

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'HYDRAULIQUE -ARBAOUI Abdellah-

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

THEME DU PROJET :

**Dimensionnement du réseau d'irrigation du périmètre
HENNAYA (W.TLEMCEN) à partir de station d'épuration
De la surface 100 ha**

PRESENTE PAR :

LAZAR Ahmed

Devant les membres du jury

Noms et Prénoms	Grade	Qualité
M ^r RASSOUL Abdelaziz	M.C.B	Président
M ^m Aziez Ouahiba	M.A.A	Examineur
M ^r YAHIAOUI samir	M.A.B	Examinatrice
M ^r KERID Rachid	M.A.A	Examinatrice
M ^r MERABTI Abdelaziz	Doctorant	Promoteur


- Septembre- 2015

REMERCIEMENTS

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

J'aimerais exprimer ma gratitude pour la patience, le soutien et l'aide qu'a pu m'apporter mon promoteur Mr : Merabti Ainsi que sa disponibilité tout le long de l'élaboration de ce travail.

Nous tenons à exprimer notre gratitude envers tous ceux qui ont de diverses façons contribué à l'élaboration de ce présent mémoire :

 *Mr Yahyaoui samir .*

 *Mm aziez.*

 *Mr Habouch .*

Notre gratitude aux gens de la direction de l'hydraulique (DRE Tlemcen) .

A Les membres de la bibliothèque de l'E.N.S.H, pour leurs précieuses aides.

A tout le corps enseignant et personnel de L'ENSH qui ont contribué de près ou de loin à ma formation.

A tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Mon respect aux membres du jury qui me feront l'honneur d'apprécier mon travail.

Lazar Ahmed

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à tous ceux que j'aime mais surtout :

A mes parents qui ont toujours été les étoiles de mon ciel et ont illuminés mon

Chemin depuis ma naissance, je ne les remercierai jamais assez (maman et papa que

Dieu me les garde);

Aux âmes nobles de ma grandes- mère que Dieu la préserve ;

A mon frere djamel ;

A mes sœurs khadidja ; fatima zohra ; aicha ; wissem ;

A toute mes cousins ;

*A mes amis : Chouaib ; Khaled ; Oussama ; Hamza ; Rabiaa ; bilfel ; cherif ;
azzedine ; abelkader ; rabah ; chouaub mahfoud ; bouteba ; Nassim*

A toute ma promotion 2015 sans exception ;

A mon prometteur Mr merabti abdelaziz ;

A tous les enseignants de l'ENSH qui m'ont accompagné durant mes études ;

A toute personne utilisant ce document pour un bon usage.

Lazar Ahmed

:

في هذا المشروع قمنا بدراسة كيفية تزويد الأراضي الزراعية المكونة لمحيط الحناية الواقع في ولاية تلمسان انطلاقا من محطة تصفية المياه المستعملة. لهذا الغرض قمنا بدراسة عامة لمختلف خصائص المنطقة من حيث المناخ و من حيث الخصائص المتعلقة بنوعية التربة.

Résumé :

L'objectif de ce projet est la conception du réseau d'irrigation qui va alimenter en eaux usées traitées le périmètre de Hennaya à partir de la station d'épuration de Tlemcen.

Pour cela, Nous avons fait une étude générale sur les caractéristiques climatiques ainsi que les caractéristiques des sols de la région.

Abstract:

The objective of this project is the conception of the irrigation network that is going to nourish in worn-out waters treated the perimeter of HENNAYA using treated waste water from the station of purification of TLEMCEN. For this, we made a general survey on the climatic feature as well as the characteristic of the soil of the region.

SOMMAIRE

SOMMAIRE	PAGE
Introduction générale	
CHAPITRE I : LA REUTILISATION DES EAUX USEES.	
Introduction	1
I.1. Historique de la réutilisation des eaux usées	1
I.2. PRINCIPAUX ASPECTS DE LA REUTILISATION DES EAUX USEES.....	2
I.2. 1. Utilité des eaux usées.....	2
I.2. 2. Protection de l'environnement.....	3
I.2.3. Polluants chimiques.....	4
I.2. 3. Aspects économiques.....	5
I.2. 4. Aspects socio-culturels	6
I.3. MESURES DE PROTECTION DE LA SANTE	6
I.4. Infections causés par des agents pathogènes contenus dans les excréta.....	7
I.5. Evaluation des risques liées à la sante	8
Conclusion	9
CHAPITRE II : Analyse des conditions naturelles.	
Introduction	10
II.1. Situation administrative de la wilaya de Tlemcen.....	10
II.2. Situation de périmètre.....	11
II.3. Etude climatologique	12
II.3.1. Pluviométrie.....	12
II.3.2. Température.....	13
II.3.3. Humidité relative de l'air.....	14
II.3.4 .Le Vent.....	15
II.3.5. Sirocco.....	16
II.3.6. Insolation.....	17
II.3.7. Les gelées.....	17
II.4.1. Indice d'aridité de Martonne (1926)	17
II.4.2 Quotient pluviothermique d'Emberger (1955)	18
II.4.3 .Climagramme de Bagnols et Gaussen.....	19
Conclusion.....	20

SOMMAIRE

CHAPITRE III : présentation de la ressource d'irrigation.

Introduction.....	21
III.1. Présentation de la station d'épuration.....	21
III.1. 1. Situation géographique.....	21
III.1. 2. Origine des eaux usées.....	21
III.1. 3. Caractéristique de la STEP	21
III.1. 4. Caractéristique des eaux usées.....	21
III.1. 5. Caractéristique des eaux traitées.....	22
III.2. Les ouvrages de la station.....	22
III.2.1. Déversoir d'orage.....	23
III.2.2. Les prétraitements.....	23
III.2.2.1. Grille grossière à nettoyage manuel.....	24
III.2.2.2. Grilles mécanisées fine.....	24
•Bande transporteuse.....	25
III.2.2.3. Grilles manuelles de by passe.....	25
III.2.2.4. Dessableurs déshuileur.....	25
III.2.3. Traitement biologique.....	27
III.2.3.1. Bassin de dénitrification.....	27
III.2.3.2. Bassin d'aération.....	27
•Les équipements.....	28
•Tour de répartition.....	28
III.2.3.3. Décantation secondaire.....	29
III.2.3.4. Puisard a boues.....	30
III.2.3.5. Recirculation des boues.....	30
III.2.3.6. Chloration.....	30
III.2.4. Traitement des boues.....	31
III.2.4.1. Epaisseur à boues.....	31
III.2.4.2. Les lits de séchage.....	32
III.2.5. Laboratoire.....	32
III.3. Analyses réalisées par le laboratoire de la STEP d'AINEL HOUTZ	33
III.3.1. Les paramètre de pollution.....	33
Conclusion	34

SOMMAIRE

CHAPITRE IV : présentation de la ressource en sol.

Introduction	35
IV.1.Caractéristiques Géologique du plateau de Hennaya.....	35
IV.2.Caractéristiques hydrogéologiques du plateau de Hennaya.....	35
IV.3. Caractéristiques pédologiques du plateau de Hennaya	36
IV.3.1.Identification et classification des sols plateau de Hennaya.....	36
IV.3.2.Etude des caractéristiques physico-chimiques.....	36
IV.3.2.1.La texture et la structure du sol.....	37
IV.3.2.2.Caractéristiques hydrodynamiques du plateau de Hennaya.....	38
IV.3.2.3.Calcaire actif (ca co3)	38
IV.3.2.4.Matière organique et élément fertilisants.....	39
IV.3.2.5.La conductivité électrique CE.....	39
Conclusion	44

CHAPITRE V : Etude hydrologique.

Introduction	45
V.1.Etude Hydrologique	45
V.2.Choix de l'échantillon à analyser	45
V.3. Etude de l'homogénéité de la série pluviométrique.....	47
V.4. Etude de l'échantillon et choix du type de loi d'ajustement	49
V.4.1.Ajustement des pluies annuelles à la loi de Gauss ou loi normale	49
V.4.1.1.Test de validité de l'ajustement à la loi choisie.....	51
V.4.2.Ajustement des pluies annuelles à la loi du log-normale (loi de Galton).....	52
V.4.2.1.Test de validité de l'ajustement à la loi log-normale (loi de Galton).....	54
V.5. Détermination de l'année de calcul.....	54
Conclusion	55

SOMMAIRE

CHAPITRE VI : Besoins en eau des cultures.

Introduction	56
VI.1. Choix des cultures.....	56
VI.1.1. Classification des cultures en fonction du degré de protection sanitaire requis..	56
VI.1.2. Classification des cultures en fonction du potentiel de transmission en microorganismes pathogènes.....	57
VI.2. Calcul de L'évapotranspiration.....	58
VI.2.1. L'évapotranspiration potentielle de référence (ETo).....	58
VI.2.1.1. L'évapotranspiration maximale.....	58
VI.2.1.2. Les Coefficients culturaux (Kc).....	60
VI.3. La réserve facilement utilisable (RFU)	61
VI.4. Cycle végétatif des cultures	61
VI.4.1. Les pourcentages proposés aux différentes cultures.....	62
VI.5. Le bilan hydrique.....	62
VI.5.1. calcul des débits spécifiques.....	63
VI.6. Détermination des Besoins en eau des cultures.....	64
VI.7. Débit caractéristique.....	68
VI.7.1. Estimation des volumes d'eau d'irrigation.....	68
Conclusion.....	69

CHAPITRE VII : Dimensionnement du réseau de distribution et irrigation.

Introduction	70
VII.I.1. Découpage du périmètre en ilots d'irrigation	70
VII.I.2. Calcul des débits des ilots	70
VII.I.3. Choix du type de borne.....	71
VII.I.3.1. Choix de diamètre de la borne.....	72
VII.I.3.2. Calcul des débits aux bornes.....	72
VII.I.4. Calcul hydraulique des canalisations.....	73
VII.I.4.1. Caractéristiques de la conduite principale (CP) et le réseau de distribution..	73
VII.I.4.1.1. Choix du type de matériau.....	73
VII.I.4.1.2. Calcul des diamètres des conduites.....	73
VII.I.5. Appareillage d'équipement du réseau.....	75
VII.I.5.1. Vannes.....	75
VII.I.5.2. Vanne de sectionnement.....	76
VII.I.5.3. Ventouses.....	76

SOMMAIRE

VII.I.5.4.Vidange.....	76
Conclusion I.....	76
Introduction II.....	77
VII.II.1.Données générales.....	77
VII.II.2.Besoins d'irrigation des cultures en irrigation localisée.....	77
VII.II.2.1.Influence du taux de couverture du sol.....	77
1. Dose nette (dose pratique).....	78
2. Calcul de la dose brute.....	79
3. Fréquence des arrosages.....	79
4. Durée d'arrosage par mois.....	80
5. Durée d'arrosage journalier.....	80
6. Nombre de poste.....	80
7. Surface de la parcelle.....	80
8. Calculs hydrauliques.....	80
8.1. Conditions hydrauliques.....	80
8.2. Le débit.....	80
8.1.1. Le nombre d'arbres par rampe.....	81
8.1.2. Nombre de goutteurs par rampe.....	81
8.1.3. Le nombre de rampes.....	81
8.1.4. Débit de la rampe.....	81
8.1.5. Débit de la porte rampe.....	81
8.1.6. Débit de la conduite secondaire.....	81
9. Dimensionnement des différentes parties du réseau.....	81
10. Vérification des pertes de charges.....	82
11. Calculs hydrauliques de la rampe.....	83
12. Calculs hydrauliques du porte rampe.....	83
13. Calcul des diamètres de la conduite secondaire.....	83
13.1. Calcul de caractéristique de conduites secondaires.....	83
14. La pression d'eau à la borne de distribution.....	84
VII.II.3.Capacité de stockage du réservoir.....	85
Conclusion.....	85

SOMMAIRE

CHAPITRE VIII : CALCUL TECHNICO-ECONOMIQUE.

Introduction	86
VIII.1. Devis de réseau d'irrigation localisée	86
VIII.2.Factures pro-forma de conduite principale et réservoir.....	87
VIII.2.1.Calcul du volume de terrassement	87
VIII.2.1.a. Largeur du fond de la tranchée	87
VIII.2.1.b.Profondeur de la tranchée	87
VIII.2.2 La conduite principale	88
VIII.2.2.a. Calcul du volume de déblai	88
VIII.2.2.b. Calcul du volume de lit de sable	89
VIII.2.2.c. Calcul du volume de remblai	89
VIII.2.3. Devis estimatif pour le terrassement de la conduite principale	89
VIII.2.4.Devis estimatif total	90
VIII.2.4.1.calcul de devis du réseau projeté.....	90
VIII.2.4.2.Coût du réservoir de stockage.....	90
Conclusion	90
Conclusion générale	
Bibliographie	
Annexes	

Liste des tableaux

Chapitre II

Tableau II.1 : Pluviométrie moyenne mensuelle de l'année (1980-2010).....	13
Tableau II.2 : Les températures mensuelles de l'année 2010	13
Tableau II.3 : l'humidité relative de l'air de l'année 2010	14
Tableau II. 4 : Vitesse moyenne mensuelle du vent	15
Tableau II.5: Nombre de jours moyen mensuel de siroco.....	16
Tableau II.6 : Insolation mensuelle moyenne en heures.....	17
Tableau II.7 : valeurs moyennes mensuelles du nombre de jours de gelée.....	17
Tableau II.8 : Classification du climat selon De Martonne.....	18

Chapitre III

Tableau III.1 : caractéristiques des eaux et les boues traitées	22
---	----

Chapitre IV

Tableau IV .1 : Classification des sols suivant leur degré de perméabilité	38
Tableau IV .2 : Résultats analytiques des Analyses précédemment faites au niveau des différents sols	40
Tableau IV. 3 : Signification des différentes abréviations pour décrire la texture	41
Tableau IV. 4 : résultats de la classification des sols du périmètre de Hennaya établis en fonction des normes de la F.A.O	43

Chapitre V

Tableau V.1 : Les caractéristiques de La station Tlemcen Zenâta	45
Tableau V.2 : Précipitations moyennes mensuelles (1980-2010).	46
Tableau V.3 : Le procédé de test d'homogénéité pour la station de Tlemcen Zenâta	48
Tableau V.4 : Ajustement à la loi de Gauss.....	50
Tableau V.5: Ajustement des pluies annuelles à la loi-log normale.....	53
Tableau V.6 : Précipitation moyenne mensuelle de l'année de calcul.....	55

Liste des tableaux

Chapitre VI

Tableau VI .1 : Calcul de l'ET0.....	60
Tableau VI .2 : Les Coefficients culturaux	61
Tableau VI.3: Cycle végétatif des cultures.....	61
Tableau VI.4: Les pourcentages occupés aux différentes cultures sont représentés.....	62
Tableau VI.5 : Besoin en eaux des cultures.....	64
Tableau VI .6 : volumes d'eau d'irrigation.....	68

Chapitre VII

Tableau VII.1: Les débits au niveau de chaque ilot.....	71
Tableau VII.2: Choix du diamètre de la borne.....	72
Tableau VII.3: débit au niveau des bornes et des prises.....	72
Tableau VII. 4: Calcul des diamètres des Conduite.....	73
Tableau VII.5: Résultats de calculs (Altitudes des nœuds, demande, charge totale et Pression).....	75
Tableau VII.6: Les résultats de calculs (les débits, les vitesses et les pertes de charge)....	75
Tableau VII.7: Choix des ventouses.....	76
Tableau VII.8 : Caractéristique de la conduite de la rampe.....	82
Tableau VII.9 : Caractéristiques de la conduite de la porte rampe.....	83
Tableau VII.10 : Caractéristique de la conduite secondaire.....	83
Tableau VII.11 : Les pertes de charge de la borne jusqu'au goutteur le plus défavorable.	84

Chapitre VIII

Tableau VIII.1. Factures pro-forma des pièces du réseau d'irrigation	86
Tableau VIII.2: calcul du volume de déblai	88
Tableau VIII.3.calcul du volume de sable	89
Tableau VIII.4 .Calcul du volume de remblai	89
Tableau VIII.5.Factures pro-forma terrassement de la conduite secondaire.....	89
Tableau VIII.6 : Coût bassin de stockage.....	90

Liste des figures

Liste des figures

Chapitre II

Figure II.1 : Situation administrative de la willaya Tlemcen. Echelle de la carte 1/50000.....	11
Figure II.2 : Vue aérienne de périmètre à étudier. Echelle de la carte 1/50000.	12
FigureII.3: graphique de pluie de l'année (1980-2010).....	13
Figure II.4 : graphique des températures.	14
Figure I.5 : Evolution de l'humidité relative moyenne.....	15
Figure I.6 : Evolution de Vent moyenne.	16
Figure I.7 : Classification du climat selon l'indice de Gaussen.....	19
Figure I.8 : Diagramme Embrothermique de Gaussen.....	20

Chapitre III

Photo III.1: Station d'épuration d'AIN EL HOUTZ.....	23
Photo III .2: Déversoir d'orage de la STEP d'AIN EL HOUTZ.....	23
Photo III .3: Grilles mécanisées fine de la STEP d'AIN EL HOUTZ.....	25
Photo III .4: Dessableurs déshuileur de la STEP d'AIN EL HOUTZ.....	26
Photo III .5: Bassin d'aération de la STEP d'AIN EL HOUTZ.....	28
Photo III .6: Décantation secondaire de la STEP d'AIN EL HOUTZ.....	29
Photo III .7: Bassin de chloration de la STEP d'AIN EL HOUTZ.....	31
Photo III .8: L'épaississeur de la STEP d'AIN EL HOUTZ.....	32

Chapitre V

Figure V.1: Ajustement des pluies annuelles à la loi de Gauss.....	50
Figure V.2 Ajustement des pluies annuelles à la loi log-normale.....	53

Chapitre VII

Figure VII .1: Simulation du réseau de distribution (Epanet).....	74
Figure VII.1 : Schéma explicatif de la desserte borne-goutteur.....	84

Chapitre VIII

Figure VIII.1 : Schéma d'une tranchée.....	88
--	----

Liste des planches

Planche N°1 : plan de situation de périmètre de HANNAYA W. TLEMCEN.

Planche N°2 : plan d'occupation du sol de périmètre de HANNAYA W.TLEMCEN.

Planche N°3 : plan du réseau d'irrigation de périmètre de HANNAYA W.TLEMCEN.

Planche N°4 : plan du réseau d'irrigation de périmètre de HANNAYA W.TLEMCEN.

Planche N°5 : profil en long de la conduite principale du périmètre de HANNAYA W.TLEMCEN.

INTRODUCTION GENERALE :

L'agriculture est un secteur névralgique pour tout pays voulant acquérir une indépendance alimentaire. Si après l'apparition de l'agriculture intensive pour augmenter la production agricole, il suffisait d'augmenter les surfaces agricoles exploitées. Ces dernières années, ce procédé a connu ses limites, notamment par l'apparition de plusieurs problèmes dont le plus important est celui lié à la ressource en eau, car si dans le passé cette ressource était suffisante du point de vue quantité et du point de vue qualité elle était irréprochable. Ce n'est plus le cas actuellement.

C'est devant cette état de fait que l'agriculteur pour pouvoir irriguer s'est retourné vers l'utilisation des eaux de qualité marginales ou dite eau non conventionnelle. Telles les eaux usées traitées.

C'est dans ce cadre que s'inscrit notre projet qui s'intitule « Dimensionnement du réseau d'irrigation goutte à goutte du périmètre HENNAYA wilaya TLEMEN à partir d'un STEP de surface 100 ha. ».

Pour bien mener cette étude nous avons opté pour le plan suivant :

Chapitre I : LA REUTILISATION DES EAUX USEES.

Chapitre II : Analyse des conditions naturelles.

Chapitre III : présentation de la ressource d'irrigation.

Chapitre IV : présentation de la ressource en sol.

Chapitre V : Etude hydrologique.

Chapitre VI : Besoins en eau des cultures.

Chapitre VII : Dimensionnement du réseau de distribution et irrigation.

Chapitre VIII : CALCUL TECHNICO-ECONOMIQUE.

CHAPITRE I :

LA REUTILISATION DES EAUX USEES

Introduction :

On appelle réutilisation des eaux l'emploi nouveau des « eaux de deuxième main » pour un usage différent de celui de son premier emploi grâce à des actions volontaires.

La réutilisation peut être réalisée de manière directe ou indirecte :

- La réutilisation directe correspond à l'emploi immédiat des eaux déjà utilisées, après épuration, sans passage ni dilution de ces eaux dans le milieu naturel.
- La réutilisation indirecte correspond à l'emploi, sous forme diluée, des eaux déjà utilisées, après leur rejet et dilution dans le milieu naturel.

La définition stricte de la réutilisation exclut donc le recyclage. Il s'agit, dans ce cas d'une réutilisation interne des eaux dans un cycle de production dans le but du contrôle de pollution et de l'économie des ressources en eau. Le recyclage est en conséquence l'affaire de l'utilisation initiale.

La réutilisation des eaux sert à des usagers nouveaux par rapport aux usagers initiaux. Le nouvel usage nécessite en général un traitement des eaux pour les ramener à une qualité satisfaisante et compatible avec l'usage envisagé.

I.1. Historique de la réutilisation des eaux usées :

Les effluents urbains, ont été depuis longtemps, utilisés pour la production agricole (champ d'épandage du 19eme siècle, en Angleterre, Allemagne, les régions parisiennes).

A partir de 1910 sous l'influence de l'extension urbaine, les nuisances générées par l'épandage d'eaux brutes, la pratique est entrée en régression sans que ce déclin soit dû à des considérations sanitaires objectives et précises.

Au milieu du siècle, une meilleure compréhension des phénomènes biologiques et physico chimiques qui préside au processus de l'évolution et de la dégradation de la matière organique, a favorisé, dans les pays industrialisés, de techniques épuratoires, qui avaient pour but de protéger le milieu naturel et en particulier, les cours d'eau récepteurs.

Ces techniques ont été ensuite, peu à peu, utilisées pour le recyclage direct ou indirect, dans les pays semi arides, à déficit hydrique chronique.

C'est ainsi que les états comme la Californie, l'Arizona ont développé à partir des années soixante et, plus radicalement, ces deux dernières décennies, l'irrigation avec les eaux résiduaires, après traitement physico-chimique et biologique.

Aux états unis, un milliard de mètre cube était recyclé annuellement en 1975, dont 60% pour l'agriculture (7 milliards pour l'année 2000). En Californie environ 180 millions de mètre cube par an était réutilisés dans l'agriculture en 1975.

Des pays du bassin méditerranéen ont suivi rapidement l'exemple : Espagne, Chypre, Grèce, Palestine, Tunisie (2000ha irrigués à partir des eaux usées épurées près de Tunis) (PUIL C, 1998).

I.2.Principaux aspects de la réutilisation des eaux usées :

I.2. 1.Utilité des eaux usées :

En tant que substitut de l'eau douce pour l'irrigation et l'aquiculture, les eaux usées ont un rôle important à jouer dans la gestion des ressources en eau. En laissant l'eau fraîche pour l'alimentation en eau potable et pour d'autres usages prioritaires, la réutilisation des eaux usées contribue à la conservation de l'eau; elle présente aussi certains avantages économiques. Les eaux usées sont disponibles à proximité des agglomérations urbaines, où est concentrée la demande de produits agricoles et de bois de feu. Réutiliser les eaux usées pour irriguer les cultures et les plantations d'arbres peut donner à améliorer l'état nutritionnel des populations urbaines et à fournir le combustible pour la cuisine et le chauffage. Dans certains pays, cette application est essentielle. Il faut donner veiller avant tout à ce que les eaux usées soient réutilisées de façon rationnelle, tout en veillant à la protection de la santé.

Déversés directement dans le milieu, certains polluants peuvent être à l'origine de graves problèmes de pollution (en particulier, les matières organiques et les composés à base de nitrate, de phosphore et de potassium), mais dans les eaux d'irrigation ou les viviers, ils constituent des éléments nutritifs. Des études réalisées dans de nombreux pays ont montré que, si elle est convenablement gérée, l'irrigation avec des eaux usées brutes ou des effluents ayant subi un traitement primaire et secondaire peut contribuer à l'augmentation des rendements. Avec un taux d'irrigation annuel de 20 000 m³/ha(équivalent à une hauteur d'eau annuelle de 2 m), taux qui correspond aux besoins dans la plupart des régions semi-arides, des concentrations type de 15 mg/litre d'azote total et de 3ml/litre de phosphore total dans des eaux usées convenablement traitées (par exemple, dans une série de bassins de stabilisation convenablement conçus) équivalent à des taux d'application annuels d'azote et de phosphore de 300 kg et 60 kg/ha, respectivement. De tels apports en éléments nutritifs peuvent réduire, ou éliminer

totale, la nécessité d'utiliser des engrais industriels. En outre, les matières organiques ainsi ajoutées au sol servent à le conditionner, augmentant sa capacité de rétention de l'eau.

I.2.2. Protection de l'environnement :

Le déversement dans le milieu d'eaux usées brutes ou partiellement traitées peut provoquer la pollution des eaux de surface, des eaux souterraines et des sols. Cela peut être évité par la planification de l'utilisation des eaux usées pour l'irrigation ou l'aquaculture, qui permet de limiter les dégâts et d'amortir ainsi en partie le coût du projet. En outre, l'irrigation au moyen d'eaux usées, et non d'eaux souterraines, dans les régions où la surexploitation des dernières est à l'origine de problèmes, tels que la pénétration d'eau salée dans les zones littorales, pourrait avoir d'autres effets bénéfiques sur l'environnement. Du point de vue de la protection de l'environnement, la réutilisation des eaux usées est souvent la meilleure méthode d'évacuation. Dans de nombreux pays en développement, leur réutilisation en foresterie peut aussi avoir d'importantes retombées écologiques à la périphérie des grandes villes, où le déboisement pour satisfaire les besoins en bois de feu entraîne la dégradation de l'environnement. Dans les zones arides, la plantation de ceintures d'arbres autour des villes aide à stabiliser le désert et à enrayer les tempêtes de poussière. En outre, c'est une culture utile, qui, de surcroît, contribue à l'amélioration de l'environnement. L'utilisation des eaux usées pour l'irrigation et l'épandage des boues d'épuration comportent cependant un risque: celui de la contamination des eaux souterraines, où l'accumulation d'azote est un grave problème dans de nombreux pays. Ce risque dépend des conditions locales et du taux d'application. Quand la couche saturée de l'aquifère se trouve sous une épaisse couche non saturée homogène, la plupart des polluants passent dans la couche non saturée et le risque de contamination des eaux souterraines est alors faible. C'est seulement quand la couche non saturée située au-dessus de l'aquifère est peu épaisse ou très poreuse, en particulier si elle est fissurée, que le risque d'accumulation d'azote est important. Par ailleurs, les cultures absorbent l'azote contenu dans les eaux usées, réduisant ainsi la contamination des eaux souterraines.

