7	0,8-0,9
Canne à sucre	0,4-0,5	0,7-1,0	1,0-1,3	0,75-0,8	0,5-0,6	0,85-1,05
Tournesol	0,3-0,4	0,7-0,8	1,05-1,2	0,7-0,8	0,35-0,45	0,75-0,85
Tubac	0,3-0,4	0,7-0,8	1,0-1,2	0,9-1,0	0,75-0,85	0,85-0,95
Tomate	0,4-0,5	0,7-0,8	1,05-1,25	0,8-0,95	0,6-0,65	0,75-0,9
Pastèque	0,4-0,5	0,7-0,8	0,95-1,05	0,8-0,9	0,65-0,75	0,75-0,85
Blé	0,3-0,4	0,7-0,8	1,05-1,2	0,65-0,75	0,2-0,25	0,8-0,9
Luzerne	0,3-0,4				1,05-1,2	0,85-1,05
Agrumes sarclés sans sarclage						0,65-0,75 0,85-0,9
Olivier						0,4-0,6

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

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

Annexe 02 : L'asperseur circulaire PERROT ZF 30.



Caractéristiques de l'asperseur circulaire PERROT ZF 30

1 buse
angle de jet 30°
Raccord fileté 1"

Ø de la buse φ mm	pression à la buse bar	portée m	débit m ³ /h	espacement m		surface irriguée m ²		densité d'aspersion mm/h	
				□ disp.	△ disp.	□ disp.	△ disp.	□ disp.	△ disp.
4,0	2,5	13	0,93	12/18	18/18	216	324	4,3	2,88
	3,0	14,5	1,02	18/18	18/24	324	432	3,16	2,36
	3,5	15,3	1,11	18/18	18/24	324	432	3,42	2,57
	4,0	16	1,19	18/18	18/24	324	432	3,71	2,76
4,2	2,5	13,5	1,04	12/18	18/24	324	432	4,8	2,42
	3,0	15	1,14	18/18	18/24	216	432	3,52	2,64
	3,5	15,8	1,23	18/18	18/24	324	432	3,8	2,85
	4,0	16,5	1,32	18/24	24/24	324	576	3,06	2,3
4,5	2,5	14	1,20	18/18	18/24	432	432	3,71	2,76
	3,0	15,6	1,32	18/18	18/24	324	432	4,07	3,05
	3,5	16,3	1,42	18/18	18/24	324	432	4,38	3,29
	4,0	17	1,52	18/24	24/24	324	576	3,52	2,64
4,8	2,5	14,5	1,38	18/18	18/24	432	432	4,27	3,2
	3,0	16	1,51	18/18	18/24	324	432	4,66	3,5
	3,5	16,5	1,63	18/24	24/24	324	576	3,78	2,82
	4,0	17	1,75	18/24	24/24	432	576	4,05	3,04
5,0	2,5	14,5	1,48	18/18	18/24	432	432	4,57	3,43
	3,0	16,5	1,63	18/18	18/24	432	432	5,04	3,77
	3,5	17	1,76	18/24	24/24	324	576	4,08	3,05
	4,0	17,5	1,88	18/24	24/24	324	576	4,35	3,26
5,5	2,5	15,2	1,82	18/18	18/24	432	432	5,62	4,22
	3,0	17	1,99	18/24	24/24	432	576	4,61	3,45
	3,5	17,5	2,14	18/24	24/24	324	576	4,95	3,71
	4,0	18	2,29	18/24	24/24	432	576	5,31	3,98
6,0	2,5	16,2	2,16	18/24	24/24	432	576	5,00	3,75
	3,0	17,5	2,37	18/24	24/24	432	576	5,50	4,12
	3,5	18	2,56	18/24	24/24	432	576	5,92	4,43
	4,0	18,5	2,74	18/24	24/24	432	576	6,35	4,78
7,0	2,5	17,5	2,96	18/24	24/24	432	576	6,9	5,1
	3,0	18,0	3,22	18/24	24/24	432	576	7,5	5,6
	3,5	18,5	3,48	24/24	24/24	576	576	6,0	6,0
	4,0	19,0	3,73	24/24	24/30	576	720	6,8	5,7

Annexe 03 : Caractéristiques hydriques des sols.

classe de texture	hcc	hpf	% R-eau	Da	RU
S	8	3	5	1,35	0,7
SL	12	5	7	1,4	1
SA	19	10	9	1,5	1,35
LIS	15	7	88	1,5	1,2
LS	19	9	10	1,45	1,45
LmS	20	9	11	1,45	1,6
LSA	22	11	11	1,5	1,65
LAS	24	12	12	1,45	1,75
LI	17	8	9	1,45	1,3
Lm	23	10	13	1,35	1,75
LA	27	13	14	1,4	1,95
AS	33	22	11	1,55	1,7
A	37	25	12	1,45	1,75
AL	32	19	13	1,4	1,8
A lourde	29	18	11	1,5	1,65

Annexes

Annexe 04 : Choix de débit de goutteur.

flow state	flow (l/h)	observation
low flow rate	0.5-1.0	suitable for young plants, shallow root systems, or fine-textured soils
Medium flow rate	10-2.0	commonly used for variety of crops and soil types.
high flow rates	2.0-4.0	applicable for mature plantes deep root system, or coarse-textured soils.

Annexe 05 : Classification de Beaufort selon la vitesse de vent.

Echelle de Beaufort	Vitesse de vent (noeuds)	Vitesse de vent (km/h)	Description
0	<1	<2	calme
1	1-3	1.6-5.5	air légère
2	4-6	7.4-11.2	brise légère
3	7-10	12.9-18.5	vent faible
4	11-16	20.4-29.6	brise modérée
5	17-21	31.5-39.0	brise fraîche
6	22-27	40.7-50.9	Vent fort

Annexe 06 :Abaque de Vibert.

