

RÉPUBLIQUE ALGERIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'HYDRAULIQUE - ARBAOUI Adbelah -

DEPARTEMENT GENIE DE L'EAU

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

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

Option : Conception des Systèmes d'Irrigation et de Drainage

THEME :

DIMENSIONNEMENT DU RESEAU D'IRRIGATION DU
PERIMETRE DE CHAABAT EL LHAM (W.AIN
TEMOUCHENT) A PARTIR DE LA STATION
D'EPURATION DES EAUX USEE DE LA VILLE DE AIN
TEMOUCHENT

Présenté par :

M^r : KHELLOUFI Arezki

DEVANT LES MEMBRES DU JURY

| Nom et Prénom | Grade | Qualité |
|-------------------------------------|-------------------|----------------|
| M^r : M.MESSAHEL | Professeur | Président |
| M^{me} : L.S BAHBOUH | M A .A | Examinatrice |
| M^{me} : H.BOUCAMA | M A .A | Examinatrice |
| M^r : S.HARKAT | M A.B | Examineur |
| M^r : A.AYAD | M A.A | Examineur |
| M^r : S.YAHIAOUI | Magister | Promoteur |

Septembre 2012

dédicaces

*Je dédie ce modeste travail en signe de
reconnaissances et de respect :*

*A mes très chers parents pour tous leurs
sacrifices consentis à mon égard pour que
je réussisse ;*

*A ma grand-mère que Dieu la protège;
A mes sœurs, en leur souhaitant tout le
bonheur du monde;*

*A toute la famille: KHELLLOUFI et AIT
HADDADANE, surtout ma tante zaina, mes
cousins : hafidh, hamid, nassir.*

*A l'ensemble des étudiants de l'ENSH;
A mes amis: daif, Adel, kamel moh, lounes,
meloda ,rabah ,ahmed ,Samir sans oublier
louiza ;*

*A tous ceux qui m'ont aidé et œuvré de
près ou de loin pour l'élaboration de
travail.*

*Toute ma gratitude pour ceux que je n'ai
pu porter leurs noms.*

Que dieu protège mes parents.

A.KHELLLOUFI

Remerciements

Je tiens à exprimer toute ma gratitude envers mon promoteur Mr. S.YAHIAOUI, pour le soutien, l'aide et les conseils qu'il m'a dispensé pour l'élaboration du présent mémoire de fin d'études.

Je remercie le président et les membres du jury qui me feront l'honneur de juger mon travail.

Je voudrais aussi remercier l'ensemble des professeurs de l'école pour avoir veillé à notre formation.

Un grand merci tout spécial à ma famille, surtout mes parents qui m'ont permis de poursuivre mes études et qui ont été toujours là pour moi, à mes sœurs et à tous mes amis qui n'ont cessé de me soutenir et de m'encourager tout au long de ces années d'études.

KHELLOUFI AREZKI

ملخص

إن النقص في الموارد المائية على مستوى شعبة اللحم ولاية عين تموشنت يؤثر سلبا على المردود الزراعي في هذه المنطقة . يعتبر استعمال مياه الصرف الصحي المعالجة للسقي حلا من الحلول للقضاء على هذا المشكل.

الهدف من موضوعنا هذا هو تصميم شبكة السقي لتزويد شعبة اللحم بالمياه المصفاة على مستوى محطة تصفية المياه الموجودة بعين تموشنت ، وهذا لتحسين النوعية والمردود الزراعي في هذه المنطقة.

Résumé

Le manque et la non disponibilité de la ressource en eau au niveau du périmètre Chaabat-El Ham du coté de Ain Temouchent affecte considérablement le rendement agricole dans cette région. De ce fait la réutilisation des eaux usées épurées est une des solutions les plus concrètes afin de remédier à ce problème.

En effet, l'objectif de ce projet est la conception du réseau d'irrigation qui va alimenter en eaux usées traitées le périmètre de Chaabat El Ham à partir de la station d'épuration de Ain Temouchent pour améliorer la qualité et le rendement agricoles dans cette région.