Dans les programmes de réutilisation des eaux usées, il faut toujours veiller à ne pas créer un habitat pour les vecteurs des maladies, comme les moustiques ou les mollusques. Dans le passé, les champs d'épandage favorisaient parfois la reproduction

des moustiques de l'espèce *Culex pipiens* dans les eaux polluées à faible courant et les bassins d'eau stagnante. Non seulement ils constituent une nuisance, mais encore ils peuvent transmettre la filariose bancroftienne dans la plupart des régions où cette maladie est endémique. Des méthodes classiques de lutte anti vectorielle devraient être appliquées en cas de besoin pour éviter la transmission des maladies propagées par des vecteurs.

I.2.3. Polluants chimiques :

Partout où les déchets industriels sont déversés dans le réseau d'assainissement, les eaux usées municipales risquent de contenir des polluants chimiques. Cela est particulièrement préoccupant lorsqu'il s'agit de polluants toxiques pour l'homme, les plantes et le biotope aquatique, comme les métaux lourds et les substances organiques non dégradables. La présence de boron, composant des détergents synthétiques toxique pour les plantes, en particulier les agrumes, devrait être contrôlée quand les eaux usées sont utilisées pour l'irrigation. La meilleure solution est d'empêcher les polluants chimiques de se déverser dans les égouts, mais cela est difficile là où les petites industries sont nombreuses, à moins d'aménager des zones industrielles isolées et dotées de leurs propres stations d'épuration des eaux usées.

A long terme, l'irrigation au moyen d'eaux usées peut entraîner l'accumulation dans le sol de substances toxiques ou de sel. À mesure que la zone non saturée absorbe les polluants chimiques, en particulier les métaux lourds, leur concentration dans le sol augmente et, après de nombreuses années, elle atteint un niveau tel que les plantes elles-mêmes absorbent les polluants dans des quantités toxiques pour l'homme. Dans les régions arides, où l'eau d'irrigation est saline, il est fréquent que la salinité du sol augmente

et l'irrigation avec des eaux usées salines peut avoir le même effet à long terme. Pour remédier, il est impératif dans tout projet d'irrigation, de prévoir le drainage adéquat des sols.

L'examen détaillé de la question dépasse le cadre du présent rapport; mais des valeurs indicatives ont été publiées pour définir la qualité chimique des eaux d'irrigation, notamment des valeurs relatives à la salinité, mix taux d'infiltration dans le sol et à la toxicité ionique spécifique. Ces valeurs peuvent servir à identifier, dans des cas particuliers, les problèmes potentiels dus à l'utilisation d'eaux usées.

I.2. 3. Aspects économiques :

De toute évidence, la réutilisation des eaux usées suppose leur récupération. Dans les grandes agglomérations urbaines, les eaux usées consistent le plus souvent en eaux d'égout, mais parfois il peut s'agir de fumier. De toute façon, la récupération est nécessaire, que les eaux usées soient réutilisées ou non, et son coût ne devrait pas être induit dans l'évaluation économique des projets de réutilisation, ni supporté car imputé à ceux qui utilisent les eaux usées. Cela est vrai aussi pour le coût du traitement et de l'évacuation des eaux usées, nécessaires pour assurer la protection de l'environnement.

Si l'on considère l'ensemble du traitement des eaux usées, seul le coût du traitement qui n'est pas entrepris à des fins de lutte antipollution peut être raisonnablement imputé à un projet de réutilisation. Toutefois, dans certains cas, la réutilisation des effluents pour l'irrigation ou l'aquaculture peut nécessiter un traitement moins poussé que s'il s'agissait de lutter contre la pollution. En l'occurrence, la réduction du coût de traitement serait un avantage imputable au projet. - L'installation de systèmes de stockage et de distribution des effluents (bassins, réservoirs, canaux, canalisations et installations connexes) entraînent néanmoins des frais supplémentaires. Par rapport aux coûts, les avantages de la réutilisation des eaux usées sont la valeur de la production agricole ou piscicole, la création d'emplois, les économies réalisées sur l'achat d'engrais (qui sont éventuellement importés) et la pollution ainsi évitée. À ce dernier avantage est liée l'économie réalisée sur le coût des installations d'évacuation qu'il aurait fallu aménager sans cela - par exemple, de longs et coûteux égouts de décharge en mer dans les régions côtières. L'utilisation des eaux usées, au lieu d'autres sources d'eaux destinées par exemple à des usages industriels ou domestiques, peut entraîner des économies considérables, ce qui est un énorme avantage.

Il est plus facile de trouver des solutions satisfaisantes du point de vue économique quand la réutilisation est envisagée dès le stade de la planification, car même la conception du système de récupération des eaux usées et l'emplacement de la station d'épuration influent sur la viabilité économique des projets d'irrigation ou d'aquaculture. Le transport des effluents traités sur de longues distances, jusqu'aux régions où ils sont utilisés, doit être évité, en raison de son coût élevé.

I.2. 4. Aspects socio-culturels :

D'importants facteurs socio-culturels et religieux peuvent influencer sur la faisabilité et l'acceptabilité des plans de réutilisation des eaux usées. Par exemple, dans certaines parties d'Asie, en particulier en Chine, l'utilisation agricole des excréments bruts est une pratique très ancienne et largement admise, de sorte qu'un traitement préalable peut paraître inutile. En revanche; dans d'autres pays, le contact avec des excréments humains peut être-interdit par la religion ou la culture. Plusieurs autorités religieuses ont cependant déclaré qu'il était acceptable d'utiliser des eaux usées traitées, convenablement purifiées. En fait, la réceptivité des gens aux idées et aux valeurs nouvelles est souvent sous-estimée.

I.3. Mesures de protection de la sante :

Quand les eaux usées sont réutilisées a des fins agricoles, quatre grandes mesures peuvent être prises pour protéger la santé, à savoir l'épuration des eaux, la restriction des cultures, le contrôle de l'utilisation et le contrôle de l'exposition avec amélioration de l'hygiène. Jusqu'a présent, le traitement des eaux usées et la restriction des cultures sont les mesures les plus largement adoptées dans les projets de réutilisation contrôlés. A l'avenir, on pense qu'une planification plus intégrée permettra de choisir la combinaison optimale des mesures nécessaires en fonction des conditions socio-culturelles, institutionnelles et économiques locales.

Les méthodes de traitement classiques mettent l'accent sur la réduction ou l'élimination de la demande biochimique en oxygène et des solides en suspension, alors que, pour réutiliser les eaux usées, il faut en éliminer les agents pathogènes, comme les helminthes, contre lesquels les méthodes classiques ne sont pas très efficaces. L'ingénieur qui conçoit une installation de traitement pour un projet de réutilisation doit connaître la proportion d'agents pathogènes à éliminer. Il faut donc fixer dans chaque cas une norme qualitative pour les eaux usées traitées, en déterminant la concentration maximale acceptable des organismes en cause. Des directives appropriées doivent être données pour permettre de choisir les techniques de traitement et de gestion assurant la protection sanitaire voulue. () : Groupe scientifique.

Les procédés de traitement choisis devraient permettre d'obtenir, a tout moment, des eaux Usées ayant la qualité voulue, sans avoir besoin d'une surveillance constante. A cette fin; il faut –mettre l'accent sur le choix et la conception minutieuse des installations de traitement, en évitant celles dont le fonctionnement exige beaucoup de soin. Cela est particulièrement

important dans les pays en développement, qui manquent d'infrastructure et de personnel qualifié pour faire fonctionner ces installations, et où les techniques les plus simples et les moins coûteuses ont le plus de chance de bien marcher.

I.4. Infections causées par des agents pathogènes contenus dans les excréta :

Des virus, des bactéries, des protozoaires et des helminthes pathogènes passent dans les excréta des personnes infectées et peuvent être transmis soit par voie orale (par exemple, par la consommation de légumes contaminés), soit par la peau (comme dans le cas des ankylostomes et des schistosomes). Les excréta et les eaux usées contiennent généralement de fortes concentrations d'agents pathogènes, en particulier dans les pays où les maladies diarrhéiques et les parasites intestinaux sont particulièrement répandus. Il existe un grand nombre d'infections de ce genre, qui ont des répercussions importantes sur la santé publique et qui sont transmises de différentes manières. Les caractéristiques des agents à l'origine de ces infections et sont très importantes pour déterminer dans de telles conditions une infection peut être favorisée ou maîtrisée par la réutilisation des eaux usées. On répartit en cinq catégories les infections causées par des pathogènes contenus dans les excréta, en fonction du mode de transmission dans l'environnement, comme cela est mentionné ci-après :

* La première catégorie comprend des infections causées par des agents pathogènes infectieux dès l'excrétion qui ont une faible dose infectieuse médiane.

* Les agents pathogènes responsables des infections de la deuxième catégorie sont des bactéries contenues dans les excréta. Comme dans le cas précédent, ils sont infectieux dès l'excrétion; leur dose infectieuse médiane est plus élevée, de sorte qu'ils doivent être absorbés en plus grande quantité pour pouvoir causer des maladies.

* Les infections de la troisième catégorie sont causées par les nématodes intestinaux transmis par le sol, qui n'ont pas besoin d'hôte intermédiaire. Leurs œufs ne deviennent infectieux qu'après une période de latence dans l'environnement.

* Les infections de la quatrième catégorie sont dues aux *Tænia saginata* et *T. solium*, qui se transmettent à l'homme par la consommation de viande de bœuf peu cuite.

* La cinquième catégorie comprend les infections causées par des helminthes aquatiques, nécessitant une ou deux hôtes aquatiques intermédiaires.

I.5. Evaluation des risques liées à la sante :

Connaissant le mode de survie des agents pathogènes contenus dans les excréta et le degré d'élimination de ces agents par le traitement des eaux usées, on peut, dans une certaine mesure, évaluer le risque de propagation des maladies transmissibles lié à l'utilisation d'eaux usées. Cette approche, qui donne la priorité aux critères microbiologiques, table sur l'élimination des agents pathogènes pour déterminer l'absence de risque «potentiel», mais elle ne tient pas compte du concept épidémiologique de risque «effectif» ou «attribuable». On considère qu'il existe un risque potentiel (de contracter une maladie) quand des micro-organismes pathogènes sont détectés dans les eaux usées ou sur les plantes, même si aucun cas de maladie causée par ces micro-organismes n'est détecté. En revanche, du point de vue épidémiologique, l'accent est mis sur le risque probable, pour un individu, de contracter une maladie donnée (ou de voir sa sante s'altérer), pendant une période donnée, par suite d'une certaine exposition. Un risque potentiel peut ne jamais devenir effectif", pour des raisons liées au temps de survie des agents pathogènes, à la dose infectieuse minimale, au comportement humain et à l'immunité de l'hôte. En outre, une infection peut se transmettre dans la communauté par d'autres voies; Aussi la maladie observée n'est-elle pas nécessairement associée à l'utilisation d'eaux usées. La meilleure manière d'évaluer le risque est donc de se baser sur le risque attribuable ou risque excédentaire, qui indique la part de l'infection associée à un mode de transmission particulier dans la population, en l'occurrence la réutilisation des eaux usées. Pour évaluer le risque attribuable, il faut comparer deux populations, dont l'une est exposée au facteur de risque en question (dans ce cas, l'utilisation des eaux usées), tandis que l'autre ne l'est pas (population témoin). Certains cas de la maladie en question peuvent survenir dans la population témoin, ou la maladie peut être transmise par d'autres voies (par exemple, maladies diarrhéiques transmises par des eaux domestiques contaminées, ou infections intestinales dues à des nématodes, présents dans le milieu domestique). La différence entre le risque de maladie dans la population exposée et dans la population témoin - et pas simplement le nombre de cas dans la population exposée - donne la mesure du risque attribuable à l'utilisation des eaux usées. L'expression «risque relatif» désigne le ratio du risque estimé pour la population exposée et pour la population témoin, c'est-à-dire la probabilité plus ou moins grande de survenue de la maladie dans la population exposée par rapport au groupe témoin. Dans le cas présent, il s'agit d'une indication de l'importance relative de la réutilisation des eaux usées en tant que facteur de risque pour

la maladie considérée, Cependant, dans la pratique, il est sans doute plus utile d'évaluer la morbidité effectivement due à ce facteur, et pour cela, le risque attribuable est un paramètre plus approprié. Les risques pour la santé liés à la réutilisation des eaux usées peuvent varier selon les sous-catégories de la population. 'Celles qu'il faut considérer en priorité comprennent les personnes consommant les produits irrigués avec des eaux usées (risque pour le consommateur) c'est les ouvriers agricoles, qui sont exposés de par leur métier (risque professionnel). Il est important aussi d'étudier séparément les personnes d'âges différents, car le risque n'est pas toujours le même pour les enfants et pour les adultes. Les mesures de protection sanitaire à prendre dépendront la nature du risque qu'il faut prévenir.

Conclusion :

La réutilisation des eaux usées est appelée à se développer, à se diversifier et à être socialement plus acceptée. Des efforts restent à faire dans de nombreux domaines afin de mieux maîtriser l'utilisation de ces eaux. Des systèmes de traitement fiables et économiques demandent à être développés. Les effets à long terme de la réutilisation des eaux usées et des opérations de recharge sont également à prendre en compte.

Les futurs projets de réutilisation des eaux usées dépendront d'une meilleure planification et d'un meilleur aménagement des opérations de réutilisation. Ceci signifie l'amélioration de l'évaluation et de la prise en compte des facteurs techniques, sociaux, économiques, réglementaires et environnementaux et la recherche d'une meilleure organisation sur le plan institutionnel.

CHAPITRE II :

Analyse des conditions naturelles

Introduction :

Dans ce chapitre, nous présentons les paramètres climatiques ainsi que les différentes caractéristiques physiques qui sont favorables à la mise en valeur en irrigation.

La zone d'étude concerne le périmètre HENNAYA, qui est situé dans la wilaya Tlemcen.

II.1. Situation administrative de la wilaya de Tlemcen :

La wilaya de Tlemcen elle est située sur le littoral Nord-ouest du pays et dispose d'une façade maritime de 120 km. C'est une wilaya frontalière avec le Maroc, Avec une superficie de 9017,69 Km². Le Chef-lieu de la wilaya est située à 432 km à l'Ouest de la capitale, Alger.

La wilaya de Tlemcen est constituée administrativement de 20 daïras et de 53 communes.

La wilaya est limitée par :

- Au Nord par la Mer Méditerranée.
- Au Nord-est par la wilaya d'Ain T'émouchent.
- A l'Est par la wilaya de Sidi bel abbés.
- Au Sud par la wilaya de Naïma.
- A l'Ouest par le Maroc.

On peut la localiser sur une carte grâce aux coordonnées géographique ci-dessous :

- Latitude : 34° 97 ' Nord.
- Longitude : 1° 34' Ouest.

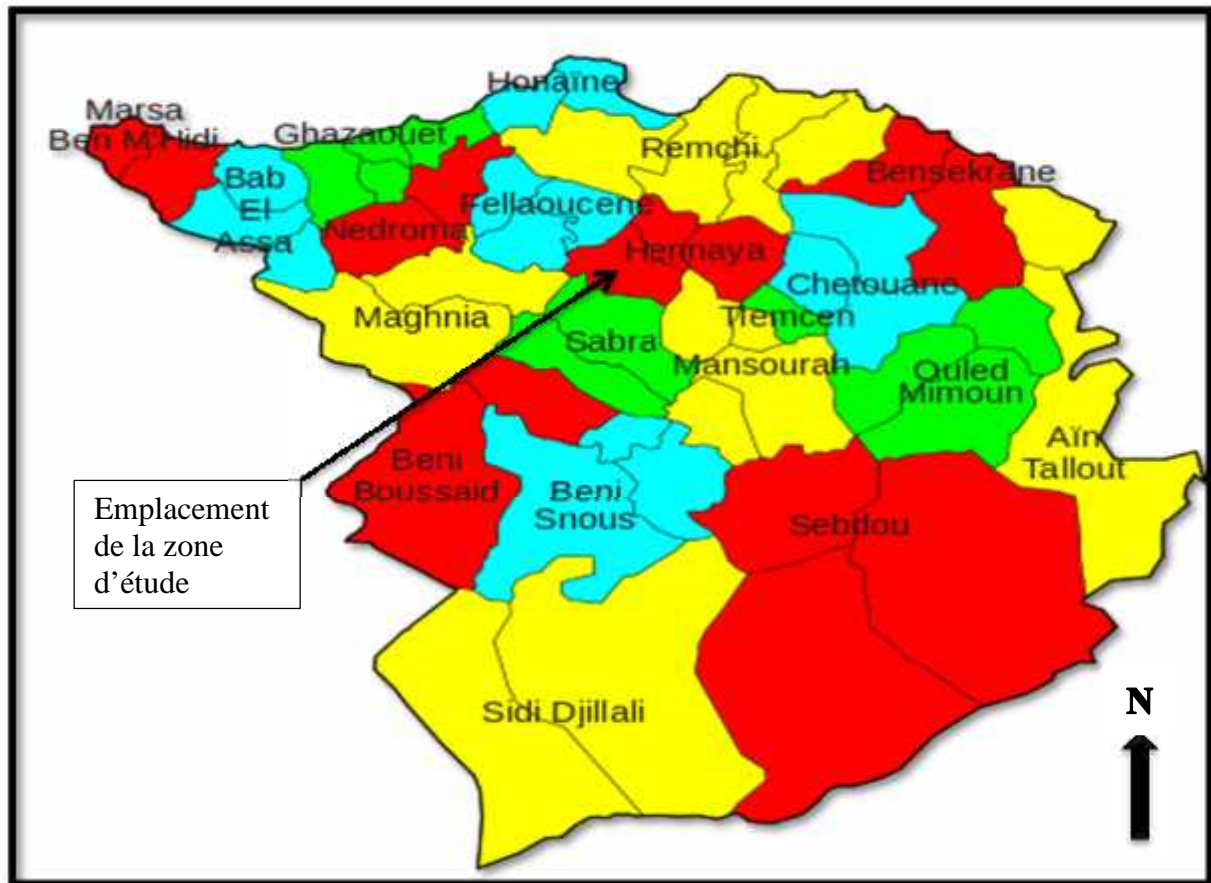


Figure II.1 : Situation administrative de la wilaya Tlemcen. Echelle de la carte 1/50000.

II.2. Situation de périmètre :

Le grand périmètre d'irrigation TAFNA ISSER ET HENNAYA est caractérisé par une superficie exploitable d'environ 10.000 ha, il est composé de cinq (05) entités géographiques distinctes qui sont :

- La haute et moyenne Tafna.
- La basse Tafna.
- La confluence de Tafna ISSER.
- La vallée de l'oued Tafna ISSER.
- Le périmètre du plateau de HENNAYA : c'est ce périmètre qui fera l'objet de notre étude, il est situé à proximité du village de HENNAYA, lui-même distant de 15 Km au Nord Est de la ville de Tlemcen.

L'alimentation de ce périmètre se fera par la STEP de Tlemcen, cette dernière est située au Sud-Ouest du périmètre à une distance d'environ 5 Km.

Les terrains qui forment ce périmètre sont caractérisés par le fait qu'ils sont fortement plats avec une pente régulière de 1.7% dirigés vers le nord, et une altitude qui varie entre 390m et 320m.

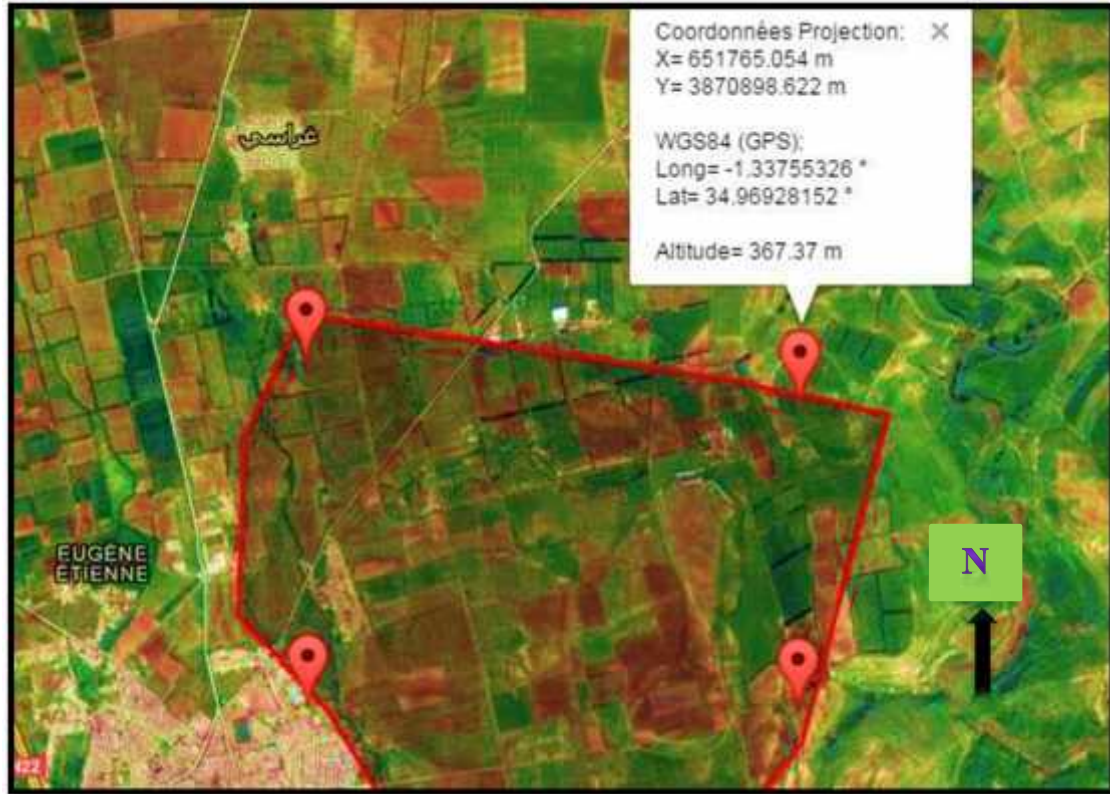


Figure II.2 : Vue aérienne de périmètre à étudier. Echelle de la carte 1/50000. 27/04/2015

II.3. Etude climatologique :

L'étude climatologique se base sur l'observation et l'estimation de nombreuses variables représentatives du climat à long terme. L'étude climatologique préalable et représentative de la zone d'étude est fondamentale, vu son rôle prépondérant dans les projets d'irrigation.

En effet, le climat est un facteur essentiel qui conditionne le système des cultures ainsi que les besoins en eau d'irrigation.

Pour l'étude des facteurs climatiques, on se base sur les stations climatologiques les plus proches du périmètre, pour avoir une bonne précision des paramètres climatiques.

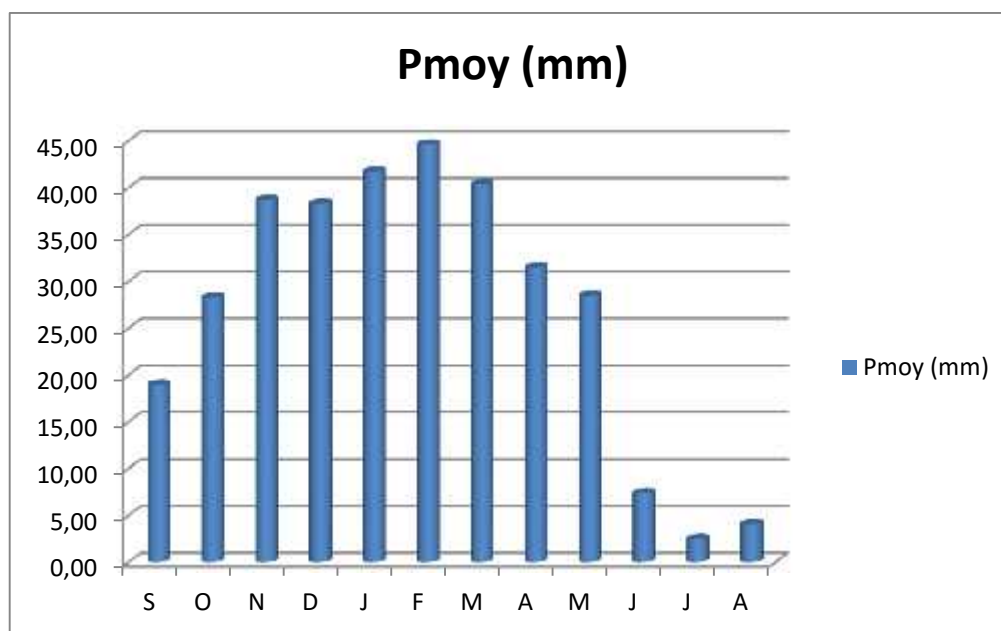
II.3.1. pluviométrie :

La station pluviométrique représentative de la zone d'étude est la station de Bensekrane. Les résultats ainsi obtenus sont résumés dans le tableau II.1.

Tableau II.1: Pluviométrie moyenne mensuelle de l'année (2010).

MOIS	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	AN
P _{moy}	18,9	28,2	38,72	38,33	41,76	44,63	40,39	31,50	28,48	7,38	2,50	4,09	325

Source O.N.M

**Figure II.3 :** graphique de pluie de l'année (1980-2010).**II.3.2. Température :**

La température de l'air est un facteur important dans la détermination du climat, il intervient d'une manière directe en agriculture puisqu'il conditionne l'évaporation et le cycle végétatif des cultures.

Tableau II.2: Les températures mensuelles de l'année 2010.en °C

MOIS	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moy
T _{min}	3.81	4.42	5.84	6.86	10.1	15.3	18.6	18.9	15.1	11.7	7	4.2	10,15
T _{max}	7.9	11.3	17.4	25	27,58	30,02	31,52	33,04	30,68	22.5	18.7	12.5	22,34
T _{moy}	5,85	7,86	11,62	15,93	18,84	22,66	25,06	25,97	22,89	17,1	12,8	8,35	16,24

Source O.N.M

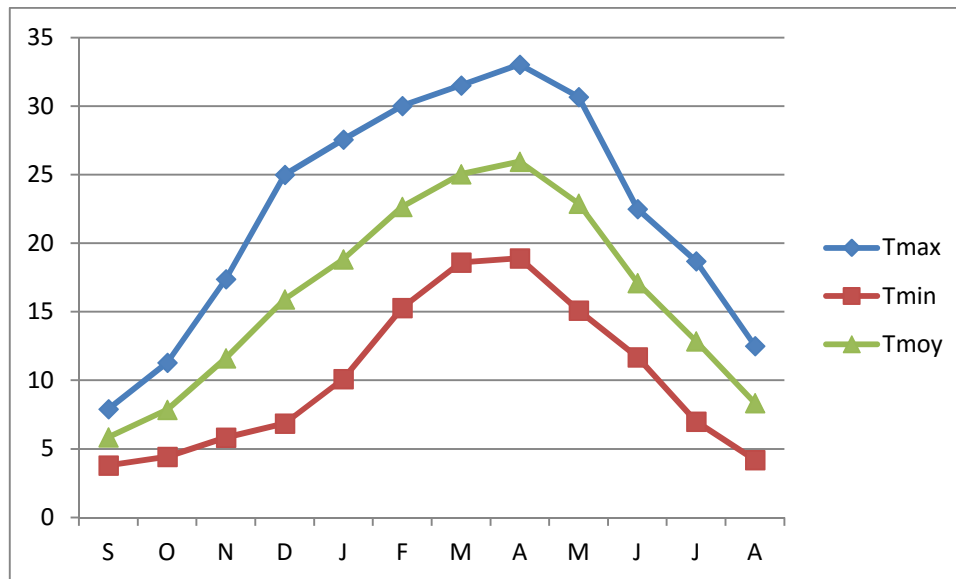


Figure II.4 : Graphique des températures.

Interprétation :

Il ressort du tableau précédent que :

- La température mensuelle minimale est celle du mois de Janvier, elle est de 3.81 C°.
- La température mensuelle Maximale est celle du mois d'Aout, elle est de 33.04 C°.
- La température moyenne annuelle est égale à 16.24°.

II.3.3. Humidité relative de l'air :

C'est une donnée climatique qui mesure le degré hygrométrique de l'air, cette donnée intervient dans l'estimation de l'évaporation et dans les considérations agronomiques. L'hygromètre ou psychromètre, indique l'humidité de l'air, tandis que l'hydrographe enregistre les variations du taux d'humidité.

Tableau II.3 : L'humidité relative de l'air de l'année 2010.

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
H%	63,88	67,66	69,96	73,51	73	71,52	69,8	67,58	66,44	62	60,61	60,17

Source O.N.M

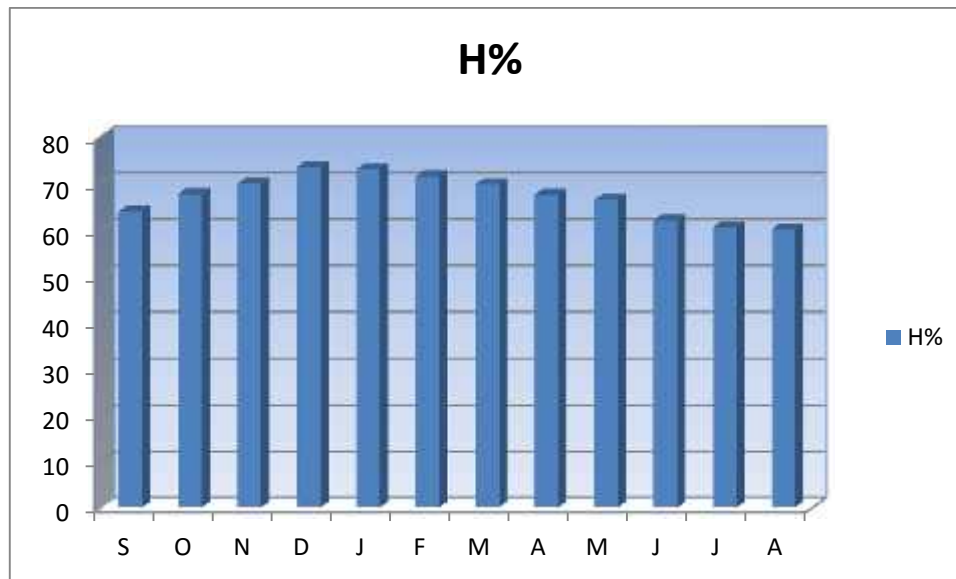


Figure II.5 : Evolution de l'humidité relative moyenne.

Interprétation :

Nous remarquons à partir de ce tableau que les minimales sont enregistrées le mois de Juillet Août, et que les maximales sont quant à elles enregistrées les mois de Janvier et février.

II.3.4 .Le Vent :

Le vent constitue un facteur climatique exerçant une grande influence sur les cultures, transportant des masses d'air humides, protégeant les cultures des forces d'évapotranspirations de direction Nord à Nord-ouest. En cas d'irrigation par aspersion, la présence de vents violents ($V > 5$ m/s) provoque une mauvaise répartition de la pluie artificielle des asperseurs. Pour caractériser le régime des vents nous avons dépouillé les données de la station météorologique de Tlemcen Zenâta :

Tableau II.4 : Vitesse moyenne mensuelle du vent.

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
V (m/s)	2,05	1,47	1,57	1,17	1,45	1,9	2,65	2,58	1,95	1,65	1,98	1,83

Source O.N.M

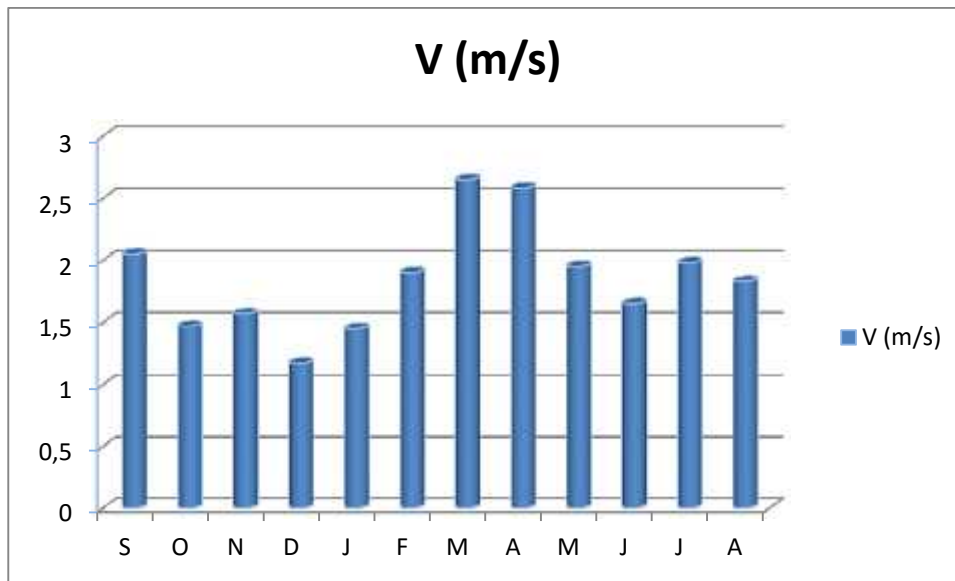


Figure II.6 : Evolution de Vent moyenne.

Interprétation :

La vitesse moyenne annuelle du vent est de 1,85 m/s. Les vitesses maximales atteignent 2,65 m/s durant le mois de Mai.

II.3.5. Sirocco :

Le sirocco est un Vent sec et très chaud qui souffle du Sahara, il peut causer aux cultures des dégâts importants par l'élévation brutale des températures, Le dessèchement du sol, et la diminution de l'humidité relative.

Tous ces effets combinés conduisent impérativement à une diminution du rendement, et c'est pour cela que nous devons prendre en considération ce phénomène.

Les résultats des observations faites au niveau de la station de Tlemcen Zenâta, sont résumés dans le tableau ci-dessous :

Tableau II.5: Nombre de jours moyen mensuel de sirocco.

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
N sirocco(J)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	4	2

Source : Etude du développement Hydro Agricole Tlemcen Phase 1 « Identification des ressources en eau et des aires d'irrigation »

II.3.6. Insolation :

L'insolation est un paramètre climatique qui intervient généralement dans le calcul de l'évapotranspiration potentielle. La durée moyenne mensuelle de l'insolation est celle calculée d'après les données de la station météorologique Tlemcen.

Tableau II.6 : Insolation mensuelle moyenne en heures.

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
d'insolation (heures)	8.92	10.71	8.78	5.74	6.28	6.56	7.33	8.23	9.36	10.36	11.13	10.27

Source O.N.M

II.3.7. Les gelées :

La gelée blanche c'est le passage de la vapeur d'eau contenue dans l'air de l'état gazeux à l'état solide. La mesure de ce paramètre est effectuée au niveau de la station Tlemcen Zenâta depuis 1980. Les résultats des observations au niveau de cette station sont résumés dans le tableau ci-dessous :

Tableau II.7 : Valeurs moyennes mensuelles du nombre de jours de gelée.

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
nombre de jours de gelée.	0	0	0.50	2.00	5.25	1.00	0.75	0.25	0	0	0	0

Source O.N.M

A partir du tableau précédent, on peut conclure qu'au niveau de la zone du périmètre à irriguer le risque de gelée est fréquent en hiver, principalement pendant la période allant du mois de Novembre jusqu'au mois d'Avril, avec des maximales qui varient entre 5 à 8 jours de gelées enregistrées le mois de Janvier.

Pour cette raison, ce risque doit être pris en considération lors du choix des cultures ainsi que de la date de leur mise en place, surtout dans le cas des cultures de primeur.

II.4.1. Indice d'aridité de Martonne (1926):

L'indice d'aridité de Martonne (**IA**) est utilisé pour évaluer la sécheresse, il s'exprime comme suit :

$$IA = \frac{P}{T+10} \dots \dots \dots (II.1)$$

Avec P: précipitation annuelle en mm $\Rightarrow P = 325.06 \text{ mm}$

T: température moyenne en (°C) $\Rightarrow T = 16.24 \text{ °C}$

Tableau II.8 : Classification du climat selon De Martonne.

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

D'après la classification de De Martonne, l'indice $I_A = 12.39$, ce qui implique que le climat est relativement sec, dans ce cas, l'irrigation est indispensable, la zone du projet est située dans la limite entre la subhumide et le semi-aride. Cependant, cet indice est influencé par les faibles températures hivernales de la région. De ce fait, cette classification doit être vérifiée et complétée par d'autres indices tels que le Quotient d'Emberger.

II.4.2 Quotient pluviométrique d'Emberger (1955) :

Le quotient pluviométrique d'Emberger exprime la sécheresse globale d'un climat en faisant la comparaison entre la consommation en eau et l'apport par le rapport P/E.

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

Avec :

- P : Moyenne annuelle pluviométrique (mm).
- M : Moyenne des températures maxima du mois le plus chaud (Kelvin).
- m : moyenne des températures minima du mois le plus froid (Kelvin).
- Q : Quotient pluvio-thermique d'Emberger.

Les calculs donnent :

$$Q = 2000 \frac{325.06}{(25.97 + 273)^2 - (5.85 + 273)^2} = 55.92$$

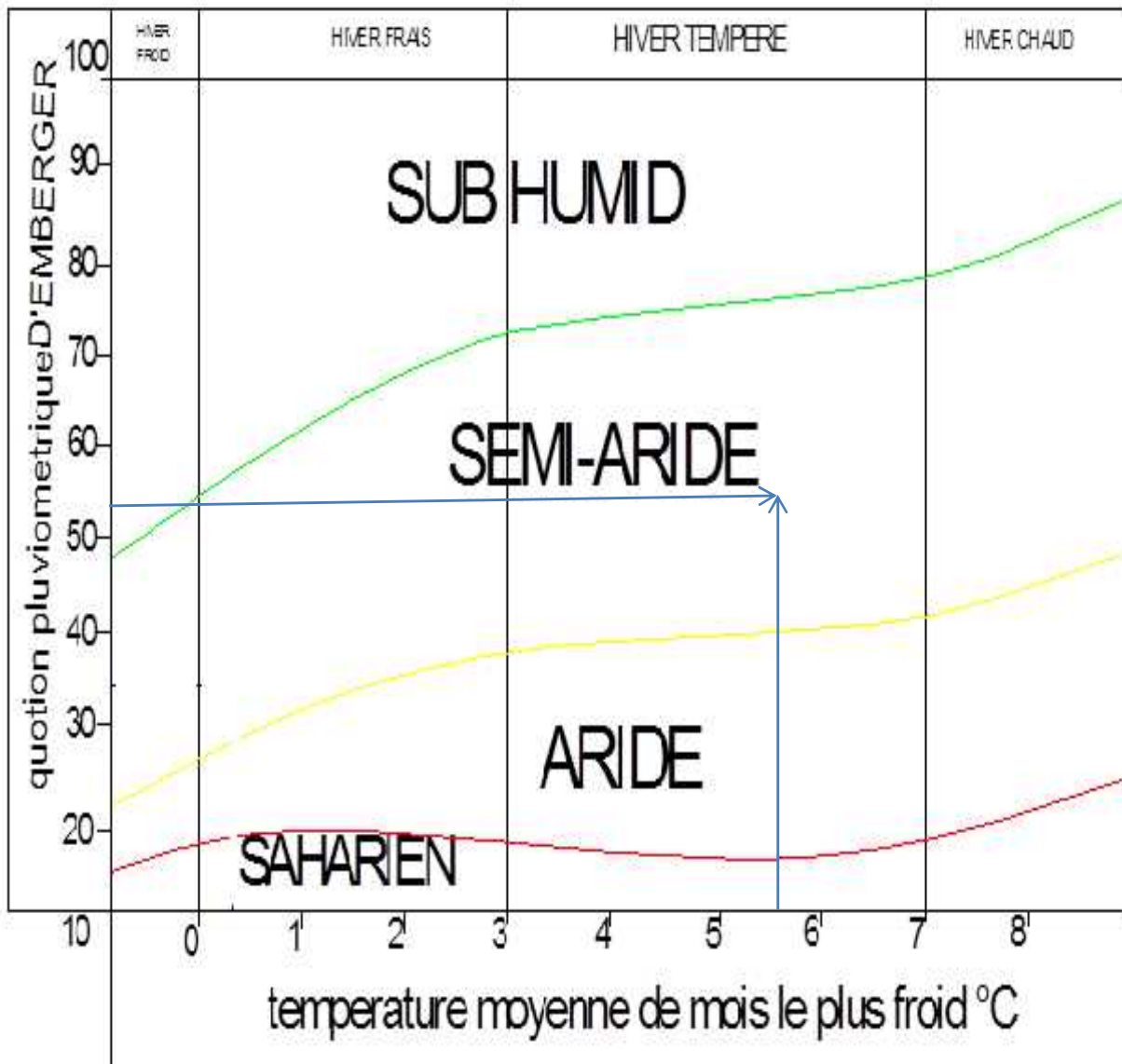


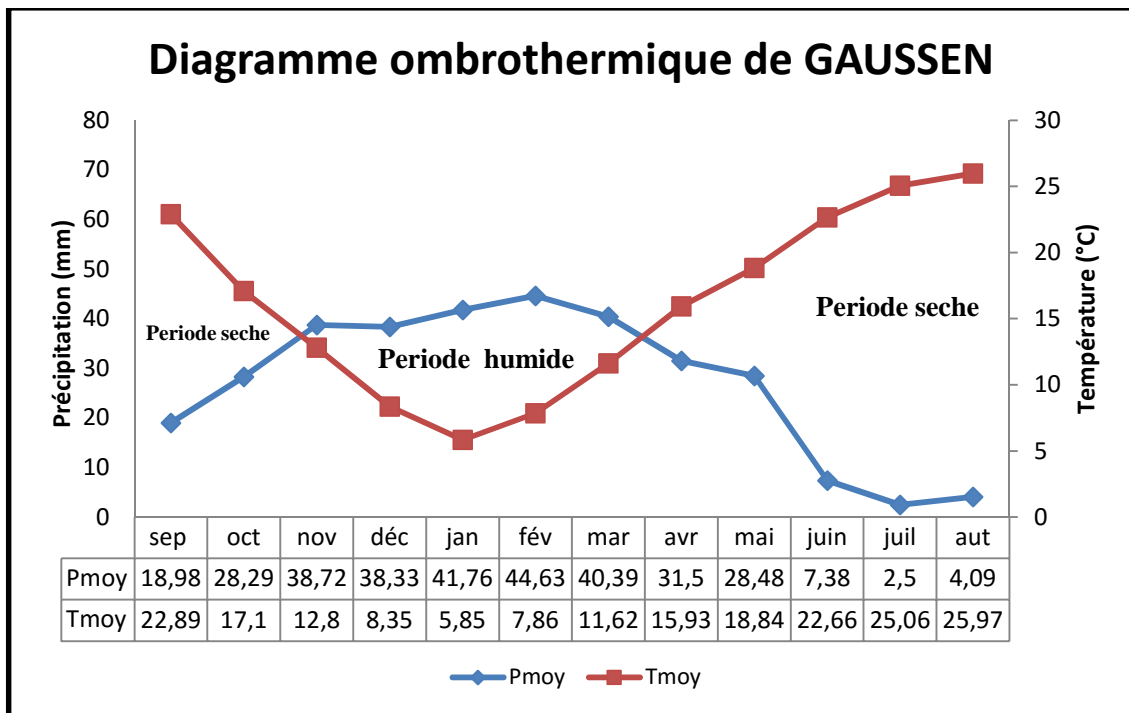
Figure II.7 : Classification du climat selon l'indice de Gaussen.

II.4.3 .Climagramme de Bagnols et Gaussen :

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

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

Figure II.8 : Diagramme ombrothermique de Gausсен.



D’après le diagramme bioclimatique d’Emberger, on peut dire que le climat de notre région est situé dans un étage semi-aride.

Conclusion :

A travers ce chapitre, nous avons dégagé les principales caractéristiques administratives et climatiques de notre région d’étude.

De l’examen des données, il ressort que la région d’étude jouit d’un climat sec avec un régime pluviométrique variable en volume et en répartition dans le temps. L’année est caractérisée par un hiver froid et relativement pluvieux et un été sec.

Vu l’aridité de la zone d’étude, l’irrigation représente donc un facteur décisif pour l’obtention de rendements acceptables des différentes cultures.

CHAPITRE III :

Présentation de la ressource d'irrigation

Introduction :

L'eau collectée par les égouts est conduite à une usine de traitement appelée couramment station d'épuration. Les plus efficaces emploient des techniques nombreuses et parfois coûteuses.

III.1. Présentation de la station d'épuration :**III.1. 1. Situation géographique:**

La station d'épuration d'AIN EL HOUTZ à une superficie de 13 hectares elle est située à 6Km au nord de la ville de Tlemcen, dans la rive droite de l'oued d'AIN EL HOUTZ jusqu'au pied du djebel Tourna.

III.1. 2. Origine des eaux usées :

La station d'épuration des eaux usées d'AIN EL HOUTZ a été réalisée pour traiter les eaux du nord de Tlemcen et qui sont des eaux usées domestiques et pluviales.

Il existe deux types de canaux d'emmener des eaux usées jusqu'à la station d'épuration :

- a- Des dalots 2m de largeur et 1m de hauteur'' qui proviennent de Sidi Yahoub vers Fadant Sbaa.
- b- Conduite de 1250mm de diamètre va de Fadant Sbaa jusqu'à tête de la station.

III.1. 3. Caractéristique de la STEP :

- Capacité : 150000 Eq/hab.
- Horizon : 2035
- Procédé d'épuration boues activées traitement biologique.

III.1. 4. Caractéristique des eaux usées:

La gestion de la station d'épuration d'AIN EL HOUTZ se fera sur la base des données caractéristiques suivant l'entrée de la station :

- Type de réseau : Unitaire.
- Nature des eaux usées : domestiques.
- Débit journalier : 600 l/s.
- DBO₅ : 9300 kg/jour

- MES : 13,950 kg/j
- Azote à nitrifié : 1,980 kg /j
- Débit de pointe horaire admis au traitement : 3800 m³/h.

III.1. 5. Caractéristique des eaux traitées :

Les eaux et les boues traitées fournies par le partenaire cocontractant à la sortie de la STEP ont les caractéristiques suivantes :

Tableau III.1: Caractéristiques des eaux et les boues traitées.

Paramètre	Valeur
PH	Compris entre 6.5 et 8.5
Couleur	Non perceptible
Solides décantables après 2 heures	0,5 ml/l en cône Imhof
MES	60 mg/l
DBO5	20 à 30 mg/l
DCO	90 mg/l
Azote (N-NH ₄)	3-5 mg/l
Azote (N-NH ₃)	8-10 mg/l
Nitrification	70%
Graisses et huile végétales	20 mg/l
Huiles minérales	0.5 mg/l

III.2. Les ouvrages de la station :

La station d'épuration de la ville de Tlemcen faisant objectif du présent marché fonctionne sur la base d'un procédé à boues activées avec aération prolongée à l'aide d'aérateur de surface à vitesse lente.



Photo III.1: Station d'épuration d'AIN EL HOUTZ.

III.2.1. Déversoir d'orage:

Le déversoir d'orage de la station est installé à l'amont de celle-ci et qui déverse le surplus du débit admissible dans la by passe général de la station ; la hauteur de la lame de débordement sera adaptée pour accepter pour une charge maximum de 1250 m³/h. cependant le débit de pointe horaire admis au traitement est de 3800m³/h.



Photo III .2: Déversoir d'orage de la STEP d'AIN EL HOUTZ.

III.2.2. Les prétraitements :

Les opérations de prétraitement des effluents domestique du nord et de Tlemcen ont pour but de débarrasser et d'alléger les eaux brutes de ces matières grossières.

Parmi les opérations de prétraitement dans la station d'AIN EL HOUTZ ont trouvé :

- Une grille grossière à nettoyage manuel.
- Deux grilles mécanisées fine.
- Une grille manuelle de by passe.
- Des-sableurs déshuileur.

III.2.2.1.Grille grossière à nettoyage manuel :

La station est équipée d'une fosse à bavards située avant le dégrillage grossie qui permet de réduire la charge des matériaux transportes avec les eaux brutes.

Après cette étape, les eaux brutes seront dégrillées à l'aide d'un dégrillage grossier à nettoyage manuelle, permettant de retenir les déchets volumineux (chiffons, Sacher, ...etc.). Un détecteur de niveau installé à l'amont de la grille grossière d'éclanche une alarme sonore dans le cas où le niveau d'eau est très haut " colmatage", les caractéristique de la grille sont les suivantes :

- Largeur : 1.8m.
- Inclinaison : 70%.
- Ecartement entre les barreaux 50mm.

III.2.2.2.Grilles mécanisées fine:

Les effluents qui sortent de dérailleur grossier seront dirigés vers deux grilles fines à nettoyage mécanique, constituées de barreaux en fer plateforme en quart cercle, elles sont nettoyées par un double râteau tournant entraîné mécaniquement.

Les deux grilles fines ont les caractéristiques suivantes :

- Largeur : 1m
- Inclinaison : 70%
- Ecartement entre les barreaux : 20mm.
- Puissance du moteur : 0,37kw.
- Profondeur : 150cm.



Photo III .3: Grilles mécanisées fine de la STEP d'AIN EL HOUTZ.

- **Bande transporteuse :**

Les deux grilles mécanisées déposent leur refus sur une bande transporteuse. Le fonctionnement de la bande est en alternance avec le racleur.

III.2.2.3. Grilles manuelles de by passe :

La station d'épuration est équipée d'un by passe qui se trouve à côté des grilles mécanisées. Ce dernier assure le bon fonctionnement de la station en cas de problème au niveau des grilles mécanisées (panne, bouchage,..... etc.) Les caractéristiques de cette grille sont les suivantes :

- Largeur : 1m
- Ecartement entre les barreaux : 30mm.
- Les grille sont en aluminium pour évites la corrosion.
- Les grilles déchets des grilles fines et grossiers seront envoyées à la décharge publique.

III.2.2.4. Dessableurs déshuileur :

A la sortie des grilles fines, le canal est équipé de glissière destinés à recevoir des bâteras d'eau ayant pour but l'isolement d'un ou deux dessableurs.

Cet ouvrage et de type longitudinal à deux compartiments, il est constitué d'un canal béton armé de forme trapézoïdale, l'air est insufflé par des supprimeurs pour provoquer une émulsion afin de pouvoir favoriser la séparation du sable et des graisses il existe des lames de séparation qui permettent la séparation des huiles et des graisses vers la zone de raclage, le dessableur est équipée d'un comporte les suivantes :

- Un moteur réducteur de translation de 0,37 kw avant arrière.
- Une pompe air lift avec groupe moto supprimeur de 4kw assurant l'évacuation des sables déposés vers le lit de séchage de sable.
- Un racleur de surface pour racler les huiles et les graisses flottantes l'eau prétraitée est déversée et évacuée gravitaire ment à travers un canal à ciel ouvert pour subir les traitements ultérieurs le sable extrait est conduit vers un lit de sable pour sécher et envoyé à l'utilisation ou vers la décharge.

Les huiles et les graisses sont stockées dans un ouvrage spécial puis sont évacuées.

Les deux dessableurs déshuileur ont les dimensions suivantes :

- Largeur : 4m.
- Longueur : 26m.
- Hauteur : 9m.



Photo III .4: Dessableurs déshuileur de la STEP d'AIN EL HOUTZ.

Remarque : il existe trois supprimeurs pour l'insufflation l'air, deux le fonctionnement et l'autre au repos.

Le fonctionnement du dessableurs dépend du débit à traiter.

Un grand débit : les deux desableurs fonctionnement en même temps un débit faible un seul bassin fonctionne et l'autre est vide.

III.2.3.Traitement biologique :

Les effluents prétraités seront acheminés vers un bassin de traitement secondaire, la station comporte 04 unités, au niveau de chaque unité deux bassins séparés.

III.2.3.1.Bassin de dénitrification :

L'eau prétraitée arrive premièrement dans ce bassin, dans le quel pour sera faite l'élimination de la pollution azote à partir des bactéries spécifique (nitrosomonas, nitrobacter).

Le bassin à une forme rectangulaire et est équipé d'un mélangeur de fond, assurant l'agitation du milieu, ensuite l'eau nitrifiée est déverse vers les bassins d'aération.

Chaque bassin de dénitrification a les dimensions suivantes :

- Volume : 725m³
- Longueur : 187,5m.
- Largeur : 8m.
- Hauteur d'eau : 9m.
- Hauteur béton : 5,6m.

III.2.3.2.Bassin d'aération :

La forme du bassin d'aération est rectangulaire, IL est alimenté en eau dénitrifiée, l'aération dans le bassin est réalisée à l'aide d'aération de surface à vitesse lente, chaque bassin est équipé de trois aérateurs 75kw chacun.

Ce milieu favorable provoque le développement des bactéries, qui action physique et physico-chimique elle retient la pollution organique, et s'en nourrissent.

Il existe au niveau de chaque bassin une sonde de mesure d'oxygène dissous pour assurer le déclenchement automatique des aérateurs on cas de diminution de la concentration de cet élément.

Pour la protection du béton, chaque bassin est équipé d'un système d'injection de l'eau pour casser les mousses formées par l'aération. Chaque bassin d'aération a les dimensions suivantes :

- Volume : 4732m³
- Longueur : 55,5m.
- Largeur : 18,8m.
- Hauteur d'eau : 4,5m.
- Hauteur béton : 5,6m.

Le mélange (boues et eau) du bassin biologique est envoyé vers la tour de réparation.



Photo III .5: Bassin d'aération de la STEP d'AIN EL HOUTZ.

• **Les équipements :**

- Quatre mélangeurs submersibles de 4 km (y compris le système de relevage).
- Quatre déversoirs.
- Douze aérateurs de surface.
- Quatre sondes de mesure de l'oxygène dissous.
- Chaque bassin est équipé d'un système d'injection de l'eau pour casser la mousse formée par l'aération.

• **Tour de répartition :**

La mixture en provenance des bassins d'aération est transportée gravitairement vers une chambre de répartition divisant les eaux vers deux bassins de décantation secondaire chaque déversoir de cette tour est équipé de glissières destinées à recevoir des batardeaux d'eau d'isolement pour éventuellement by passer un ou les deux décanteurs.

Dans ce cas la liquide mixte sera évacuée via le trop plein de sécurité de cet ouvrage vers le by passé général de la station.

III.2.3.3. Décantation secondaire :

Dans la station d'épuration il existe deux décanteurs secondaires de forme circulaire de 46 m de diamètre avec une surface de 1661 m² et une profondeur d'eau de 4 m en périphérique.

Les boues viennent des bassins d'aération et sont introduit dans le décanteur secondaire par une tuyauterie noyée dans le béton de radier (600mm de diamètre) et aboutissement dans une jupe siphonoïde de tranquillisation pour éviter la formation des vagues dans le décanteur.

Les boues se déposent dans le font et sont raclée vers une fosse à boues centrale à l'aide d'un pont racleur tournant muni de raclettes de fond et de surface pour ramener les flottant vers le récepteur de flottants, ce dernier se déplace sur le bord du bassin autour d'un point centrale d'assise, à vitesse de rotation de 0,04m/s.

Les eaux clarifiées sont ensuite d'assise, à vitesse de dernière étape de traitement et qui est la désinfection.

Quant aux boues décantées elles sont envoyées vers le tour de recyclage ou vers l'épaississeur.

Le décanteur est composé de :

Lame crantée.

Lame parois syphonoïde.

Regard des eaux clarifié.

Regard d'évacuation des flottants.



Photo III .6: Décantation secondaire de la STEP d'AIN EL HOUTZ.

III.2.3.4.Puisard a boues :

Le puisard a boues est en communication hydraulique avec les deux décanteurs par l'intermédiaire de tuyauteries à boues installées sous les ouvrages tube télescopique qui loge dans le puisard.

Les boues sont relevées en moyen de trois vis d'Archimède au débit unitaire de $1300\text{m}^3/\text{h}$

Le déversement des vise se fait dans une chambre ou se trouve deux vannes télescopiques, l'une alimente gravitèremment le circuit des boues en excès c'est-à-dire vers l'épaississement on directement les lits de séchage, l'autre alimente en cas nécessite, le bassin d'aération retenue pour l'éventuelle stabilisation aérobie des boues en excès.

Les différents débits prélève par les vannes télescopique sont contrôles par un débitmètre électromagnétique.

Une indication locale du débit permet un ajustement précis de la vanne télescopique.

Les boues de recirculation la tête des bassins par un canal équipé d'un jaugeur venturi d'une échelle gradue en m^3/h .

III.2.3.5.Recirculation des boues:

Les boues du décanteur secondaire sont dirigées vers la tour de recyclage, ensuite la concentration des boues activées dans les bassins de traitement biologique se fait par un canal équipé d'un jaugeur venturi permet de mesurer le débit recyclé.

Le recyclage des boues se fait à partir des trois vis d'Archimède "deux fonctionnent et l'autre en secours quant aux boues en excès elles sont pompées vers l'épaississeur.

III.2.3.6.Chloration :

Le bassin de chloration est en béton armé, d'un volume de l'ordre de 700m^3 , le bassin de chloration est équipé de 04 bassin transvasent d'un bassin à l'autre et cela pour laisser le temps au chlore pour désinfecter l'eau équipé et la désinfection est assurée par l'eau de javel.



Photo III .7: Bassin de chloration de la STEP d'AIN EL HOUTZ.

III.2.4.Traitement des boues :

Après traitement biologique, les boues constituent le résidu de la station d'épuration d'AIN EL HOUTZ.

Les boues qui arrivent à l'épaississeur sont d'origine soit de :

- La tour de recyclage "boues en excès".
- Bassin d'aération "boues stabilisées".

III.2.4.1.Epaississeur à boues:

Les boues en excès sont dirigées vers l'épaississeur, qui est de forme circulaire est réalisé en béton armé de 14m de diamètre et d'une hauteur utile de 4m, le fond du bassin à une pente de 1/10.

Les boues sont introduites dans le bassin par le centre, dans une jupe siphonide de réparation ou l'épaississeur se fait par une double action de la gravité et de mécanisme ainsi facilitant de l'écoulement l'eau des boues, tandis que le surnageant des eaux débordent dans une goutte périphérique équipé de lames crantées et retournent aux pieds des vis de recirculation par pompage.

Les boues épaissies sont reprises par pompage et renvoyée vers les lits de séchage.

Le mécanisme de l'épaississement est composé essentiellement :

Une tête de commande centrale en acier galvanisée vers de sortie de la tête de commande.

Deux bars de raclage portant des lames de balayage de radier, la herse d'épaississement et les racleurs centraux.

Le cylindre central d'alimentation suspendu au point diamétrale support.

Un arbre central en acier galvanisé accouplé à l'axe de sortie du têt de commande.



Photo III .8: L'épaississeur de la STEP d'AIN EL HOUTZ.

III.2.4.2. Les lits de séchage :

Le séchage des boues équipé s'effectue à l'air libre dans des surfaces étendues aménagées spécialement pour ça.

Chaque lit de séchage est composé de diverses couche de matériaux "sable et gravies" avec granulométrie de plus fine vers la surface du lit.

Dans notre station il existe 14 lits de séchage conçue d'un ton en béton équipé d'un tuyau de drainage perforé, pour permettre l'évacuation de l'eau filtrée vers l'entrée de la station.

Les boues de séchage seront stockées dans air spéciale appelée "air de stockage", après ils seront envoyés vers l'utilisation ou vers la décharge publique.

III.2.5. Laboratoire:

Il existe dans la STEP un laboratoire pour les analyses de l'eau à l'entrée et à la sortie. On trouve dans ce laboratoire plusieurs appareils comme :

- Spectrophotomètre DR/2000: pour mesurer plusieurs paramètres (Po_4^{-3} , So_4^{-2}).
- Microscope: pour l'observation microscopique.

- Conductimètre LF90: pour mesurer la conductivité de l'eau.
- L'oxymétrie oxi 92 : pour calcul l'O₂
- Balance à peser.
- Réacteur DCO.
- Incubateur de la DBO₅.
- Etuve MES à T°= 105°C.
- Four a moufle à T°= 500 à 600 : Pour mesures les MES.

III.3.Analyses réalisées par le laboratoire de la station d'épuration d'AINEL HOUTZ :

III.3.1.Les paramètre de pollution :

Les facteurs qui peuvent « modifier la composition » et « l'état des eaux » sont nombreux et constituent autant de pollutions élémentaires. Il peut y avoir dans variations :

➤ De caractéristiques physiques:

- ✓ Matières en suspension
- ✓ Température
- ✓ Conductivité
- ✓ Couleur
- ✓ Radioactivité

➤ De caractéristiques chimiques:

- ✓ Apports de matières solubles, organiques ou minérales

➤ De caractéristiques organoleptiques :

- ✓ goût couleur

Pour évaluer le niveau de pollution des eaux de la station d'épuration sur l'environnement une série d'analyses ont été effectuées Ces analyses ont portées sur :

DCO : Etant donné la diversité des corps organiques contenus dans une eau résiduaire, la connaissance de leur nature ne serait d'aucune utilité pour l'épuration biologique.

L'oxydation du glucose répond à la relation :



L'oxydation chimique représente l'enveloppe de tout ce qui est susceptible de demander de l'oxygène, en particulier les sels minéraux oxydables (sulfures, sulfites, hyposulfitessels) métalliques de valence inférieure et la majeure partie des composés organiques.

DBO5 : La demande biochimique en oxygène (DBO) est la quantité d'oxygène consommée dans des conditions d'essai (incubation à 20°C et à l'obscurité) pendant un temps (5 jours) pour assurer par voie biologique, l'oxydation de certaines matières organiques contenues dans l'eau et qu'on appelle les matières biodégradables.

MES : Cette matière est obtenue par les différences entre le poids des matières totales et des matières décantables (matière qui se déposent après un temps de repos de deux heures) donne le poids de matière colloïdale en suspension.

O₂ dissous : C'est probablement le facteur le plus importante de maintien de la pureté des eaux par autoépurations. En l'absence d'oxygène, il y a bien prolifération de bactéries anaérobies mais le résultat de leur métabolisme conduit à des produits nocifs.

Conclusion :

D'après les résultats qui ont été obtenu avant et après le traitement on remarque que le traitement effectuée par la **STEP d'AIN EL HOUTZ** est efficace, et que les normes des rejets sont respectés; donc il n'y a pas un risque sur le milieu récepteur.

CHAPITRE IV :

Présentation de la ressource en sol

Introduction :

Ce chapitre a été faite dans le but de nous informer des principales caractéristiques Physico-chimique et morphologiques du sol et du sous-sol du plateau de Hennaya. La connaissance de ces caractéristiques est très importante, car c'est sur la de ces dernières que nous allons faire le choix des cultures, et le choix du système d'irrigation à projeter.

IV.1.Caractéristiques Géologique du plateau de Hennaya :

Le périmètre de Hennaya est caractérisé par une pente faible qui est dirigée vers le Nord, à sa base il est constitué de marne helvétique qui est recouverte de formation alluvionnaire du quaternaire. A sa surface s'est formée une croûte calcaire dure carbonatée.

Actuellement les formes du périmètre sont principalement dues à l'activité des oueds venant du Sud dont le rôle principal est dévolu à l'oued Sikkak. En prenant comme référence le lit de cet oued. Actuellement le périmètre occupe la quatrième terrasse qui est caractérisée par un relief plat à faiblement ondulé, cette terrasse est formée d'alluvions qui ont subi une évolution partielle au cours de laquelle s'est formé une croûte dure et carbonatée d'une épaisseur variant entre 30 et 70 cm. C'est sur cette terrasse que se sont développés les sols bruns rouges.

L'existence de deux autres oueds de moindre importance que le Sikkak, à savoir l'oued de Hennaya et l'oued de Sidi Kanoun, ont grâce à leur activités réussi à influencer la géologie d'une part du périmètre qui se situe en aval du village de Hennaya par un dépôt d'alluvions à caractère contemporain, qui sont fins sans être trop argileux, c'est sur ces terrasses que se sont formées les sols iso humiques.

En fin nous pouvons dire que le processus de formation des sols a été principalement influencé au niveau de la zone par la composition chimique de la roche mère qui est riche en carbonates, ainsi que par le climat de la région et par la durée même du processus de formation du sol.

IV.2.Caractéristiques hydrogéologiques du plateau de Hennaya :

Les ressources en eau souterraines sont peu importantes dans cette région et les seules nappes que l'on trouve sont à une profondeur variant entre 10m à 30m.

IV.3. Caractéristiques pédologiques du plateau de Hennaya: (voir carte pédologique)

IV.3.1. Identification et classification des sols plateau de Hennaya :

D'après l'étude pédologique qui a été faite par l'E.N.HYD (Entreprise Nationale des études Hydraulique), et selon la classification française qui subdivise les sols en classe, sous classe et en groupe sur base du degré d'évolution du profil, du type d'humus. L'existence de certains facteurs qui influencent l'évolution du sol telle que la présence d'eau ou de sel soluble dans le sol. Il a été cartographié trois principales classes de sols qui sont :

- **Les sols à sesquioxydes de fer:** ce sont des sols qu'on trouve principalement à l'Ouest du plateau, ou il forme une large plage mitoyenne avec les sols marron et calcimagnésiques. Ces sols sont reconnaissables grâce à leur couleur rouge ocre qui due à l'oxydation du fer.
- **Les sols calcimagnésiques carbonatés :** ce sont qui caractérisés par trois groupes importants qui sont :
 - Les rendzines modales : ces sont des qui se situent au sud du plateau, le long de limite et au village de « Taaounia », ces sols caractérisés par leur faible profondeur P qui est en général inférieur à 35cm, au fond on trouve encroûtement calcaire, avec quelque débit à la surface.
 - Les sols bruns calcaire ou à encroûtement calcaire : ce sont des sols identique aux sols modaux sauf qu'ils sont situés sur des niveaux limitant (croûte, écroûtement, et conglomérats).
 - Les sols bruns calcaire et modaux : ce sont les sols plus représentatifs avec les sols à sesquioxyde de fer, ces dernier forment de larges plages à l'Est du périmètre, ils sont caractérisés par une profondeur relativement plus importante et qui peut aller jusqu'à 120cm
- **les sols iso humiques marron encroûtés :** les sols iso humiques marron sont des sols à complexe saturés principalement en Ca. Ces sols sur des croûtes qui se situent à différents niveaux, ce qui limite le des aptitudes culturales surtout les cultures arboricoles.

IV.3.2. Etude des caractéristiques physico-chimiques :

Afin de mieux apprécier les caractéristiques pédologiques de plateau de Hennaya. Il a été procédé à l'implantation de fosses d'observation, dont la profondeur varie suivant les

contraintes rencontrées sur site (existence ou non de croûte, ou d'encroûtement calcaire), ces profondeurs varient en général entre 35cm et 1.6m.

Nous avons choisi au niveau de chacune des trois classes de sols qui composent le périmètre de Hennaya, un profil type que nous avons étudié afin de déterminer ces caractéristiques pour cela on a pris en considération les paramètres suivants :

- la texture et la structure du sol.
- Le taux de calcaire actif.
- Les taux de matière organique (MO) et autres éléments fertilisants.
- La conductivité électrique (CE).

Les résultats de cette étude sont résumés dans le tableau **IV.2**.

IV.3.2.1. La texture et la structure du sol :

On entend par le mot « texture » du sol, la répartition de la taille des éléments granulométriques qui le constitue. L'utilisation de ce paramètre comme critère de classification des sols repose sur une subdivision de la gamme des diamètres apparents en intervalles, ce qui va former ainsi une échelle dite « échelle texture » et un triangle dit « triangle textural ».

La différenciation entre ces deux méthodes de classification réside dans le fait que la deuxième méthode (triangle textural), est principalement utilisée pour couvrir trois intervalles, représentant les plus fines (dont $w \leq 2 \text{ mm}$). On aura alors les argiles ($w < 0.002 \text{ mm}$), les limons ($0.002 \text{ mm} < w < 0.05 \text{ mm}$), et les sables ($0.05 \text{ mm} < w < 2 \text{ mm}$).

Dans notre cas c'est la méthode du triangle texture qui a été retenue, car cette méthode prend principalement en compte la classification selon le pourcentage des particules fines que conditionne en grande partie les propriétés des sols.

En fin nous pouvons dire que le mode d'agencement des différents éléments granulométriques qui constitue le sol représente la structure de ce dernier.

Et d'après ce qui a été observé au niveau des profils, nous pouvons dire que la structure de sol est bonne en général variant de grumeleuse en surface, à polyédrique fine en profondeur. Il est à signaler qu'on ne trouve rarement de structure grossière au niveau de la d'étude (voir tableau **IV.2**).

IV.3.2.2. Caractéristiques hydrodynamiques du plateau de Hennaya :

Une dizaine de station de mesure hydrodynamique ont été implanté en différents endroits de la zone d'étude pour mesurer le coefficient de perméabilité « K » qui caractérise la vitesse d'infiltration d'eau dans le sol. Les paramètres de références de la densité d'implantation de ces station sont déterminés par :

- L'homogénéité du sol.
- La texture du sol (homogène, fine, moyenne).
- Le non fissuration du sol.
- L'accessibilité des stations à la mesure.

L'examen des paramètres hydrodynamiques au niveau du plateau de Hennaya a démontré que dans l'ensemble, les sols possèdent des caractéristiques homogène, et qu'ils ont une perméabilité verticale moyenne dans la majorité des cas varie entre ($K=1.1$ cm/h à $K=9.9$ cm/h).

Tableau IV.1: Classification des sols suivant leur degré de perméabilité.

Coefficient de perméabilité « k » (cm/h)	Type de perméabilité du sol
<0.1	Sol imperméable
0.1à0.2	Sol peu ou modérément perméable
0.2à6.0	Sol moyennement perméable
6.0à12	Sol perméable
12à25	Sol très perméable
>25	Sol excessivement perméable

Le problème de drainage ne se pose par donc notre cas, surtout que la roche mère est calcaire, cet est la très perméable.

IV.3.2.3. Calcaire actif (ca co3) :

Dans la nature on trouve le calcaire sous deux formes, soit sous forme de carbonate de calcium (CaCO_3) à l'état grossier, dans ce cas on dit que c'est du « calcaire inactif », ou bien sous forme de carbonate de calcium toujours mais cette fois il est l'état pulvérulent

(poudreux). C'est cette forme qui nous intéresse le plus, car sous ces les particules de calcaire sont de la taille de particules d'argile ou de limons, ce qui rend facilement attaquable par les acides carboniques ou organiques qui se trouvent dans le sol.

L'existence de calcaire actif dans le sol à un certain taux (supérieur à 12%) peut être considérée comme un facteur limitant essentiellement dans la détermination des aptitudes culturale du sol, car cet élément peut causer le blocage de l'assimilation du fer par certaines plantes, ce qui entraîne un jaunissement des feuilles, et une fragilité. Les résultats des différentes mesures sont résumés dans le tableau **IV.2**.

IV.3.2.4.Matière organique et élément fertilisants :

Dans cette partie nous allons déterminer l'existence ou non de matière organique ainsi que d'autre élément fertilisant tel que l'azote au niveau des différents profils réalisés. Les résultats des différentes analyses sont résumés dans le tableau **IV.2**.

IV.3.2.5.La conductivité électrique CE :

La mesure de la conductivité électrique va nous permettre de déterminer la salinité du sol.

Les mesures ont été faites sur extrait de pâte saturé à une température de 25C°. Les résultats des différentes analyses faites au niveau de diverses fosses sont résumés dans le tableau **IV.2**.

Tableau IV.2: Résultats analytiques des Analyses précédemment faites au niveau des différents sols.

N° profil s	profondeurs	Granulométries %			texture	Matières organiques				Réserves minérales				PH	CE mmhos/cm	Classe des sols
		A	Lf +	Sf +		Mo %	C ‰	N ‰	C/N	CaCO ₃ Totale %	CaCO ₃ Actif %	P ₂ O ₅ Totale P %	P ₂ O ₅ Assimilé (ppm)			
117	0-30	23	42	31	T.E	1.96	11.4	1.09	10	24.8	12.7	1.59	2.84	8	1.40	Sols à sesquioxyde de fer
	30-50	28	65	26	T.E	1.53	8.9	1.05	8	23.2	12.6	1.27	2.42	8	1.70	
	50-80	16	28	53.1	T.E	0.68	4	0.44	9	21.2	11.13	0.78	1.56	8	1.87	
	80-120	19	55	13	T.E	0.65	3.8	0.14	9	22.4	10.88	0.71	1.74	8	2.87	
22	0-20	29	28	11	L.A	1.89	11	1.24	9	19.53	12.27	1.65	125.95	8	3.66	Sols calcimagnésiques carbonaté
	20-50	37	12	10	L.A	1.87	10.9	1.12	10	17.43	13.52	1.58	43.51	8	1.38	
	50-90	34	25	7	L.A	1.70	9.9	0.99	10	19.53	13.88	1.49	27.48	8	1.19	
	90-120	50	22	6	A	1.25	7.3	0.79	9	17.43	13.64	1.9	22.90	8	1.59	
71	0-20	44	38	16	A	3.12	18.1	1.77	10	13	10.66	1.56	54.96	8	1.85	Sols iso humiques marron encroûtés
	20-55	49	30	19	A	2.18	12.7	1.13	11	23	11.16	1.28	27.48	8	0.93	

Tableau IV.3 : Signification des différentes abréviations pour décrire la texture.

Abréviation	Signification
A	Argile
L.A	Limon argileux
T.E	Texture équilibrée

Analyse des résultats résumés dans le tableau IV.2:

1. la profondeur des sols peut poser problème, et elle peut considérer comme un facteur limitant dans le choix des cultures à mettre en place. Nous remarquons que cette profondeur n'est pas importante dans la classe des sols iso humiques marron encroûtés, ceci est dû à l'existence de croûtes ou d'encroûtements calcaire.
2. nous remarquons une prédominance des textures fines au niveau des différents profils malgré cela, nous avons une perméabilité moyenne, ce qui est du à l'existence d'une structure grumeleuse, et à l'abondance des débris calcaire ainsi qu'à l'existence d'une fraction appréciable en matière organique surtout au niveau des sols iso humiques ou elle atteint les 3.12%.
3. le rapport C/N est un indicateur de la vitesse de décomposition de la matière organique : un rapport voisin de 10 indique une bonne décomposition et un maintien de la structure du sol ce qui correspond à notre cas, alors qu'un rapport supérieur à 12 indique que la matière organique se décompose rapidement.
4. la conductivité électrique CE : elle est faible car elle ne dépasse pas les 4mmhos/cm sauf au niveau de quelque les 6mmhos/cm (profil n°22). A ce niveau une restriction aux cultures sensible au sel s'impose même si un lessivage local peut résoudre ce problème en dissolvant les sels pour les évacuer au-dessous au la zone racinaire.
5. la richesse de ces sols en carbonate de calcium (CaCO_3), à l'état actif surtout au niveau des sols calcimagnésique carbonatés entraîne :
 - une évolution de ces sols vers les milieux basique, évolution qui est confirmée par les mesures du PH faites sue les différents profils (PH=8).
 - Une perte de l'azote par drainage sous de nitrate de calcium suite à une diminution de la vitesse de déminéralisation de ce dernier.
 - Une action insolubilisant envers certains éléments fondamentaux tels que le phosphore et certains oligoéléments tels que le fer, le manganèse ...etc.
 - Une diminution des ions K^+ et Mg^{++} dans le complexe absorbant ce qui implique l'apparition d'un phénomène de carence.

Afin de résoudre le problème lié au calcaire actif, il sera nécessaire de maintenir une teneur en humus appréciable, et de faire des apports fréquents et répétés en engrais.

En prenant en considération tous les résultats obtenus après étude des différents profils, il a été établi une classification des sols de périmètre en fonction des normes préconisées par la F.A.O. selon cette classification on distingue 5 catégories de sol allant de I à V, suivant les contraintes à leur niveaux parmi ces contraintes nous citer :

- La profondeur du sol.
- Le taux de calcaire actif.
- La porosité.
- La perméabilité.
- la salinité.
- La texture et la structure.

Au niveau du périmètre de Hennaya, les principales que l'on retrouve sont liées à la profondeur du sol qui est très variable du fait de la présence d'une croûte ou d'encroûtement calcaire et à la texture fine à très fine qui prédomine. Quatre classes de sols ont ainsi pu être mise en évidence (de la classe II à IV) ces classes de sols ont un potentiel agronomique décroissant, et sont de moins en moins apte à l'agriculture.

Vue la médiocrité des sols de la classe IV. ceux-ci ont tous bonnement été exclus de l'étude d'aménagement du périmètre. Les résultats sont résumés dans le tableau N°IV.4 ci-dessous. (Voir la carte).

Tableau IV.4: résultats de la classification des sols du périmètre de Hennaya établis en fonction des normes de la F.A.O.

Classe de sols	Aptitudes culturales	Propriétés physico-chimiques	Contraintes	recommandations
II	Bon à moyen pour toutes les cultures : arbustives, céréalières, fourragères et maraîchères	<ul style="list-style-type: none"> • Profondeur de sol variant entre 80cm et 120cm. • la texture et limoneuse fine, limon argileux, sablo limoneuse ou limon sableuse. • $CE < 2$ mmhos/cm. • Calcaire actif compris entre 5 et 7% 	<p>Texture fine.</p> <p>Texture grossière.</p>	<p>Labour</p> <p>Amendement organique et minéral.</p> <p>Irrigation par aspersion préconisée</p>
III	Moyenne aptitude aux cultures, et peu apte aux cultures arbustives et industrielles	<ul style="list-style-type: none"> • Profondeur de sol variant entre 60cm et 80cm. • Texture limoneuse très fine, argilo limoneuse, argilo sableuse, et sablo limoneuse avec un pourcentage de sable plus important. • $CE < 4$ mmhos/cm 	<p>Texture fine.</p> <p>Calcaire actif.</p>	<p>Labour</p> <p>Amendement organique et minéral.</p> <p>Drainage de surface rigole, brise vents, empierrage</p>
IV	Faible aptitude aux cultures céréalières, fourragères et maraîchères et inapte à l'arboriculture	<ul style="list-style-type: none"> • Profondeur de sol limité (<60cm). • Texture argileuse et sableuse. • Calcaire actif >12%. • Charge caillouteuse >50%. • CE varie entre 4 et 6 mmhos/cm. 	<p>croûte et d'encroûtement.</p> <p>Texture argileuse et sableuse.</p> <p>Salinité</p> <p>Calcaire actif. Charge caillouteuse</p>	<p>Labour profond.</p> <p>Dessalage</p> <p>Amendement organique et minéral.</p> <p>Drainage de surface rigole, brise vents, empierrage</p>

Conclusion :

Le périmètre de Hennaya est caractéristique par trois classes de sols différentes. Ces classes de sols sont : les sols calcimagnésiques carbonatés les sols iso humiques marron encroûtés et les sols à sesquioxyde de fer qu'on reconnaît grâce à la couleur rouge ocre.

Pour mieux apprécier les caractéristique de ces sols, nous avons sélection et étudié une fosse d'observation au niveau de chaque classe de sols, ce qui nous a permis d'aboutir aux conclusions suivantes :

- Les profondeurs des sols ne sont très par importantes, surtout au niveau des sols calcimagnésique carbonatés et des sols iso humique marron encroûtés a cause de l'existante de croûte ou d'encroûtement calcaire en profondeur.
- Une perméabilité moyenne est observée au niveau de tout le périmètre malgré la prédominance des textures fines, ce qui peut s'expliquer par la structure grumeleuse, et des pourcentages en matière organique assez importants notamment au niveau des sols iso humique marron encroûtes ou elle atteint 3.12%.
- Une vitesse de décomposition de la matière organique qui est asses bonne.
- Une CE faible dans l'ensemble du périmètre sauf au niveau de quelques endroits où elle atteint les 4mmhos/cm

Le problème lié l'excès en calcaire actif qui peut engendrer l'apparition de symptômes de carence au niveau des cultures, et qui peut être résolu par un maintien d'une teneur en humus appréciable avec des apports fréquents en engrais.

CHAPITRE V :

Etude hydrologique

Introduction :

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

Cette analyse permettra de déterminer la hauteur de pluie qu'on est sur de dépasser avec une probabilité donnée. Pour les projets d'irrigation, on adopte généralement les probabilités de dépassement de 4 années sur 5 soit une fréquence de 80%.

Pour cela nous aurons dans un premier temps à faire le choix de la probabilité qui sera susceptible de s'ajuster d'une manière adéquate à notre échantillon, ce qui aura pour but d'ajuster d'une loi théorique de répartition des fréquences connues à la droite ou à la courbe expérimentale des fréquences de échantillon.

Dans un second temps aurons à estimer analytiquement ou graphiquement la valeur que prendra un événement quelconque pour une probabilité donnée et ce à partir de la loi ajustée.

Mais avant tout il y'a lieu de vérifier la fiabilité des données pluviométrique qui sont à notre niveau. Pour cela nous allons nous assurer de l'homogénéité des valeurs de cette série.

V.1.Etude Hydrologique :

L'étude hydrologique a pour but de déterminer les caractéristiques des pluies annuelles de fréquences données, qui conditionnent l'étude de notre projet d'aménagement hydro-agricole, tels que : le calcul des besoins des cultures projetés dans le périmètre, ainsi que le dimensionnement du réseau d'irrigation. La connaissance de ces pluies est nécessaire au dimensionnement du réseau d'irrigation.

V.2.Choix de l'échantillon à analyser :

La station de Tlemcen Zenâta a été prise comme station de référence, les caractéristiques de cette dernière sont résumées dans le tableau II-1 :

Tableau V.1: Les caractéristiques de La station Tlemcen Zenâta.

Dénomination	Latitude	Longitude	Altitude
Tlemcen Zenâta	35° 01' Nord	01° 27'Ouest	210m

Source A.N.R.H Alger.

Nous disposons d'un échantillon de pluies annuelles qui va de 1980 à 2010, soit donc une durée d'observations de 30 ans. Les observations de pluies annuelles sont résumées dans le tableau.

Tableau V.2: Précipitations moyennes mensuelles (1980-2010).

Année	Sept	Oct	Nov	Dec	Janv	Févr	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Annuel
1980	32,20	0,00	86,90	73,50	10,10	57,60	131,60	27,20	43,20	0,00	0,00	4,10	466,40
1981	15,20	24,10	16,80	116,80	48,40	73,10	39,90	44,80	3,20	29,70	0,00	1,90	413,90
1982	1,30	2,40	0,00	37,80	30,40	51,60	13,40	32,60	34,18	7,80	0,70	3,10	215,28
1983	9,70	50,70	42,80	67,30	0,00	19,20	15,70	3,60	5,40	0,00	1,30	0,00	215,70
1984	0,50	0,00	19,10	32,50	37,80	52,00	33,30	7,10	77,50	17,30	0,00	0,00	277,10
1985	7,50	4,50	83,60	33,40	40,90	11,30	36,60	20,40	38,00	0,00	0,00	0,00	276,20
1986	10,10	0,00	51,10	36,20	59,50	103,00	73,60	27,00	7,70	15,70	0,00	0,00	383,90
1987	11,30	40,90	56,80	30,00	40,40	157,30	5,10	4,50	11,50	0,00	23,80	0,00	381,60
1988	2,90	24,90	34,50	25,40	21,30	24,20	4,50	24,60	23,60	12,00	0,00	0,00	197,90
1989	3,00	12,20	39,40	5,00	7,80	12,50	94,40	39,90	9,50	9,20	0,00	0,00	232,90
1990	15,50	18,70	33,30	9,10	60,20	0,00	15,70	47,60	44,40	8,10	0,00	9,50	262,10
1991	22,10	9,50	30,30	61,00	33,60	55,10	152,70	3,50	10,70	5,90	0,00	0,00	384,40
1992	3,40	44,50	13,60	0,00	13,00	2,10	92,03	43,20	81,00	25,70	0,00	0,00	318,53
1993	0,00	10,60	20,20	31,80	0,00	64,70	12,70	55,70	58,40	0,50	0,00	0,00	254,60
1994	3,10	7,90	25,30	16,40	73,80	28,50	1,30	43,20	20,20	0,00	22,00	3,40	245,10
1995	54,80	52,70	44,90	26,50	39,90	53,50	79,70	32,70	2,00	6,40	2,40	5,90	401,40
1996	16,80	30,30	27,40	51,80	66,10	103,40	68,50	48,60	29,20	23,00	0,00	5,20	470,30
1997	8,30	14,80	0,00	19,70	47,50	1,20	4,10	53,00	19,60	1,40	12,90	24,70	207,20
1998	49,00	19,50	35,70	30,40	21,60	59,00	28,20	7,60	54,30	0,00	0,00	5,50	310,80
1999	6,60	2,30	35,60	4,90	49,10	54,50	90,30	0,00	3,10	0,00	0,00	1,30	247,70
2000	27,76	10,67	26,66	74,74	0,00	0,00	5,40	17,60	20,90	0,00	0,00	0,00	183,73
2001	25,90	81,90	54,60	21,20	94,20	60,50	4,40	6,90	5,40	0,00	0,00	0,00	355,00
2002	22,50	48,00	93,60	24,80	1,20	4,90	17,70	80,00	44,40	3,50	0,00	19,50	360,10
2003	0,00	33,40	62,70	19,50	129,70	69,40	8,40	32,50	9,20	10,80	0,00	2,00	377,60
2004	9,30	33,00	38,20	67,40	38,40	27,90	40,50	29,20	76,90	9,30	0,00	2,80	372,90
2005	18,12	37,32	49,61	52,45	57,92	56,38	47,00	49,51	40,05	9,91	2,20	3,23	423,69

2006	31,80	24,70	62,60	18,40	35,60	52,10	14,40	16,10	44,20	2,10	0,00	4,60	306,60
2007	20,00	9,00	8,00	25,60	18,60	18,70	64,20	60,80	2,40	0,00	0,00	0,00	227,30
2008	14,00	99,30	34,70	26,80	12,10	13,50	24,50	15,20	37,30	14,00	6,00	1,30	298,70
2009	48,00	101,00	73,50	148,50	121,20	36,80	45,50	40,20	8,40	1,30	0,00	1,10	625,50
2010	110,90	0,00	47,00	34,50	52,60	72,50	78,10	57,50	31,90	7,90	3,60	27,70	524,20

V.3. Etude de l'homogénéité de la série pluviométrique :

L'homogénéité est une analyse statistique de l'information aidant à une prise de décision conséquence.

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

La vérification de l'homogénéité d'une série pluviométrique par cette méthode repose sur le procédé ci-dessous (Touaibia, 2004):

On divise la série complète en deux sous séries X et Y tel que :

N_1 et N_2 représentant respectivement les tailles de ces deux sous séries considérant généralement $N_2 > N_1$.

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

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

Avec (Touaibia, 2004):

$$W_{\min} < W_x < W_{\max} \dots\dots\dots(V.1)$$

$$W_x = \sum_{i=1}^n \text{Rang} \dots\dots\dots(V.2)$$

W_x : Somme des rangs de sous sérient

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

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

Tableau V.3: Le procédé de test d'homogénéité pour la station de Tlemcen Zenâta.

N	série d'origine	série- Y	série -X	TRRI	Y U X	RANG
1	466,40	466,40	207,20	625,5	x	1
2	413,90	413,90	310,80	470,3	y	
3	215,28	215,28	247,70	466,4	y	
4	215,70	215,70	183,73	423,69	x	4
5	277,10	277,10	355,00	413,9	y	
6	276,20	276,20	360,10	401,4	y	
7	383,90	383,90	377,60	384,4	y	
8	381,60	381,60	372,90	383,9	y	
9	197,90	197,90	423,69	381,6	y	
10	232,90	232,90	306,60	377,6	x	10
11	262,10	262,10	227,30	372,9	x	11
12	384,40	384,40	298,70	360,1	x	12
13	318,53	318,53	625,50	355	x	13
14	254,60	254,60		318,53	y	
15	245,10	245,10		310,8	x	15
16	401,40	401,40		306,6	x	16
17	470,30	470,30		298,7	x	17
18	207,20			277,1	y	
19	310,80			276,2	y	
20	247,70			262,1	y	
21	183,73			254,6	y	
22	355,00			247,7	x	22
23	360,10			245,1	y	
24	377,60			232,9	y	
25	372,90			227,3	x	25
26	423,69			215,7	y	
27	306,60			215,28	y	
28	227,30			207,2	x	28
29	298,70			197,9	y	
30	625,50			183,73	x	30

Les calculs donnent : $W_x = 204$, $W_{\min} = 154.16$ et $W_{\max} = 248.84$

Donc : $154.16 < W_x < 248.84$

La condition d'homogénéité du test de Wilcoxon est vérifiée, donc la série des précipitations moyennes annuelle de la Station Oum El Bouaghi est homogène à seuil de (1-) avec $\alpha = 0.05$.

V.4. Etude de l'échantillon et choix du type de loi d'ajustement :

La pluviométrie est souvent ajustable à des lois statistiques très nombreuses, on utilise pour notre projet celle qui garantit le meilleur ajustement possible.

Les lois d'ajustement les plus communément employées sont les suivantes :

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

V.4.1. Ajustement des pluies annuelles à la loi de Gauss ou loi normale :

Le procédé de calcul consiste à:

- Classer les valeurs de l'échantillon par ordre croissant.
- Affecter un numéro d'ordre aux valeurs classées.
- Calculer la fréquence expérimentale (par la formule de Hazen par exemple).

$$- \text{ Variable réduite de gauss : } U = \frac{X - \bar{X}}{u} \dots\dots\dots(\text{V.3})$$

- Calcul des caractéristiques empirique de loi (\bar{X} ; σ ; C_v ; $C_s=0$).

$$- \text{ Le coefficient de variation : } C_v = \frac{u}{\bar{X}} \dots\dots\dots(\text{V.4})$$

L'équation de la droite de Henry sur papier de probabilité gaussien:

$$X_{P\%} = \bar{X} + \delta * U_{P\%} \quad \text{Avec:}$$

Avec : $X_{P\%}$: précipitation de probabilité P%.

$U_{P\%}$: variable réduit de Gauss.

\bar{X} : Moyenne arithmétique.

δ : Écart type

Pour les calculs on a utilisé le logiciel HYFRAN.

Les résultats obtenus figurent au tableau V.4et au Figure V.1 :

Tableau V.4: Ajustement à la loi de Gauss.

T = 1/q	q = F(X) (probabilité au non-dépassement)				
T	q	XT	Ecart-type	Intervalle de confiance (95%)	
100.0	0.9900	555.9	35.68	485.9	625.8
50.0	0.9800	528.5	32.65	464.5	592.5
20.0	0.9500	487.5	28.35	432.0	543.1
10.0	0.9000	451.1	24.89	402.3	499.9
5.0	0.8000	407.0	21.39	365.0	448.9
3.0	0.6667	365.8	19.16	328.2	403.3
2.0	0.5000	322.6	18.30	286.8	358.5
1.4286	0.3000	270.1	19.56	231.8	308.4
1.2500	0.2000	238.3	21.39	196.4	280.2

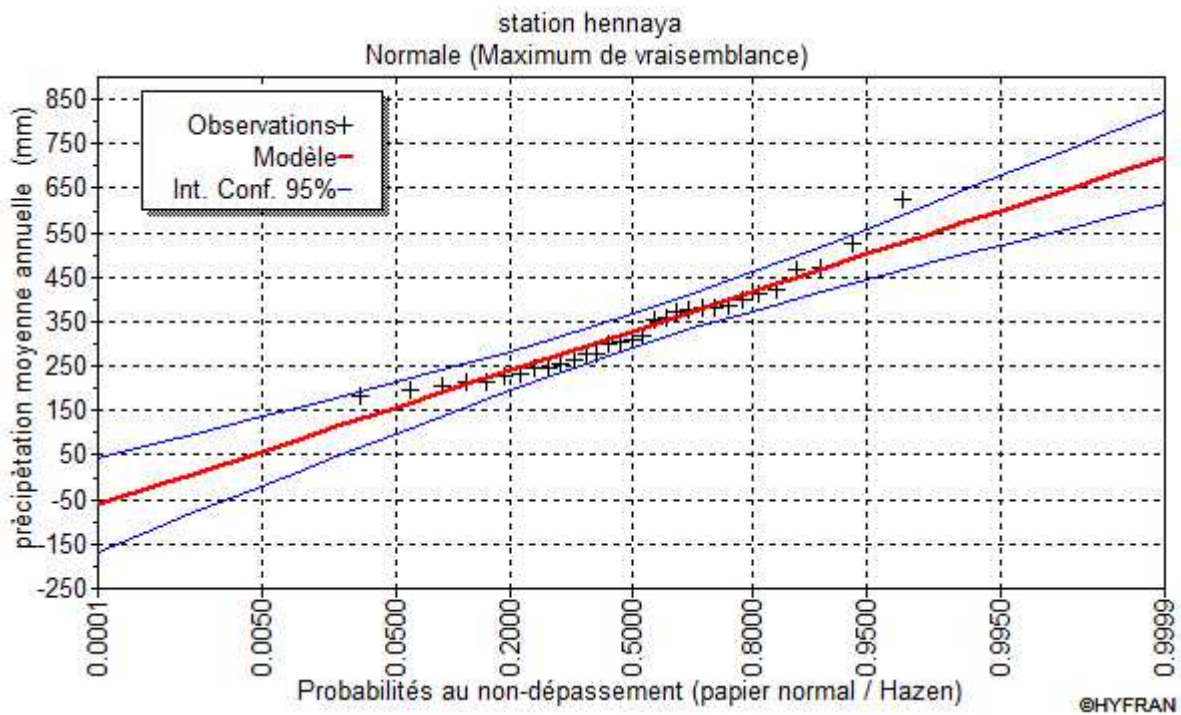


Figure V.1: Ajustement des pluies annuelles à la loi de Gauss.

V.4.1.1. Test de validité de l'ajustement à la loi choisie :

La loi choisie pour ajuster la distribution statistique de l'échantillon, ne représente qu'approximativement l'échantillon étudié, l'erreur commise en adoptant une loi donnée est une erreur d'adéquation. Il convient par conséquent de comparer l'adéquation de ces lois afin d'adopter le meilleur ajustement. L'un des tests le plus employé, est le test du Khi carré (χ^2).

Soit un échantillon de N valeurs, classées par ordre croissant ou décroissant à étudier, et pour le quel une loi de répartition F(X) a été déterminée :

On divise cet échantillon en un certain nombre de classes K contenant chacune n_i valeurs expérimentales. Le nombre V_i est le nombre théorique de valeurs sur un échantillon de N valeurs affectées à la classe i par la loi de répartition, donnée par la relation suivante :

$$\epsilon_i = N \int_{x_{i+1}}^x f(X) dX = N [F(X_i) - F(X_{i+1})] \dots\dots\dots(V.5)$$

$f(X)$: étant la densité de probabilité correspondant à la loi théorique. La variable aléatoire t^2 , dont la répartition a été étudiée par Pearson, est définie par l'expression suivante :

$$t^2 = \sum \frac{(n_i - \epsilon_i)^2}{\epsilon_i} \dots\dots\dots(V.6)$$

$$\} = K - 1 - P \dots\dots\dots(V.7)$$

Avec :

P : Nombre de paramètres, dont dépend la loi de répartition (P=0.25).

On cherche dans la table de Pearson la probabilité de dépassement correspondante au Nombre de degré de liberté, définie ci-dessus par }?

➤ **Test de Khi carré pour la loi Normale :**

- ✓ On calcule χ^2 .
- ✓ On calcule le nombre de degré de liberté γ :
- ✓ On détermine $\chi^2_{\text{théorique}}$ sur la table de Pearson Avec : $\chi^2_{\text{théorique}} = g(\gamma, \alpha)$

La loi est adéquate pour une erreur $\alpha = 0.01$ si et seulement si : $\chi^2_{\text{calculé}} < \chi^2_{\text{théorique}}$.

D'après le logiciel HYFRAN ont obtenu les résultats suivant:

$$\chi^2_{\text{calculé}} = 5.35 \quad \gamma = 4$$

D'après la table de Pearson du χ^2 on a :

$$\chi^2_{\text{théorique}} = 13.277$$

$\chi^2_{\text{calculé}} = 5.35 < \chi^2_{\text{théorique}} = 13.277$ Donc l'ajustement est à considérer.

V.4.2.Ajustement des pluies annuelles à la loi du log-normale (loi de Galton) :

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

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

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

$$\text{Ln}(X_{p\%}) = \overline{\text{Ln}(\mathbf{X})} + \delta_{\text{Ln}} * U_{p\%} \dots \dots \dots (V.8)$$

Avec:

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

X_{p%} : précipitation probable à P%.

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

δ_{Ln}: la variance, calculée pour les précipitations observées sous l'échelle logarithmique sa formule s'écrit comme suit :

$$\delta_{\text{Ln}} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [\text{Ln}(X_i) - \overline{\text{Ln}(\mathbf{X})}]^2} \quad \text{Si } n < 30 \dots \dots \dots (V.9)$$

$$\delta_{\text{Ln}} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [\text{Ln}(X_i) - \overline{\text{Ln}(\mathbf{X})}]^2} \quad \text{Si } n \geq 30 \dots \dots \dots (V.10)$$

U_{p%}: variable réduite de Gauss.

Pour les calculs on a utilisé le logiciel HYFRAN Les résultats obtenus figurent au tableau V.5et au Figure V.2 :

Tableau V.5: Ajustement des pluies annuelles à la loi-log normale.

q = F(X) (probabilité au non-dépassement) T = 1/q					
T	q	XT	Ecart-type	Intervalle de confiance (95%)	
100.0	0.9900	621.2	66.45	490.9	751.5
50.0	0.9800	572.3	56.03	462.5	682.2
20.0	0.9500	506.1	43.03	421.8	590.5
10.0	0.9000	453.7	33.86	387.4	520.1
5.0	0.8000	397.5	25.50	347.5	447.5
3.0	0.6667	351.3	20.18	311.7	390.9
2.0	0.5000	308.7	16.94	275.5	341.9
1.4286	0.3000	263.7	15.46	233.4	294.0
1.2500	0.2000	239.7	15.37	209.6	269.8

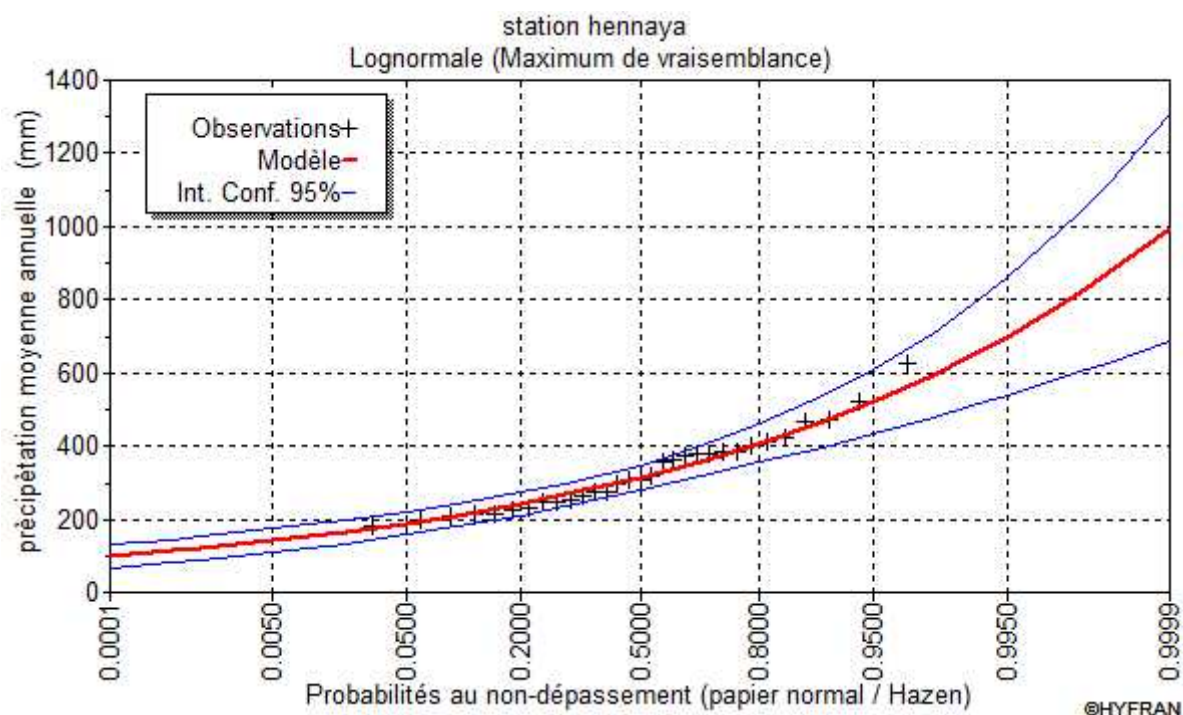


Figure V.2 Ajustement des pluies annuelles à la loi log-normale.

V.4.2.1. Test de validité de l'ajustement à la loi log-normale (loi de Galton) :**➤ Test de Khi carré pour la loi de Galton :**

- ✓ On calcule $\chi^2_{\text{calculé}}$.
- ✓ On calcule le nombre de degré de liberté γ .
- ✓ On détermine $\chi^2_{\text{théorique}}$ sur la table de Pearson

III. Avec : $\chi^2_{\text{théorique}} = g(\gamma, \alpha)$

La loi est adéquate pour une erreur $\alpha = 0.05$ si et seulement si : $\chi^2_{\text{calculé}}$

$< \chi^2_{\text{théorique}}$. D'après le logiciel HYFRAN on a obtenu les résultats suivants:

$$\chi^2_{\text{calculé}} = 4 \quad \gamma = 4$$

D'après la table de Pearson du χ^2 on a :

$$\chi^2_{\text{théorique}} = 9.488$$

$$\chi^2_{\text{calculé}} = 4 < \chi^2_{\text{théorique}} = 9.488$$

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

V.5. Détermination de l'année de calcul :

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

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

$$P_{\text{sec80\%}} = P_{\text{moy de chaque mois}} \times \frac{P_{\text{théorique (80\%) Annuelle}}}{P_{\text{théorique (50\%) Annuelle}}} \dots\dots\dots(\text{V.11})$$

Avec : i : mois

On déduit les résultats suivants :

$$P_{\text{théorique 80\%}} = 239.7 \text{ mm.}$$

$$P_{\text{théorique 50\%}} = 308.7 \text{ mm.}$$

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

Tableau V.6 : Précipitation moyenne mensuelle de l'année de calcul.

Mois	Jan	Févr	Mar	Avril	Mai	Jun	Juil.	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc
P_{i,moy} (mm)	40.73	45.04	43.33	31.36	28.96	7.15	2.41	4.09	19.4	27.38	40.27	39.46
P_{i,80%} (mm)	32.58	36.03	34.66	25.09	23.17	5.72	1.93	3.27	15.52	21.9	32.22	31.57

Conclusion :

Au cours de ce chapitre, nous avons étudié la problématique des ressources en eau de notre zone d'étude. Pour ce qui est de l'alimentation en eau, le périmètre sera irrigué à partir de la station d'épuration d'AIN EL HOUTZ.

Pour ce qui est de la qualité de l'eau d'irrigation, les analyses physico-chimiques ont révélé qu'elle est bonne et apte à l'irrigation.

CHAPITRE VI :

Besoins en eau des cultures

Introduction :

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

VI.1. Choix des cultures :

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

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

VI.1.1. Classification des cultures en fonction du degré de protection sanitaire requis :

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

Catégorie A: protection nécessaire pour des ouvriers:

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

- Parc irrigué en zone clôturée sans accès au public (pépinières, forêts, et ceinture de verdure).

Catégorie B: des mesures complémentaires peuvent être nécessaires:

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

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

- Les plantes souvent consommées crus et développées en contact étroit avec les eaux usées (légumes frais tels que la laitue ou les carottes, ou les fruits irriguées par aspersion).
- Irrigation des parcs avec accès public (parcs, pelouses, cours de golf).

VI.1.2. Classification des cultures en fonction du potentiel de transmission en microorganismes pathogènes:

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

- les légumes consommés crus.
- les légumes consommés cuits.
- les plantes ornementales.
- les arbres produisant des fruits consommés sans épluchage.
- les arbres produisant des fruits consommés après épluchage
- les raisins de table.
- les pelouses en zone d'agrément d'accès public limité.
- les fourrages verts.
- les arbres produisant des noix ou autres semblables.
- les cultures industrielles

VI.2. Calcul de L'évapotranspiration :

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

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

VI.2.1. L'évapotranspiration potentielle de référence (ETo) :

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

VI.2.1.1. L'évapotranspiration maximale :

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

$$ETM = ETo * Kc$$

ETo : représente l'évapotranspiration standard (de référence)

Kc : le coefficient cultural.

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

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

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

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

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

Sur la base des résultats de plusieurs études, la consultation d'experts menée par la FAO sur les méthodologies d'estimation des Besoins en eau des cultures, a conduit à recommander

la méthode de Penman Monteith modifiée comme méthode privilégiée d'estimation de ETo (Bulletin F.A.O, N° 30).

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

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

$$ETo = C \times [w \times Rn + (1 - w) \times F (u) \times (ea - ed)] \dots\dots\dots(VI.1)$$

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

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

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

F(u) : fonction liée au vent.

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

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

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

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

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

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

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

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

Tableau VI .1 : Calcul de l'ET0.

Mois	Temp Moy (°C)	Hr%	Vent (Km/jour)	Isolation (Heurs)	Radiation Solaire (MJ/m2/j)	ET0 Pen Mon (mm / j)	ET0 Pen Mon (mm /mois)
Janvier	5.85	73	125	6	10.4	1.06	32.86
Fevrier	7.86	71.52	164	6.6	12.9	1.68	47.04
Mars	11.62	69.8	229	7.3	16.7	2.89	89.59
Avril	15.93	67.58	223	8.2	20.5	4.48	134.4
Mai	18.84	66.44	168	9.4	23.6	4.99	154.69
Juin	22.66	62	143	10.4	25.4	5.53	165.9
Juillet	25.06	60.61	171	11.1	26.3	6.04	187.24
Août	25.97	60.17	158	10.3	23.8	5.70	176.7
Septembre	22.89	63.88	177	8.9	19.7	4.66	139.8
Octobre	17.1	67.66	127	10.7	18.5	2.89	89.59
Novembre	12.8	69.96	136	8.8	13.3	1.90	57
Decembre	8.35	73.51	101	5.7	9.3	1.07	33.17
moy	16.24	67.17	160	8.6	18.4	3.57	57

VI.1.2. Les Coefficients culturaux (Kc) :

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

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

Tableau VI .2 : Les Coefficients culturaux.

culture	Septembre	octobre	novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août
Oranger	0,8	0,7	0,7	0,7	0,8	0,9	0,9	0,9	0,8	0,8	0,8	0,8
PECHER	0,8	0,7	0,7	0,7	0,8	0,9	0,9	0,9	0,8	0,8	0,8	0,8
VIGNE	0,55	0,33	0,25	0,20	0,15	0,3	0,5	0,6	0,7	0,9	0,7	0,6
OLIVIER	0,7	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,75	0,75	0,75	0,75

VI.3.La réserve facilement utilisable (RFU) :

La réserve utile c'est la quantité d'eau contenue dans la tranche de sol explorée par les racines, entre le point de ressuage et le point de flétrissement.

Mais les plantes ayant d'autant plus de mal à extraire l'eau que l'humidité qui s'approche du point de flétrissement, on considère donc la Réserve Facilement Utilisable (RFU). On considère généralement que la RFU correspond au 2/3 de la réserve Utile, selon le type de cultures.

On obtient donc :

$$RFU = (H_{cc} - H_{pf}) * Y * Z * da \dots \dots \dots (VI.2)$$

Avec :

H_{cc} et H_{pf} : sont les humidités du sol à la capacité au champ et au point de flétrissement ;

Y= degré de tarissement généralement égal à 2/3.

Z : Profondeur d'enracinement (mm).

da : Densité apparente du sol.

VI.4.Cycle végétatif des cultures :

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

Tableau VI.3: Cycle végétatif des cultures.

culture	Septembre	octobre	novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août
Oranger	←											→
PECHER	←											→
VIGNE	←											→
OLIVIER	←											→

VI.4.1. Les pourcentages proposés aux différentes cultures :

Après détermination de l'assolement et rotation, on a proposé un assolement des cultures détaillé dans le tableau ci-dessous :

Tableau VI.4: Les pourcentages occupés aux différentes cultures sont représentés.

N° de la parcelle	culture	Superficie m ²	Superficie (ha) de la parcelle	N° de l'ilot d'irrigation	Superficie de la parcelle projetée	Pourcentage %
1	pècher	286300	28.63	1_A	10.17	10.17
				1_B	9.99	9.99
				1_C	8.47	8.47
2	Oranger	277300	27.73	2_A	10.05	10.05
				2_B	7.18	7.18
				2_C	10.50	10.50
3	VIGNE	257400	25.74	3_A	10.24	10.24
				3_B	6.24	6.24
				3_C	9.26	9.26
4	OLIVIER	179000	17.9	4_A	9.1	9.1
				4_B	8.8	8.8

VI.5. Le bilan hydrique :

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

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

$$B = Kc \cdot ETP - (P_{\text{eff}} + RFU) \dots\dots\dots (VI.3)$$

ETP : évapotranspiration potentielle de référence en mm ;

Kc : le coefficient culturel de la culture considérée ;

Peff : pluie efficace en mm ;

RFU : la réserve facilement utilisable disponible au début de la période ;

VI.5.1.calcul des débits spécifiques :

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

$$q = \frac{B_m}{T \times t \times 3,6 \times K} \quad (\text{l/s/ha}) \quad \dots\dots\dots(\text{VI.4})$$

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

T : Temps d'irrigation par jour.

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

K : Coefficient d'efficience globale du système d'irrigation 0.75.

Les résultats sont résumés dans le tableau VI.5 :

VI.6.Détermination les Besoins en eaux des cultures :

Les Besoin en en eaux des cultures sont détaillés comme suit :

Tableau VI.5 : Besoin en eaux des cultures.

	mois	Septembre	octobre	novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août
oranger	ET0	139,80	89,59	57,00	33,17	32,86	47,04	89,59	134,40	154,69	165,90	187,24	176,70
	Kc	0,80	0,70	0,70	0,70	0,80	0,90	0,90	0,90	0,80	0,80	0,80	0,80
	ETM	111,84	62,71	39,90	23,22	26,29	42,34	80,63	120,96	123,75	132,72	149,79	141,36
	Pluie (mm)	19,40	27,38	40,27	39,46	40,73	45,04	43,33	31,36	28,96	7,15	2,41	4,09
	Peff	15,52	21,90	32,22	31,57	32,58	36,03	34,66	25,09	23,17	5,72	1,93	3,27
	Peff-ETM	-96,32	-40,81	-7,68	8,35	6,30	-6,30	-45,97	-95,87	-100,58	-127,00	-147,86	-138,09
	RFU_max	71,28	71,28	71,28	71,28	71,28	71,28	71,28	71,28	71,28	71,28	71,28	71,28
	RFU	10,52	10,52	35,64	35,64	35,64	35,64	25,52	25,52	20,76	12,36	12,36	12,36
	Besoins _net (mm)	96,32	40,81	0	0	0	0	45,97	95,87	100,58	127,00	147,86	138,09
	Besoins _brute	128,43	54,41	0	0	0	0	61,29	127,83	134,11	169,33	197,15	184,12
	Besoins _brut (m3)	1284,27	544,12	0	0	0	0	612,89	1278,29	1341,12	1693,33	1971,52	1841,17
	deb_speci_the_l/s/ha	0,50	0,21	0	0	0	0	0,24	0,49	0,52	0,65	0,76	0,71

	mois	Septembre	octobre	novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août
	PECHER	ET0	139,8	89,59	57	33,17	32,86	47,04	89,59	134,4	154,69	165,9	187,24
Kc		0,8	0,7	0,7	0,7	0,8	0,9	0,9	0,9	0,8	0,8	0,8	0,8
ETM		111,84	62,71	39,9	23,21	26,28	42,33	80,63	120,96	123,75	132,72	149,79	141,36
Pluie (mm)		19,4	27,38	40,27	39,46	40,73	45,04	43,33	31,36	28,96	7,15	2,41	4,09
Peff		15,52	21,90	32,21	31,56	32,58	36,03	34,66	25,08	23,16	5,72	1,92	3,27
Peff-ETM		-96,32	-40,80	-7,68	8,34	6,29	-6,30	-45,96	-95,87	-100,58	-127	-147,86	-138,08
RFU_max		71,28	71,28	71,28	71,28	71,28	71,28	71,28	71,28	71,28	71,28	71,28	71,28
RFU		15,48	15,48	35,64	35,64	35,64	35,64	24,79	24,79	24,79	20,46	20,46	20,46
Besoins _net (mm)		96,32	40,80	0	0	0	0	45,96	95,87	100,58	127	147,86	138,08
Besoins _brute		128,42	54,41	0	0	0	0	61,28	127,82	134,11	169,33	197,15	184,11
Besoins _brut (m3)		1284,26	544,12	0	0	0	0	612,89	1278,2	1341,12	1693,33	1971,52	1841,17
deb_speci_the_l/s/ha		0,50	0,21	0	0	0	0	0,24	0,49	0,52	0,65	0,76	0,71

OLIVIER	mois	Septembre	octobre	novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août
	ET0	139,8	89,59	57	33,17	32,86	47,04	89,59	134,4	154,69	165,9	187,24	176,7
	Kc	0,7	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,75	0,75	0,75	0,75
	ETM	97,86	58,23	37,05	21,56	21,35	30,57	58,23	87,36	116,01	124,42	140,43	132,52
	Pluie (mm)	19,4	27,38	40,27	39,46	40,73	45,04	43,33	31,36	28,96	7,15	2,41	4,09
	Peff	15,52	21,90	32,21	31,56	32,58	36,03	34,66	25,08	23,16	5,72	1,92	3,27
	Peff-ETM	-82,34	-36,32	-4,83	10	11,22	5,45	-23,56	-62,27	-92,84	-118,7	-138,5	-129,25
	RFU_max	71,28	71,28	71,28	71,28	71,28	71,28	71,28	71,28	71,28	71,28	71,28	71,28
	RFU	15,26	15,26	35,64	23,76	35,64	35,64	27,45	27,45	20,42	20,42	18,09	18,09
	Besoins_net (mm)	82,34	36,32	0	0	0	0	23,56	62,27	92,84	118,7	138,5	129,25
	Besoins_brute	109,79	48,44	0	0	0	0	31,43	83,03	123,8	158,27	184,67	172,34
	Besoins_brut (m3)	1097,87	484,39	0	0	0	0	314,26	830,29	1237,99	1582,73	1846,69	1723,37
	deb_speci_the_l/s/ha	0,42	0,19	0	0	0	0	0,12	0,32	0,48	0,61	0,71	0,66

	mois	Septembre	octobre	novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août
	VIGNE	ET0	139,8	89,59	57	33,17	32,86	47,04	89,59	134,4	154,69	165,9	187,24
Kc		0,55	0	0	0	0	0,3	0,5	0,6	0,7	0,9	0,7	0,6
ETM		76,89	0	0	0	0	14,11	44,79	80,64	108,28	149,31	131,06	106,02
Pluie (mm)		19,4	27,38	40,27	39,46	40,73	45,04	43,33	31,36	28,96	7,15	2,41	4,09
Peff		15,52	21,90	32,21	31,56	32,58	36,03	34,66	25,08	23,16	5,72	1,92	3,27
Peff-ETM		-61,37	21,90	32,21	31,56	32,58	21,92	-10,13	-55,55	-85,11	-143,59	-129,14	-102,74
RFU_max		71,28	71,28	71,28	71,28	71,28	71,28	71,28	71,28	71,28	71,28	71,28	71,28
RFU		18,57	35,64	35,64	35,64	35,64	35,64	28,17	28,17	24,19	24,19	19,78	19,78
Besoins _net (mm)		61,37	0	0	0	0	0	10,13	55,55	85,11	143,59	129,14	102,74
Besoins _brute		81,82	0	0	0	0	0	13,50	74,06	113,48	191,45	172,18	136,99
Besoins _brut (m3)		818,26	0	0	0	0	0	135,08	740,69	1134,86	1914,53	1721,86	1369,97
deb_speci_the_l/s/ha		0,32	0	0	0	0	0	0,05	0,29	0,44	0,74	0,66	0,53

Besoin max mensuel = 563.37 mm

$Q_{sp} = (\text{besoin max} \times 10 \times 1000) / (3600 \times \text{Nbre de jour} \times \text{Nbre heure} \times \text{efficience})$

$Q_{sp} = 2.9 \text{ (l/s /ha)}$

Le débit spécifique obtenu est supérieur à 1.5, ce qui pourrait aboutir à un surdimensionnement. On prend donc le débit spécifique de la culture la plus exigeante pour le mois de pointe.

Donc le débit spécifique pris en considération pour notre périmètre est de :

$Q_{sp} = 0.761 \text{ (l/s /ha)}$.

VI.7.Débit caractéristique :

C'est le débit maximum que peut assurer le réseau d'irrigation. Il est égal à:

$Q \text{ caractéristique} = Q_{sp} \times \text{surface}$

Surface totale=100ha

$Q \text{ caractéristique} = 76.1 \text{ l/s}$

Les volumes des besoins en eau = besoin de la culture m³ x surface de la culture.

VI.7.1.Estimation des volumes d'eau d'irrigation :

Le volume des besoins en eau égale le besoin de la culture en m³ multiplié par la surface de la culture.

On trouve les résultats dans le Tableau VI .6 :

Tableau VI .6 : volumes d'eau d'irrigation.

	surface de la culture ha	besoin de la culture m ³	les volumes des besoins en eau m ³
pécher	28.63	10566.72	302525
oranger	27.73	10566.72	293015
OLIVIER	17.9	9117.61	163205
VIGNE	25.74	7835.28	201680
		TOTALE	960426

Le volume nécessaire pour les cultures durant toute leur période végétative est 960426m³.

Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons abordé les besoins en eau des cultures, ce qui nous a permis d'atteindre deux objectifs principaux :

- D'abord l'estimation du débit spécifique de notre périmètre, et cela vu les principales spéculations agricoles et les contraintes agronomiques, ce qui a permis de calculer le débit spécifique en tenant compte de la culture la plus exigeante. Pour l'élaboration des arrosages, il faudra suivre un planning quotidien des irrigations pour diminuer la demande en eau et satisfaire l'ensemble des besoins en eau des cultures.

- L'estimation des volumes d'eau d'irrigation nécessaires du périmètre. En définitif, il faudra prévoir une disponibilité annuelle brute d'environ 960426 m³ d'eau d'irrigation, qui permettra aux agriculteurs de d'intensifier et de diversifier leurs cultures.

CHAPITRE VII :

Dimensionnement du réseau de distribution et irrigation

Introduction :

Dans ce chapitre nous allons dimensionner Le réseau de distribution d'eau, est essentiellement composé par des canalisations enterrées, livrant l'eau sous pression aux différents exploitants, par l'intermédiaire des bornes.

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

VII.I.1.Découpage du périmètre en ilots d'irrigation :

Le terme « îlot d'irrigation » décrit l'unité hydro-agricole alimentée par une borne d'irrigation. Cette borne comporte une ou plusieurs sorties ou « prises » suivant le nombre d'arrosages qu'elle doit assurer simultanément, en particulier lorsqu'elle se trouve en limite de plusieurs exploitants. Chaque borne aura pour rôle :

- laisser passer ou arrêter le débit.
- Régler ce débit, ou plus exactement le limiter au module.
- Régler la pression

La position de chaque borne résulte d'un compromis entre l'intérêt économique qu'il y a à limiter le nombre de bornes et le désir d'une utilisation facile par l'agriculteur.

- **Choix du tracé :**

Pour le choix du tracé de la conduite d'adduction, il est indispensable de:

- de chercher un profil en long aussi régulier que possible pour éliminer les contres pentes ;
- Dans le but d'économie du projet, le tracé doit être le plus court possible ;
- Éviter le phénomène de cavitation qui peut engendrer les éclatements et vibration de la canalisation au cours de la phase de surpression ;
- Éviter autant que possible la traversée des obstacles (routes, voies ferrées, oueds, etc.).

VII.I.2.Calcul des débits des ilots :

Le but est de définir les débits nécessaires que le système d'irrigation doit véhiculer pour répondre à la demande en eau des cultures. Le débit spécifique est défini d'après les besoins en eau de chaque culture, évalués précédemment à partir de la répartition culturale. Ce débit a été évalué (chapitre 6) à :

$$q_s = 0.761 \text{ l/s/ha}$$

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

$$Q_b = q_s \cdot S \dots\dots\dots(\text{VII.1})$$

Q_b = Débit caractéristique de chaque ilot (l/s).

q_s = Débit spécifique moyen (l/s/ha).

S = Superficie de l'ilot (ha)

Les résultats du calcul du débit de chaque îlot d'irrigation sont présentés dans le tableau **VII.1**

Tableau VII.1: Les débits au niveau de chaque ilot.

N° de la parcelle projeté	Superficie (ha) de la parcelle	N° de l'ilot d'irrigation	Superficie de la parcelle projetée	débit des prises L/S	N° de borne	l'ilot alimenté par la borne	débit brut de la borne L/S
1	28.63	1_A	10.17	7.74	1	1_A	15.34
		1_B	9.99	7.6		1_B	
		1_C	8.47	6.44	2	1_C	14.09
2	27.73	2_A	10.05	7.65		3	
		2_B	7.18	5.46	2_B		
		2_C	10.50	7.99	4	2_C	14.69
3	25.74	3_A	10.24	7.79		5	
		3_B	6.24	4.75	4_A		
		3_C	9.26	7.05	6	3_A	7.79
4	17.9	4_A	9.1	6.92	7	3_B	11.8
		4_B	8.8	6.7		3_C	

VII.I.3.Choix du type de borne :

Le choix de la borne dépend de la surface :

- Pour les surfaces $S \leq 10ha$ on prend la Borne à deux prises.
- Pour les surfaces $S \geq 15ha$ on prend la Borne à quatre prises.

VII.I.3.1.Choix de diamètre de la borne :

Les diamètres des bornes en fonction des débits sont comme suit :

Tableau VII.2: Choix du diamètre de la borne.

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

VII.I.3.2.Calcul des débits aux bornes :

$$Q_b = q \times S \dots\dots\dots(VII.2)$$

Avec : q = débit spécifique (l/s/ha)

S = Superficie (ha)

Tableau VII.3: Débit au niveau des bornes et des prises.

N° de la borne	N° de la parcelle projeté	débit des prises l/s	débit brut de la borne L/S	D des prises (mm)	Diamètre de la borne mm
1	1-A	7.74	15.34	65	100
	1-B	7.6		65	
2	1-C	6.44	14.09	65	100
	2-A	7.65		65	
3	2-B	5.46	5.46	65	65
4	2-C	7.99	14.69	65	100
	4-B	7.79		65	
5	4-A	6.92	6.92	65	65
6	3-A	7.79	7.79	65	65
7	3-B	4.75	11.8	65	100
	3-C	7.05		65	

VII.I.4. Calcul hydraulique des canalisations :

VII.I.4.1. Caractéristiques de la conduite principale (CP) et le réseau de distribution:

VII.I.4.1.1. Choix du type de matériau :

- **Conduite en PEHD :**
 - Ils supportent des pressions élevées.
 - Une résistance aux contraintes (choc, écrasement, déplacement du terrain).
 - Ils offrent une bonne flexibilité.
 - Disponible sur le marché.

Dans notre étude, Nous utiliserons les conduites en PEHD pour les conduites dont le diamètre est inférieur à 400 mm, et la fonte pour les conduites dont le diamètre est supérieur ou égal à 500 mm.

VII.I.4.1.2. Calcul des diamètres des conduites :

Le diamètre de la conduite principal et du réseau de distribution sera en premier lieu approché par la formule de Bonin étant donné que le système est alimenté par pompage:

$$D = \bar{Q} \dots\dots\dots(VII.3)$$

Avec :

D : Diamètre de la conduite calculée (m)

Q : Débit dans la conduite (m³/s).

Tableau VII. 4: Calcul des diamètres des Conduite.

N° du point	N° du tronçon	Longueur tronçon L(m)	Longueur tronçon (km)	Débit (l/s)	Débit (m ³ /s)	D. calculé D (mm)	D. normalisé (mm)
R				76.1	0.0761	276	315
	R-N1	1014.74	1.01474	76.1	0.0761	276	315
N1				76.1	0.0761	276	315
	N1-N2	263.98	0.26398	41.2	0.0412	203	250
N2				41.2	0.0412	203	250
	N2-N3	128.1	0.1281	26.51	0.02651	163	200
N3				26.51	0.02651	163	200
	N3-N4	243.85	0.24385	19.59	0.01959	140	160
N4				19.59	0.01959	140	160
	N4-N5	223.21	0.22321	11.8	0.0118	109	110
N5				11.8	0.0118	109	110
	N1-N6	439.34	0.43934	29.43	0.02943	171.5	200
N6				29.43	0.02943	171.5	200
	N6-N7	311.6	0.3116	15.34	0.01543	123.8	125
N7				15.34	0.01534	123.8	125

Après détermination du diamètre, on utilise le logiciel EPANET pour déterminer la vitesse, les pressions et les pertes de charge au niveau de la conduite principale et le réseau de distribution. Le calcul des pertes de charge ont été effectués selon la formule de Hazan-Williams:

$$Hf = 10.675. L \left(\frac{Q}{Chw} \right)^{1.852} \frac{1}{D^{4.87}} \dots\dots\dots(VII.4)$$

Chw : est le coefficient de perte de charge qui dépend du type de matériau il varie entre 130 et 150 pour le PEHD.

Selon les pressions des bornes, les diamètres des canalisations seront modifiés si la pression n'est pas suffisante.

Les résultats des calculs sont présentés dans la figure et les tableaux ci-dessous :

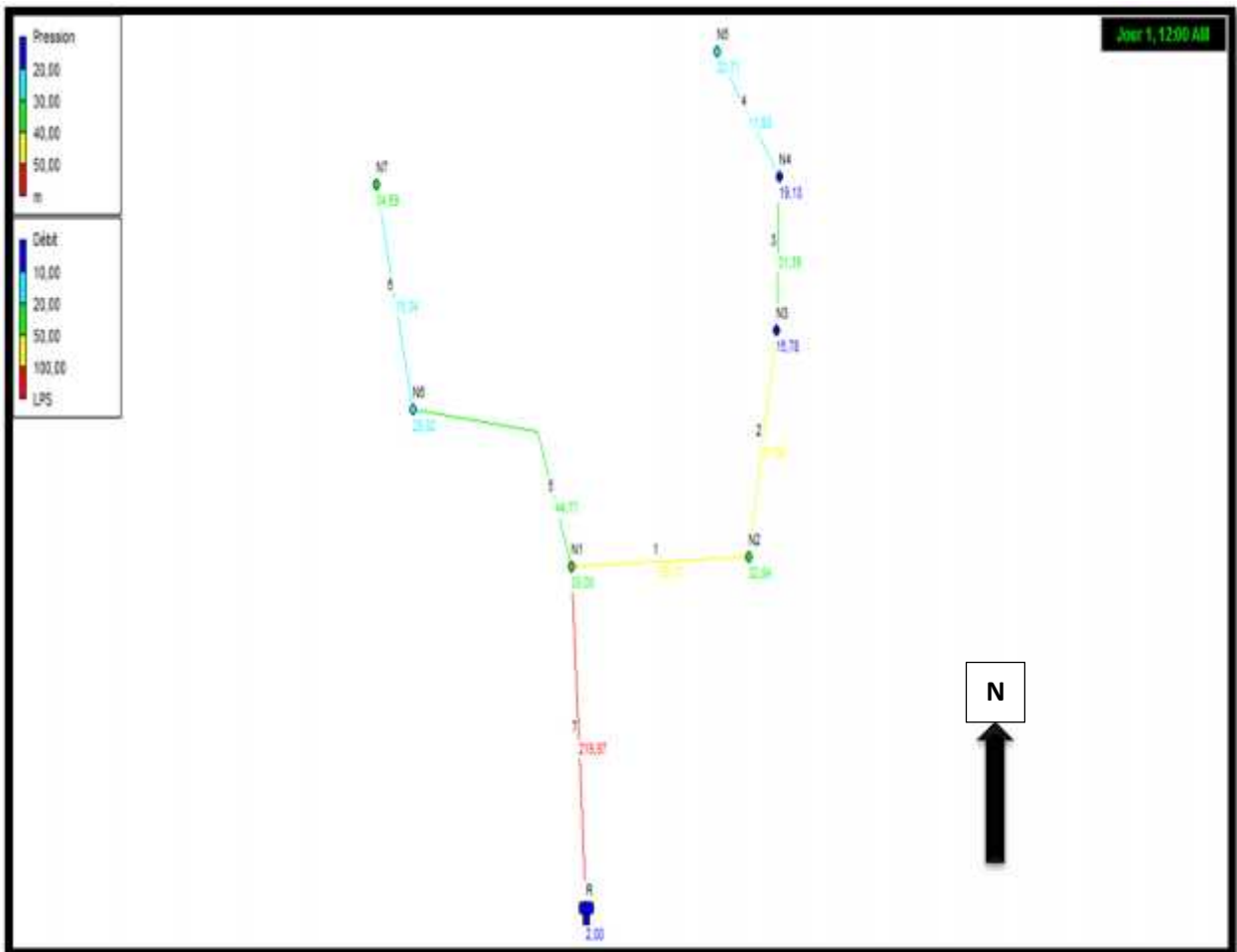


Figure VII .1: Simulation du réseau de distribution (Epanet). Echelle :1 /25000.

Tableau VII.5: Résultats de calculs (Altitudes des nœuds, demande, charge totale et Pression).

Nœuds	Altitude	Demande Base	Demande	Charge	Pression
	m	l/s	l/s	m	m
N1	380	76.1	76.10	410	30
N2	376	41.2	41.20	408.84	32.84
N3	373	26.51	26.51	408.20	35.20
N4	366	19.59	19.59	407.02	41.02
N5	361	11.8	11.80	403.30	42.30
N6	380	29.43	29.43	408.65	28.65
N7	367	15.34	15.34	404.52	37.52
R	410	-	219.97	412	2

Tableau VII.6: Les résultats de calculs (les débits, les vitesses et les pertes de charge).

tronçon	Longueur	Diamètre	Débit	Vitesse	Perte de Charge Unit.
	m	mm	l/s	m/s	m/km
Conduite1	1014,74	500	219,97	1,12	1,97
Conduite 2	264	315	99,10	1,27	4,39
Conduite 3	128,1	250	57,90	1,18	5,04
Conduite 4	243,8	200	31,39	1,00	4,82
Conduite 5	243,2	110	11,80	1,24	15,32
Conduite 6	439,34	250	44,77	0,91	3,08
Conduite 7	311,6	125	15,34	1,25	13,23

VII.I.5.Appareillage d'équipement du réseau :

VII.I.5.1.Vannes :

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

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

VII.I.5.2.Vanne de sectionnement :

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

VII.I.5.3.Ventouses :

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

Tableau VII.7: Choix des ventouses.

Diamètre de la conduite	Diamètre de l'orifice d'évacuation de l'air
D < 500mm	D=80mm
500 < D < 900mm	D=100mm
900 < D < 1250mm	D=150mm

VII.I.5.4.Vidange :

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

VII.II. DIMENSIONNEMENT D'UN RESEAU D'IRRIGATION

GOUTTE A GOUTTE :

VII.II.1. Données générales :

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

Le réseau d'irrigation sera installé sur l'ilot N° :1-A alimentée par la borne N°2 (borne à deux prises). La surface de l'exploitation est de 10.17hectares, répartie en quatre parcelles de tailles 2.54 hectares.

Culture : pêcher

- Espacement entre arbres : 4 m
- Espacements entre rangs : 4 m
- Besoins de pointe : 147.86 mm

Caractéristique du goutteur :

- Débit nominal : 4l/h
- Pression nominal : 10 m.c.e
- Espacement des goutteurs : 1 m
- Le nombre de goutteurs par arbre : 2

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

VII.II.2.1. Influence du taux de couverture du sol :

En micro-irrigation, les apports d'eau étant localisés sur une portion très faible de la surface du sol située au voisinage des plantes, donc à l'ombre du feuillage, la part d'évaporation directe à partir du sol est réduite (Ollier & Poirée, 1981).

On applique alors à L'ETM un coefficient de réduction : K_r

K_r dépend du taux de couverture du sol ($C_s = 60\%$) pour les plantes adultes et peut être calculé par diverses formules proposées ci-après :

- KELLER et KARMELI (1974) :

$$K_r = \frac{C_s}{0.85} \dots\dots\dots(VII.1)$$

- La formule de Freeman et Garzoli :

$$K_r = C_s + 0.5(1 - C_s) \dots\dots\dots(VII.2)$$

- La formule de Decroix (CTGREF) :

$$K_r = 0.1 + C_s \dots\dots\dots(VII.3)$$

Pour notre cas on considère un taux de couverture égal à 60% (pour les arbres adultes)
donc :

$K_r = 0.71$ selon Keller et Karmeli

$K_r = 0.80$ selon Freeman et Garzoli

$K_r = 0.70$ selon Decroix (CTGREF)

On prendra un coefficient $K_r = 0.80$

$$B_{jl} = B_j * K_r \quad (B_j = 4.93 \text{ mm/jour}) \dots\dots\dots(VII.4)$$

$$B_{jl} = 4.93 * 0.8 = \mathbf{3.944 \text{ mm/j}}$$

1. Dose nette (dose pratique) :

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

La dose pratique (nette) qui correspond à la RFU étant calculée comme suit :

$$D_p = (H_{cc} - H_{pf}) \cdot Y \cdot D \cdot A \cdot Z \dots\dots\dots(VII.5)$$

Tel que : H_{cc} : humidité à la capacité au champ (31%)

H_{pf} : humidité au point de flétrissement (16%)

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

Z : profondeur d'enracinement en (1000 mm)

D_a : densité apparente du sol ($D_a = 1$)

$$D_p = (31 - 16) / 100 \cdot 1000 \cdot 2/3 \cdot 1 = 100 \text{ mm}$$

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

$$P\% = \frac{n \cdot S_{pd} \cdot S_h}{S_a \cdot S_r} \dots\dots\dots(VII.6)$$

P : Volume du sol humidifié ;

N : Nombre de point de distribution par arbre (égal à 2) ;

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 la dose nette corrigée devient:

$$D_p = D_p = 100 * 0.25 = 25 \text{ mm.}$$

2. Calcul de la dose brute :

$$D_{brute} = \frac{D_p * 0.25}{eff} = \frac{100 * 0.25}{0.9} = 27.78 \text{ mm /mois} \dots\dots\dots(VII.7)$$

Cu : coefficient d'uniformité Cu=90%.

Eff : efficacité du réseau d'irrigation Eff=90%.

3. Fréquence des arrosages :

La fréquence des arrosages se calcule à partir des besoins en eau journaliers de la culture et de la dose nette apportée à chaque arrosage. La fréquence d'arrosage (intervalle entre 2 arrosages) est donnée par la formule suivante :

$$Fr = \frac{Dose\ nette}{B_{jl}} = \frac{25}{3.944} = 6.34 \text{ jours} \dots\dots\dots(VII.8)$$

Donc on prend un intervalle de **6 jours**.

On recalcule la nouvelle dose réelle :

$$D_r = 6 * 3.944 = \mathbf{23.664 \text{ mm}}$$

Et la dose brute :

$$D_{brute} = \frac{D_r}{eff} = \frac{23.664}{0.9} = \mathbf{26.29 \text{ mm}} \dots\dots\dots(VII.9)$$

4. Durée d'arrosage par mois :

$$\theta = \frac{D_b * S_a * S_r}{n * q_g} = \frac{26.29 * 4 * 4}{4 * 2} = 52.58 \text{ heures/mois} \dots\dots\dots(VII.10)$$

5. Durée d'arrosage journalier :

$$D_j = \frac{durée\ d'arrosage}{Fr} = \frac{52.58}{6} = 8.76 \text{ heures} \dots\dots\dots(VII.11)$$

6. Nombre de poste : Le nombre de poste par jour est défini comme suit :

$$N = \frac{\text{Temps de travail}}{\text{Durée d'arrosage journalier}} = \frac{20}{8.76} = 2 \text{ postes} \dots\dots\dots(\text{VII.12})$$

7. Surface de la parcelle :

$$S_p = \frac{\text{Surface totale}}{\text{Nombre de poste}} = \frac{2.54}{2} = 1.27 \text{ ha} \dots\dots\dots(\text{VII.13})$$

8. Calculs hydrauliques :

8.1. Conditions hydrauliques :

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

$$\frac{\Delta q}{q} = 10\% \dots\dots\dots(\text{VII.14})$$

La variation maximale de la pression

$q = K.H^x$ avec $x=0.5$ (caractéristique du goutteur)

$$\frac{\Delta q}{q(g)} = \frac{\Delta H}{H(n)} \dots\dots\dots(\text{VII.15})$$

Telle que : $q(g)$: débit nominal du goutteur

$H(n)$ pression nominal

$$0.1 = 0.5 \frac{\Delta H(\text{max.})}{10} \dots\dots\dots (\text{VII.16})$$

$$H(\text{max}) = 1/0.5 = 2 \text{ mce.}$$

8.2. Le débit :

$$Q_r = Q_g * N_r \dots\dots\dots(\text{VII.17})$$

$$Q_{pr} = Q_r * N_r$$

Avec: Q_r : Débit de rampe.

Q_g : Débit du goutteur.

N_g/r : Nombre des goutteurs par rampe.

N_r : Nombre des rampes.

Q_{pr} : Débit de porte rampe.

Avec : La longueur de la rampe (Lr) : 116 m.

La longueur de la porte rampe (Lpr): 233 m.

La longueur de la conduite secondaire (Ls) : 464 m.

8.1.1. Le nombre d'arbres par rampe:

$$N \text{ arbres} = Lr/Er = 116/4 = 29 \text{ arbres}$$

8.1.2. Nombre de goutteurs par rampe :

$$Ng = N \text{arbres} * n = 29 * 2 = 58 \text{ goutteurs}$$

8.1.3. Le nombre de rampes:

$$Nr = Lpr/Er = 233/4 = 58 \text{ rampes}$$

8.1.4. Débit de la rampe:

$$Qr = Ng * Qg \dots\dots\dots (VII.18)$$

$$Qr = 58 * 4 = 232 \text{ l/h}$$

8.1.5. Débit de la porte rampe:

$$Qpr = Qr * Nr = 232 * 58 = 13456 \text{ l/h} \dots\dots\dots (VII.19)$$

8.1.6. Débit de la conduite secondaire :

Etant donné que nous avons 4 porte rampe :

$$Qcsl = Qpr * Npr = 13456 * 4 = 53824 \text{ l/h} \dots\dots\dots (VII.20)$$

9. Dimensionnement des différentes parties du réseau :

pour le calcul des dimensions des canalisations (rampe et porte rampe), on propose que les rampes soient en PEBD.

Le diamètre de rampes ainsi que des portes rampes est calculé d'après les formules suivantes :

$$\varnothing r(cal) = \frac{P.d.c(r) * 2.75}{0.478 * Q(r)^{1.75} L(r)}^{-\frac{1}{4.75}} \dots\dots\dots (VII.21)$$

$$\varnothing pr(cal) = \frac{P.d.c(pr) * 2.75}{0.478 * Q(pr)^{1.75} L(pr)}^{-\frac{1}{4.75}} \dots\dots\dots (VII.22)$$

Avec :

- Pdc(r) : la perte de charge dans la rampe.

- $Q(r)$: le débit de la rampe en l/h.
- $L(r)$: la longueur de la rampe en m.
- $\varnothing r(\text{cal})$: le diamètre de rampes.
- $\varnothing pr(\text{cal})$: le diamètre de porte rampe.

10. Vérification des pertes de charges :

Pour la détermination des pertes de charges des différents tronçons de la canalisation après choix du diamètre, on applique la formule de « Tison ».

La perte de charge unitaire

$$i = \frac{0.478}{2.75} \cdot D^{-4.75} \cdot Q^{1.75} \dots\dots\dots(\text{VII.23})$$

La perte de charge le long de la conduite en (m)

$$j = \frac{L}{2.75} \cdot i \dots\dots\dots(\text{VII.24})$$

Ou : L : la longueur de la conduite.

Q : débit (l/h).

D : diamètre intérieur de la canalisation.

11. Calculs hydrauliques de la rampe :

Tableau VII.8 : Caractéristique de la conduite de la rampe.

culture	Surface ha	Lr(m)	Ng	Qr (l/h)	hr(m)	Dcal (mm)	Dn (mm)	Vitesse (m/s)	hcal(m)
pécher	2.54	116	58	232	1.2	11,66	12	0.38	0.26

La valeur de la perte de charges calculée est inférieure à 1.2 mce (hr max).

12. Calculs hydrauliques du porte rampe :

Tableau VII.9 : Caractéristiques de la conduite de la porte rampe.

culture	Surface ha	Lpr(m)	Nr	Qpr (l/h)	hpr(m)	Dcal (mm)	Dn (mm)	Vitesse (m/s)	hcal(m)
pécher	2.54	233	58	13456	0.6	80.59	90	0.75	0.23

La valeur de la perte de charges calculée est inférieure à 0.6 mce (hpr max).

D'après les deux tableaux précédents, on voit que les pertes de charges totales n'ont pas dépassé la limite imposée par la règle de Christiansen.

13. Calcul des diamètres de la conduite secondaire :

Pour calculer le diamètre on doit fixer la Vitesse d'écoulement (valeur optimale) d'environ 1.25 m/s tel que :

$$D = \frac{4Q}{\pi V} \text{ avec : } Q : \text{débit de la conduite considérée (m}^3\text{/s).}$$

V : Vitesse d'écoulement (m/s).

13.1. Calcul de caractéristique de la conduite secondaire :

Tableau VII.10 : Caractéristique de la conduite secondaire.

culture	Surface ha	L(m)	Q (l/h)	V supposée (m/s)	Dcal (mm)	Dn (mm)	Vcal (m/s)	hcal (m)
pécher	10.17	464	53824	1.25	123	125	1.13	0.39

14. La pression d'eau à la borne de distribution :

La pression d'eau que doit fournir la borne de distribution a la parcelle est égale à la somme de la pression nominale (10 mce) plus la somme des pertes de charges de cheminement de la borne d'irrigation jusqu'au gouteur le plus défavorable (éloigné ou élevé).

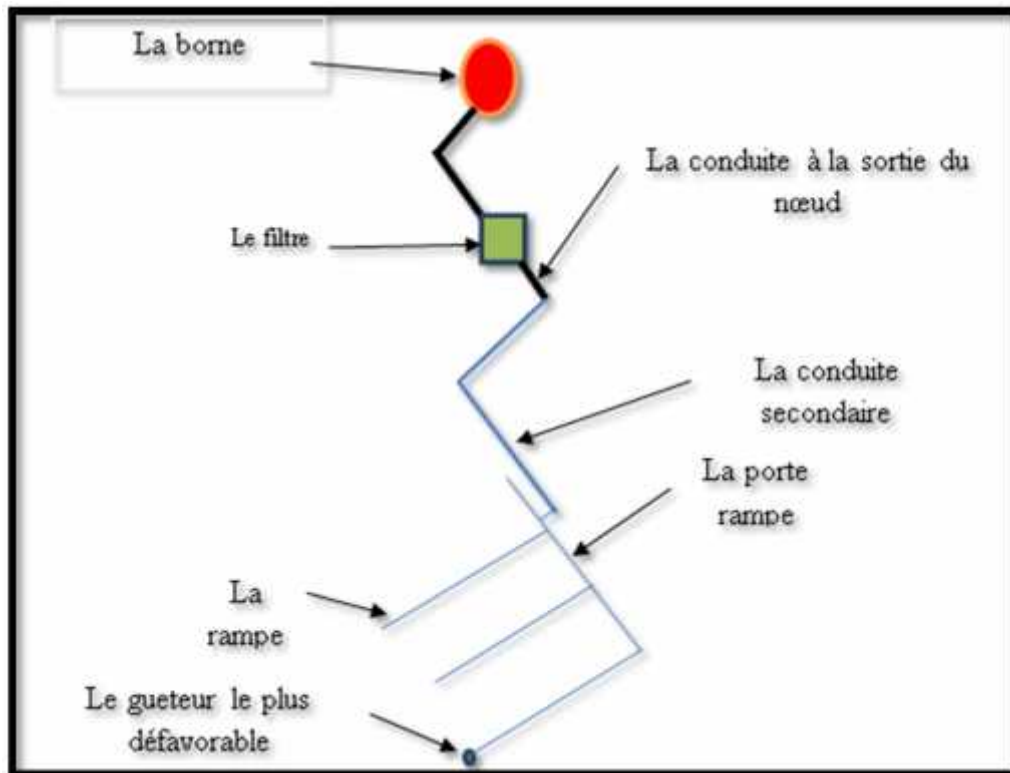


Figure VII.1 :Schéma explicatif de la desserte borne-goutteur .

Tableau VII.11 : Les pertes de charge de la borne jusqu'au goutteur le plus défavorable.

	La rampe	Porte rampe	Conduite secondaire
Longueur(m)	116	233	464
Diamètre(m)	15	90	125
Débit (l/h)	232	13456	53824
Pertes de charge(m)	0.26	0.23	0.39

A partir du tableau on peut déterminer la perte de charge totale entre la borne d'irrigation jusqu'à le goutteur le plus défavorable ; Donc la pression demandée à la borne égale à la pression nominale plus la somme des pertes de charges.

$$h = 10 + 0.26 + 0.23 + 0.39 = 10.88 \text{ m.}$$

VII.II.3.Capacité de stockage du réservoir :

Le réservoir de stockage est dimensionné de telle sorte qu'il puisse emmagasiner l'excédent en eau après irrigation du périmètre Pendant une journée. Ce qui nous fait un volume total V égale à :

Débit journalier moyen issu de la STEP 38880 m³/J.

Débit de pointe journalier consommé le mois de juillet $250.4 \text{ m}^3/\text{J}$. Excédent journalier 38629.6 m^3 .

Remarque :

Puisque on a besoin juste d'un débit de 250.4 m^3 donc on a opté pour un réservoir de 260 m^3 pour bien satisfaire nos besoins d'irrigation.

Ce qui concerne le débit qui reste au niveau de la STEP il est distingué pour les autres terrains agricoles.

Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons abordé le dimensionnement d'un réseau goutte à goutte, pour culture pécher.

En irrigation gravitaire, cette culture consommer de volume d'eau importante, de plus le rendement est généralement faible. Avec l'irrigation localisée, non seulement nous avons une efficience de l'eau d'irrigation, mais aussi de rendement de culture très élevé, ce qui permettra d'intensifier la culture dans cette région riche mais semi-aride qui est la wilaya de TLEMCCEN.

CHAPITRE VIII:

***CALCUL
TECHNICO-
ECONOMIQUE***

Introduction :

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

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

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

Dans le cadre de notre travail, l'étude qui va suivre n'a pour but que de donner une estimation générale sur le coût que peut occasionner un projet de ce genre.

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

VIII.1. Devis de réseau d'irrigation localisée :

Les globaux des pièces sont présentés dans le tableau suivant.

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

Pièces	Unité de mesure	Quantité	Prix unitaire (DA)	Montant (DA)
TubeØ15 PEBD	ml	26912	30.89	831311.68
TubeØ90 PEHD	ml	932	335.47	312658.04
TubeØ110 PEHD	ml	243.2	493.40	119994.88
TubeØ125 PEHD	ml	311.6	631.13	196660.11
TubeØ200 PEHD	ml	243.8	1617.42	394327
TubeØ250 PEHD	ml	567.44	2510.95	1424813.47
TubeØ315 PEHD	ml	264	4003.95	1057042.8
TubeØ500 PEHD	ml	1014.74	10021.19	10168902.34
Vanne Ø90	U	4	4500	18000
Vanne Ø125	U	4	15151.72	60606.88
V. de sectionnement Ø500	U	1	310523.81	310523.81

Goutteur réglable	U	13456	7.37	99170.72
coude Ø250/90°	U	1	16309	16309
Bouchon Ø110	U	1	2391.07	2391.07
Bouchon Ø125	U	1	2481.87	2481.87
Ventouses	U	1	22020.36	22020.36
Vidange	U	2	13800	27600
Filtre à tamis métallique	U	1	13500	31200
Manomètre glycérine	U	1	832.92	13500
TOTAL 1				15109514.03

VIII.2.Factures Pro-forma de conduite principale et réservoir :

VIII.2.1.Calcul du volume de terrassement :

VIII.2.1.a. Largeur du fond de la tranchée :

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

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

Avec :

B : largeur de la tranchée (m).

d : diamètre de la conduite (m).

V.2.1.b. Profondeur de la tranchée :

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

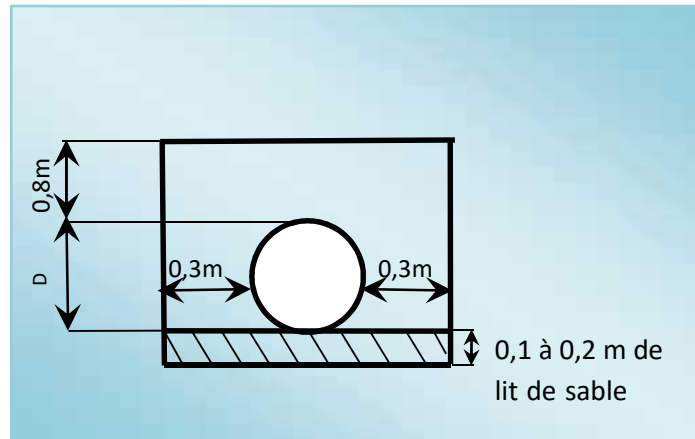


Figure VIII.1 : Schéma d'une tranchée.

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

Avec :

- H : profondeur de la tranchée. (m)
- e : hauteur de lit de pose. (m)
- d : diamètre de la conduite. (m)
- h : la hauteur du remblai au-dessus de la conduite.

VIII.2.2.La conduite principale :

VIII.2.2.a. Calcul du volume de déblai :

La surface à calculer est la surface rectangulaire

$$S = B * H \dots\dots\dots(\text{VIII.3})$$

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

Donc : $B = 1 + \emptyset$

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

$$V = B * H * L$$

Les résultats obtenus sont représentés dans le tableau VIII.2 :

Tableau VIII.2: calcul du volume de déblai.

Diamètre (mm)	longueur	largueur	Hauteur de	Volume de déblai
	de la conduite	d'une tranchée		
	(m)	b :(m)	La tranchée(m)	(m ³)
500	1014.74	1.1	1.3	1451.08

VIII.2.2.b. Calcul du volume de lit de sable :

Ce lit correspond à une couche de sable de 12cm sur le fond de la tranchée, donc c'est une surface constante le long de la tranchée, on calcule cette surface en utilisant la formule suivante.

$$V = e * b * L$$

Tableau VIII.3.calcul du volume de sable

Hauteur (m)	Longueur(m)	Largeur(m)	Volume (m 3)
0.15	1014.74	1.1	167.43

VIII.2.2.c. Calcul du volume de remblai :

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

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

- V_r : Volume du remblai compacté (m³)
- V_d : Volume du déblai (m³)
- V_s : Volume du sable
- V : Volume occupé par la conduite (m³) ; $V = L * (\frac{\pi D^2}{4})$
- L : Longueur de la conduite
- D : Diamètre de la conduite.

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

Tableau VIII.4 : Calcul du volume de remblai.

Diamètre (mm)	Déblai (m3)	Conduite (m3)	Sable (m3)	Remblai (m3)
500	1451.08	199.14	167.43	1084.51

VIII.2.3. Devis estimatif pour le terrassement de la conduite principale :**Tableau VIII.5 :** Factures pro-forma terrassement, la conduite principale.

Désignation des travaux	Unité	Quantité	Prix unitaire DA	Montant DA
1) déblai en terrain	m3	1451.08	300	435324
2) lit de sable	m3	167.43	800	133944
3) remblaiement de la tranchée	m3	1084.51	200	216902
TOTAL 02				786170

VIII.2.4.Devis estimatif total :**VIII.2.4.1.calcul de devis du réseau projeté :**

$$D_1 = \text{total 01} + \text{total 02} = 158\,956\,84.03 \text{ DA}$$

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

VIII.2.4.2.Coût du réservoir de stockage:**Tableau VIII.6 : Coût bassin de stockage.**

Bassin de Stockage	Volume m ³	Coût en DA
	260	3 416 400

$$D_2 = 3416400 \text{ DA}$$

$$D_{\text{TOTAL}} = D_1 + D_2$$

$$D_{\text{TOTAL}} = \mathbf{19\,312\,084 \text{ DA}}$$

Remarque :

Coût global du projet est estimé après majoration de 40% à **7 724 833 DA**

- **Coût total du projet:**

Le coût total du projet est estimé à : **27 036 917 DA**

Conclusion :

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

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

D'après les approximations ce projet va produire **1 406 250 DA /ha** pour des frais d'investissement de **965 605 DA/ha** donc ce projet est réussi.

Conclusion générale :

Le périmètre de HENNAYA est caractérisé par des terrains plats avec une pente régulière de 1.7 % dirigée vers le Nord et une altitude qui varie entre 390 et 360 m. son alimentation se fera par une conduite gravitaire qui va acheminer les eaux usées traitées issues de la STEP de AIN EL HOUTZ qui est située plus en amont à une distance d'environ 5 Km et une altitude de 524m, vers un réservoir de stockage et de transit dont le but sera de compenser les variations journalières des débits d'eau usées traitées, de diminuer la charge hydraulique du fait de la forte dénivelée qui existe entre le périmètre et la STEP mais aussi de permettre la réduction du temps des irrigations pendant les périodes de grandes chaleur.

Afin d'éviter tout problèmes qui puissent porter atteinte à la santé publique nous recommandons de faire une surveillance minutieuse de la qualité des eaux usées traitées avant qu'elle ne soit injectée dans le réseau d'irrigation.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] Cours et travaux pratiques d'agro-pédologie, 3^{ème} Année ENSH, Blida ;
- [2] Cours d'Hydrologie 3ème Année et Régularisation des débits 4ème année.
- [3] Bulletin N°30 FAO Calcul des besoins en eau des cultures.
- [4] Bulletin de FAO N° 24 Les besoins en eau des cultures, 1975 (A C* E F).
- [5] BECHAC.J, BOUTIN.P, MERCIER.B, BUER.P(1984)- Traitement des eaux usées.
- [6] BELBIA Ghali (1996) La réutilisation des eaux usées épurées à des fins agricoles, une dimension important pour l'économie de l'eau.
- [7] Cours de la réutilisation des eaux usées épurées 5^{ème} Année.
- [8] Rapport d'un Groupe scientifique de l'OMS.
- [9] D. Veschambre \$ P. Vaysse, (1980) : Mémento goutte à goutte, guide pratique de la micro irrigation par goutteurs et diffuseurs. Edition C.T.I.F.L, INRA.
- [10] Irrigation au goutte à goutte (Régime d'irrigation) Edition O.P.U.Alger.
- [11] Ollier, Ch, Poirée, M (1983). Les réseaux d'irrigation théorie, technique et économie des arrosages, Paris. 500P.
- [12] dimensionnement d'un réseau d'irrigation par système goutte à goutte d'un périmètre destiné à la culture maraichère, Hassi Khalifa (W. El Oued). 2013.

Sitographie :

agrometeo.fr/coef_culturaux.asp . irrijardin.fr/boutique/goutte-a-goutte/toutes-les-marques/all.

ANNEXES

ANNEXES

ANNEXE N°1: Calcul des besoins nets en eau d'irrigation pour chaque culture.

ANNEXE N°2: Cartes.

ANNEXE N°1: Calcul des besoins nets en eau d'irrigation pour chaque culture.

Vigne							
mois	N° décade	Kc	ETR mm/j	ETR mm/déc	Peff mm/déc	Bnets mm/j	Bnets mm/déc
Avril	init	0.5	1.54	15.4	19.8	0	0
	déve	0.52	1.76	17.6	18.9	0	0
	déve	0.56	2.05	20.5	17.2	0.33	3.3
Mai	déve	0.6	2.36	23.6	15.9	0.77	7.7
	déve	0.65	2.69	26.9	14.5	1.24	12.4
	dé/mi	0.69	3.05	33.5	10.5	2.09	23
Juin	mi	0.71	3.32	33.2	5.2	2.8	28
	mi	0.71	3.51	35.1	1	3.41	34.1
	mi	0.71	3.68	36.8	1	3.58	35.8
Juillet	mi	0.71	3.89	38.9	1.2	3.78	37.8
	mi	0.71	4.09	40.9	0.6	4.03	40.3
	mi	0.71	3.97	43.7	1	3.88	42.7
Août	mi	0.71	3.83	38.3	1.1	3.72	37.2
	mi	0.71	3.73	37.3	1.1	3.62	36.2
	mi	0.71	3.45	37.9	3	3.18	34.9
Septembre	mi/arr	0.7	3.12	31.2	5.2	2.61	26.1
	arr	0.66	2.68	26.8	6.9	1.99	19.9
	arr	0.6	2.17	21.7	8.1	1.36	13.6
Octobre	arr	0.53	1.72	17.2	8.9	0.83	8.3
	arr	0.47	1.32	13.2	9.9	0.33	3.3
TOTAL				589.9	151		444.6

ANNEXES

Pécher							
mois	N° décade	Kc	ETR mm/j	ETR mm/déc	Peff mm/déc	Bnets mm/j	Bnets mm/déc
Avril	init	0.8	2.47	24.7	19.8	0.48	4.8
	init	0.8	2.71	27.1	18.9	0.81	8.1
	init	0.8	2.91	29.1	17.2	1.2	12
Mai	init	0.8	3.12	31.2	15.9	1.53	15.3
	init	0.8	3.33	33.3	14.5	1.88	18.8
	init	0.8	3.54	38.9	10.5	2.59	28.4
Juin	déve	0.82	3.82	38.2	5.2	3.3	33
	déve	0.85	4.2	42	1	4.1	41
	déve	0.88	4.58	45.8	1	4.48	44.8
Juillet	déve	0.92	5.04	50.4	1.2	4.92	49.2
	déve	0.95	5.48	54.8	0.6	5.42	54.2
	déve	0.99	5.52	60.7	1	5.43	59.8
Août	déve	1.02	5.51	55.1	1.1	5.41	54.1
	déve	1.06	5.56	55.6	1.1	5.44	54.4
	déve	1.09	5.3	58.4	3	5.03	55.3
Septembre	dé/mi	1.11	4.97	49.7	5.2	4.45	44.5
	mi	1.12	4.53	45.3	6.9	3.84	38.4
	mi	1.12	4.07	40.7	8.1	3.26	32.6
Octobre	mi	1.12	3.6	36	8.9	2.71	27.1
	mi	1.12	3.13	31.3	9.9	2.14	21.4
	mi	1.12	2.73	30	12.7	1.57	17.3
Novembre	mi	1.12	2.32	23.2	16.5	0.66	6.6
	mi	1.12	1.91	19.1	19.6	0	0
Décembre	mi/arr	1.11	1.65	16.5	18.8	0	0
	arr	1.09	1.38	13.8	17.6	0	0
	arr	1.06	1.11	11.1	17.2	0	0
Janvier	arr	1.03	1.14	12.5	17.1	0	0
	arr	1	1.17	11.7	16.6	0	0
	arr	0.98	1.19	11.9	16.2	0	0
Février	arr	0.95	1.33	14.7	17.6	0	0
	arr	0.92	1.46	14.6	19.3	0	0
	arr	0.89	1.58	15.8	20.5	0	0
Mars	arr	0.86	1.74	13.9	20.9	0	0
	arr	0.84	1.89	18.9	21.5	0	0
	arr	0.81	2.02	20.2	22.2	0	0
Mars	arr	0.78	2.18	21.8	19.1	0.27	2.7
TOTAL				1117.9	444.4		723.9

ANNEXES

ORENGER							
mois	N° décade	Kc	ETR mm/j	ETR mm/déc	Peff mm/déc	Bnets mm/j	Bnets mm/déc
Avril	init	0.8	2.47	24.7	19.8	0.48	4.8
	init	0.8	2.71	27.1	18.9	0.81	8.1
	init	0.8	2.91	29.1	17.2	1.2	12
Mai	init	0.8	3.12	31.2	15.9	1.53	15.3
	init	0.8	3.33	33.3	14.5	1.88	18.8
	init	0.8	3.54	38.9	10.5	2.59	28.4
Juin	déve	0.82	3.82	38.2	5.2	3.3	33
	déve	0.85	4.2	42	1	4.1	41
	déve	0.88	4.58	45.8	1	4.48	44.8
Juillet	déve	0.92	5.04	50.4	1.2	4.92	49.2
	déve	0.95	5.48	54.8	0.6	5.42	54.2
	déve	0.99	5.52	60.7	1	5.43	59.8
Août	déve	1.02	5.51	55.1	1.1	5.41	54.1
	déve	1.06	5.56	55.6	1.1	5.44	54.4
	déve	1.09	5.3	58.4	3	5.03	55.3
Septembre	dé/mi	1.11	4.97	49.7	5.2	4.45	44.5
	mi	1.12	4.53	45.3	6.9	3.84	38.4
	mi	1.12	4.07	40.7	8.1	3.26	32.6
Octobre	mi	1.12	3.6	36	8.9	2.71	27.1
	mi	1.12	3.13	31.3	9.9	2.14	21.4
	mi	1.12	2.73	30	12.7	1.57	17.3
Novembre	mi	1.12	2.32	23.2	16.5	0.66	6.6
	mi/arr	1.11	1.91	19.1	19.6	0	0
Décembre	arr	1.11	1.65	16.5	18.8	0	0
	arr	1.09	1.38	13.8	17.6	0	0
	arr	1.06	1.11	11.1	17.2	0	0
Janvier	arr	1.03	1.14	12.5	17.1	0	0
	arr	1	1.17	11.7	16.6	0	0
	arr	0.98	1.19	11.9	16.2	0	0
Février	arr	0.95	1.33	14.7	17.6	0	0
	arr	0.92	1.46	14.6	19.3	0	0
	arr	0.89	1.58	15.8	20.5	0	0
Mars	arr	0.86	1.74	13.9	20.9	0	0
	arr	0.84	1.89	18.9	21.5	0	0
	arr	0.81	2.02	20.2	22.2	0	0
TOTAL	arr	0.78	2.18	21.8	19.1	0.27	2.7
				1117.9	444.4		723.9

ANNEXES

OLIVIER							
mois	N° décade	Kc	ETR mm/j	ETR mm/déc	Peff mm/déc	Bnets mm/j	Bnets mm/déc
Octobre	init	0.75	2.42	24.2	8.9	1.53	15.3
	init	0.75	2.11	21.1	9.9	1.11	11.1
	init	0.75	1.83	20.2	12.7	0.68	7.4
Novembre	init	0.75	1.56	15.6	16.5	0	0
	init	0.75	1.28	12.8	19.6	0	0
	init	0.75	1.11	11.2	18.8	0	0
Décembre	init	0.75	0.95	9.5	17.6	0	0
	init	0.75	0.78	7.8	17.2	0	0
	init	0.75	0.83	9.1	17.1	0	0
Janvier	déve	0.74	0.86	8.6	16.6	0	0
	déve	0.71	0.87	8.7	16.2	0	0
	déve	0.69	0.97	10.6	17.6	0	0
Février	déve	0.66	1.05	10.5	19.3	0	0
	déve	0.64	1.13	11.3	20.5	0	0
	déve	0.61	1.26	10.1	20.9	0	0
Mars	déve	0.59	1.37	13.7	21.5	0	0
	déve	0.57	1.47	14.7	22.2	0	0
	dé/mi	0.54	1.54	17	21	0	0
Avril	mi	0.53	1.64	16.4	19.8	0	0
	mi	0.53	1.78	17.8	18.9	0	0
	mi	0.53	1.92	19.2	17.2	0.2	2
Mai	mi	0.53	2.06	20.6	15.9	0.47	4.7
	mi	0.53	2.19	21.9	14.5	0.74	7.4
	mi	0.53	2.33	25.6	10.5	1.38	15.2
Juin	mi	0.53	2.47	24.7	5.2	1.95	19.5
	mi	0.53	2.61	26.1	1	2.5	25
	mi/arr	0.58	2.98	29.8	1	2.88	28.8
Juillet	arr	0.62	3.42	34.2	1.2	3.3	33
	arr	0.62	3.59	35.9	0.6	3.53	35.3
	arr	0.62	3.48	38.3	1	3.4	37.4
Août	arr	0.62	3.36	33.6	1.1	3.25	32.5
	arr	0.62	3.28	32.8	1.1	3.16	31.6
	arr	0.62	3.03	33.3	3	2.75	30.3
Septembre	arr	0.62	2.78	27.8	5.2	2.26	22.6
	arr	0.62	2.53	25.3	6.9	1.84	18.4
TOTAL				722.5	446.3		392.2

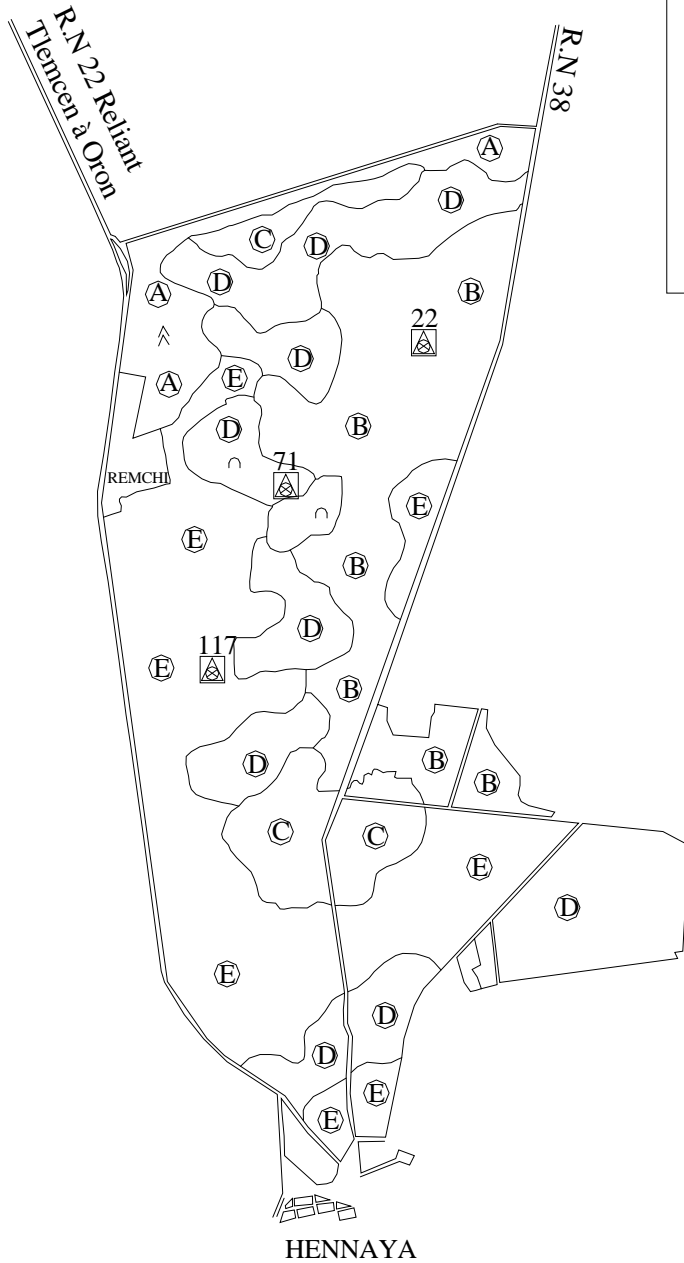
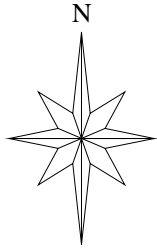
ANNEXES

Annexe N°2

- Carte Pédologique.
- Carte de répartition des sols du périmètre en fonction de la classification culturale des sols.
- Carte d'aptitude culturale des sols.

ANNEXES

Carte pedologique

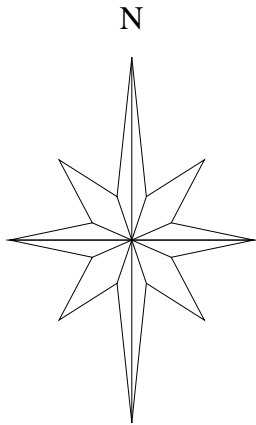


ROCHES

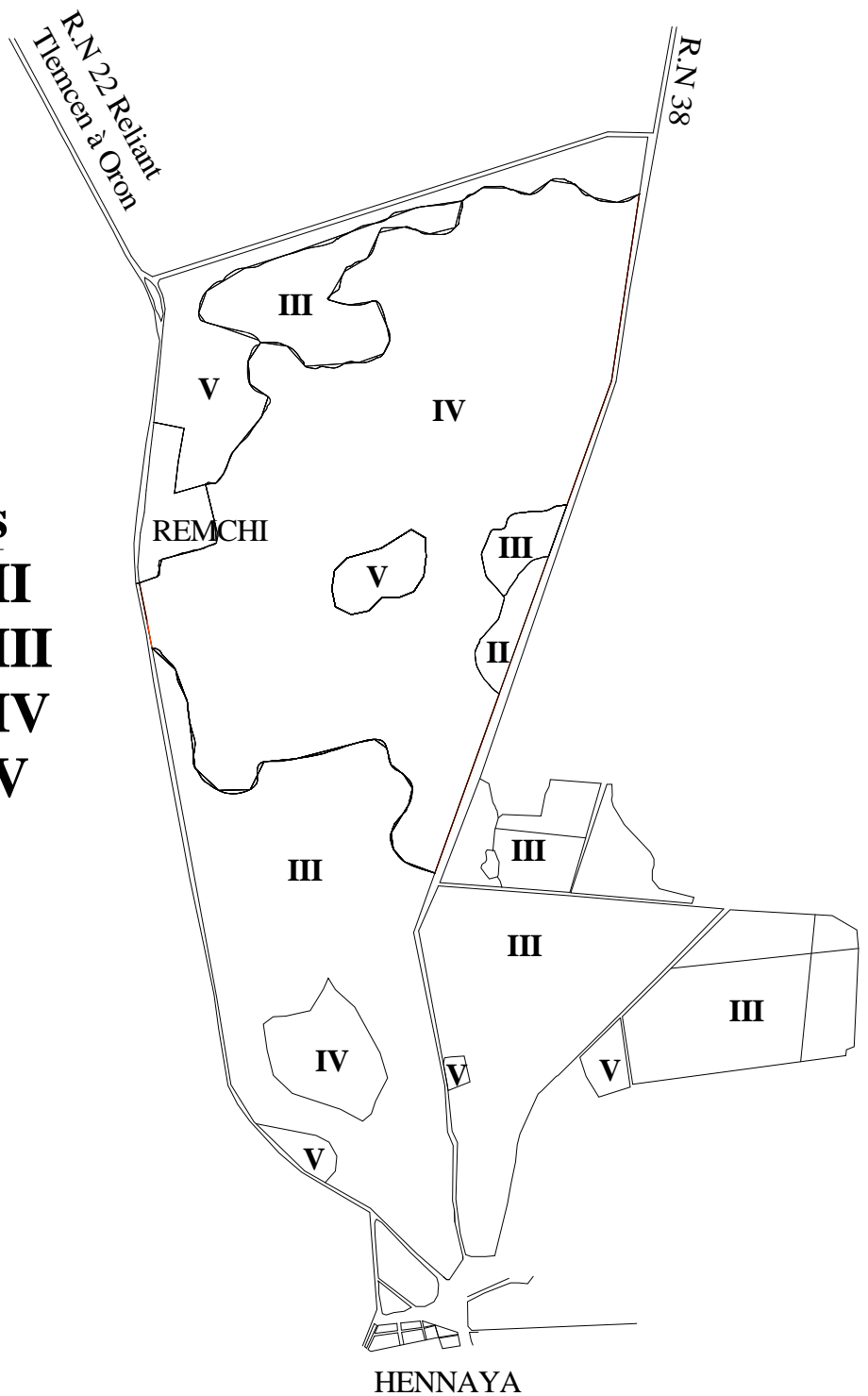
- ⋈ Roche calcaire dure
- ∩ Roche calcaire tendre
- ⊖ Conglomérat
- ⊔ ROCHE
- 71 Numéro de la fosse d'observation
- ⊠ Fosse d'observation

ANNEXES

Répartition des sols du périmètre en fonction
de la classification de la FAO

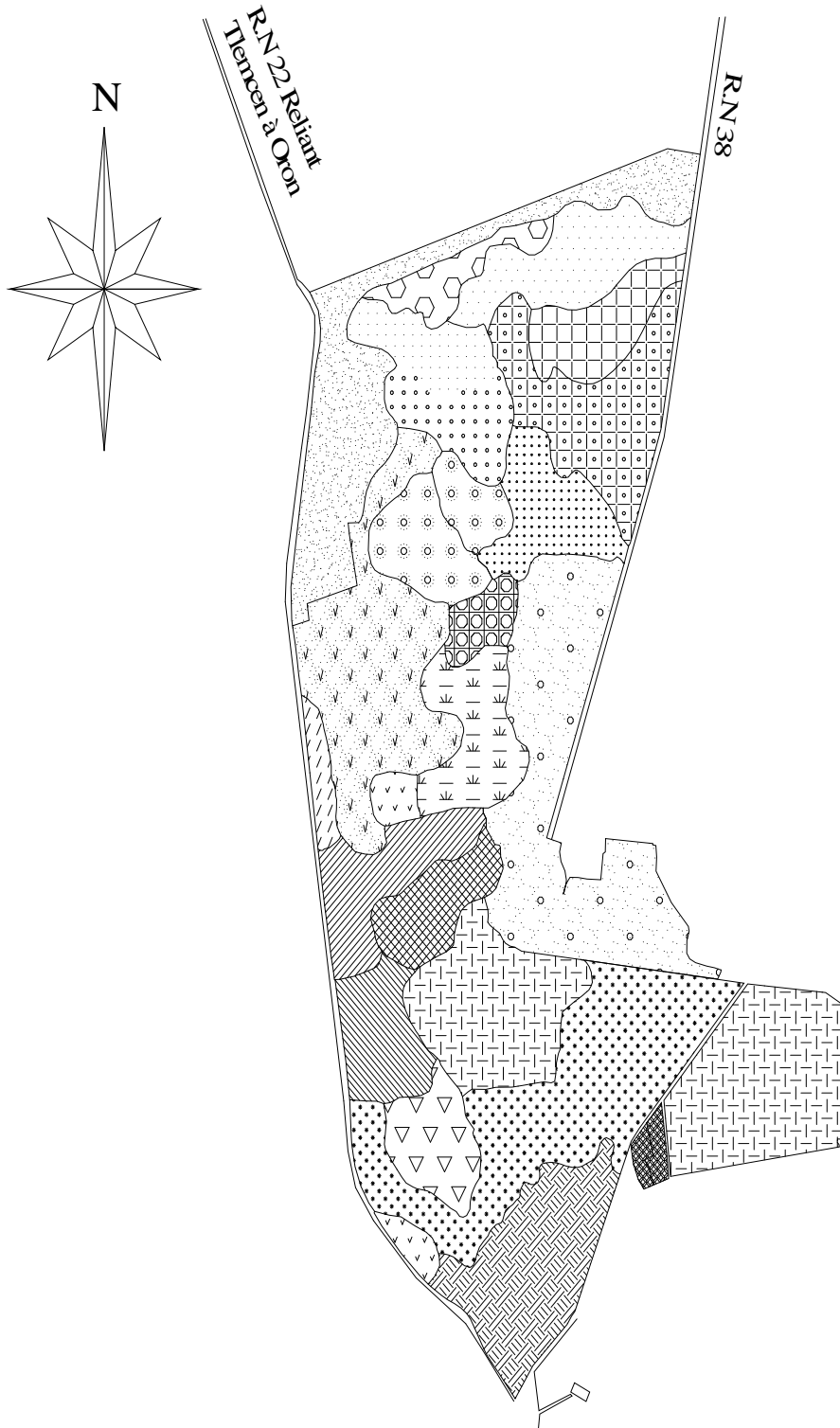






















classe de sols
sol de classe **II**
sol de classe **III**
sol de classe **IV**
sol de classe **V**



ANNEXES

Carte d'aptitude culturale des sols



-  C11 M31st
-  B34 I12 C11 M25
-  B34 I21t C22 M25
-  B34 I21t C22s M25
-  E. Cr. U
-  B32a I12 C10 M10
-  E. Cr
-  B25a1 I11 C11s M11s
-  B25 I21 C14 M15s
-  B33a1 I12 C11s M15s
-  B34 I21t C11 M15s
-  B33a1 I21 C11s M15s
-  B34a2 I11 M15
-  B33a2 I11 C11 M15
-  B34 I21t C22 M15s
-  B34 I21t C21 M15
-  B33a2 I21t C21 M15
-  B34 I21t C22 M15
-  B26 I21t C13 M15s
-  B33a1 I21 C11 M15s

ANNEXES

I. Cultures arboricoles :

B25

Bon : pour prunier, pêcher, pommier doux et figuier.
Moyen : pour toutes les autres cultures arbustives à l'exception.

B26

Bon : pour pêcher, abricotier, amandiers et olivier.
Moyen : pour agrumes, abricotier, cerisier, pommier et figuier.

B32

Moyen : pour tout les cultures arboricole sauf les agrumes, cerisier, pommier, poirier.

B33

Moyen : pour toutes les cultures arbustives, sauf les agrumes les pêcheurs, abricotier, amandier.

B34

Moyen : pour pêche, amandier, abricotier amandier, olivier, figuier, pommier.

NB :

Lorsque la valeur de CA est comprise entre 7% et 12% l'aptitude est alors suivie de la restriction a 1, exclure les cerisiers, pêche sur franc, abricotier sur pêche franc poirier sur cognassier.

Si CA>12% il faut exclure l'abricotier, le pommier.

II. cultures industrielles :

I11

Bon pour toutes les cultures industrielles possible sous du mat de la région.

I12

Bon pour la betterave à sucre, coton et tounesol.
Moyen pour la tabac et lin.

I21

Aptitudes moyennes pour toutes les cultures industrielles, lorsque l'aptitude est suivie de la lettre (t), Il faut exclure la betterave à sucre et le tounesol à cause de la texture très fine.

I22

Aptitude moyenne pour toutes les cultures industrielles, lorsque l'aptitude est suivie de la lettre (s), Il faut exclure tabac et le lin à cause de la conductivité électrique >4mmhos.

III. CULTURES CEREALIERES ET FOURRAGERES :

C10

Aptitude bonne pour toutes les cultures céréalières et fourragères.

C11

Idem que précédente sauf qu'elle est moyenne lorsque l'aptitude est suivie de la restriction (s), Il faut exclure le bersim et la vesce avoine (CES>2mmhos/cm).

C13

Aptitude bonne pour fétuque, vesce avoine, ray grass, blé dur, blé tendre et orge.

C14

Bon pour le sorgho, fétuque, ray grass et orge.
Moyen pour la luzerne, maïs, blé dur et betterave. Exclure bersim et vesce avoine.

C21

Aptitude moyenne pour toutes les cultures céréalières et fourragères.

C22

Aptitude moyenne pour fétuque, vesce avoine, ray grass, blé dur et orge.
Exclure luzerne, bersim sorgho ; maïs, blé tendre. Lorsque l'aptitude est suivie de la restriction (s), il faut exclure le vesce avoine (CES>4mmhos/cm)

Cultures maraichères

M10

Bonne pour toutes les cultures maraichères sous le climat de la région, sauf pour l'asperge qui n'a qu'une aptitude moyenne.

M11

Aptitude bonne à toutes les cultures

M15

Bon pour : artichaut, oignons, navets, choux-fleurs, épinard, laitue et fraisier.
Moyen pour : tomate, ail, aubergine, pastèque, melon, primeur, poivron, haricots, concombres et les petit pois.

Exclure : pomme de terre, carotte, asperge et primeur.

Lorsque le M15 est suivi de la restriction (s), l'aptitude est moyenne pour l'épinard avec exclusion de l'haricot et du petit pois.

M25

Aptitude moyenne pour : artichaut, choux-fleurs, épinard et fraisier.

Exclure : tomates, oignon, pomme de terre, carotte, navet, laitue, ail, aubergine, pastèque, melon, piment, poivron, haricot, petit pois, aspergé.

Lorsque le M25 est suivi restriction (s), exclure l'épinard et fraisier.

M31

Moyen pour toutes cultures maraichères excepté l'artichaut, la tomate, aubergine l'asperge. Lorsque le M31 est suivi restriction (s), il faut exclure pomme de terre et carotte à cause de la texture très fine si la restriction (st), il faut exclure l'haricot et le petit pois à cause de la salinité (CES>2mmhos/cm).

REMARQUE

E : Inapte à l'irrigation.

Cr : Croûte superficielle.

U : Zone urbaines.

ANNEXES