Abstract

Lack and unavailability of water resources at the perimeter El Ham on the side of Ain Temouchent greatly affects agricultural output in the region. Hence the reuse of treated waste water is one of the most practical solutions to remedy this problem.

Indeed, the objective of this project is the design of the irrigation system that will supply treated waste water perimeter Chaabat El Ham from the water-treatment plant Ain Temouchent to improve the quality and the efficiency in agricultural this region.

sommaire

| | Pages |
|---|-------|
| Introduction Générale | |
| Chapitre I : Présentation générale du secteur d'étude | |
| Introduction..... | 1 |
| I.1 .Situation géographique..... | 1 |
| I.1.1.Situation géographique d'Ain Témouchent..... | 1 |
| I.1.2.Localisation..... | 1 |
| I.1.3.Organisation administrative | 1 |
| I.1.4.Situation géographique de Chaabat El Leham..... | 1 |
| I.1.4.1.Toponymie | 1 |
| I.1.5. Les usagers agricoles | 3 |
| I.2 .Situation topographique | 3 |
| I.3. Situation hydrogéologique | 3 |
| I.3.1 .Situation géologique | 4 |
| I.3.2. La sismicité..... | 5 |
| I.4.Situation pédologique | 6 |
| I.5 .Situation climatique | 7 |
| I.5.1. Température | 7 |
| I.5.2. Précipitations | 8 |
| I.5.3 L'Ensoleillement..... | 8 |
| I.5.4.L'évaporation | 9 |
| I.5.5 .Les Vents | 9 |
| I.5.5.1Vitesse des Vents | 9 |
| I.5.6 .Humidité | 9 |
| I.5.7. Diagramme Ombrothermique | 10 |
| I.6 .Activités socio-économiques | 12 |
| I.6.1. Activités agricoles | 12 |
| I.6.2. Production animale | 13 |
| I.6.3 .Activités industrielles..... | 13 |
| Conclusion..... | 13 |
| Chapitre II : Présentation de la station d'épuration | |
| Introduction..... | 14 |
| II.1.Généralités sur les eaux usées..... | 14 |
| II.1.1.Origine des eaux usées urbaines..... | 14 |
| II.1.1.2.les eaux usées domestiques..... | 14 |
| II.1.1.3. Les eaux pluviales | 14 |
| II.1.1.4.les eaux industrielles | 14 |
| II.1.1.5.les matières de vidange | 14 |
| II.1.2. Nature et effet de la pollution..... | 15 |
| II.1.3. Composition des eaux usées domestiques..... | 15 |
| II.1.3.1. Les matières en suspension et la matière organique..... | 15 |
| II.1.3.2. Les micro-organismes..... | 15 |

| | |
|---|----|
| II.1.3.3. Les substances nutritives..... | 15 |
| II.1.4.Définition des paramètres de pollution caractérisant une eau usée..... | 16 |
| II.1.4.1.Demande chimique en oxygène (DCO)..... | 17 |
| II.1.4.2.Demande biochimique en oxygène (DBO) | 17 |
| II.1.4.3.Matières en suspension..... | 17 |
| II.1.4.4.Mesure de la pollution..... | 17 |
| II.2.Réutilisation des eaux usées épurée..... | 18 |
| II.2.1. Définition..... | 18 |
| II.2.2. Motifs..... | 19 |
| II.2.3. Usages possibles..... | 19 |
| II.2.4. L'objectif | 19 |
| II.2.5Réutilisation en agriculture | 19 |
| II.2.5.1.Réutilisation des eaux épurées..... | 20 |
| II.2.5.1.1.Les spécifications..... | 20 |
| II.2.5.2.Réutilisation des boues..... | 23 |
| II.2.6.Réutilisation des eaux usées dans le cadre du projet..... | 23 |
| II.2.7.Réutilisation des boues dans le cadre du projet..... | 23 |
| II.3.Généralité d'une station d'épuration..... | 23 |
| II.3.1.Situation géographique du site..... | 23 |
| II.3.2.Présentation de la station d'épuration de Ain Témouchent..... | 24 |
| II.3.3.Traitement des eaux..... | 25 |
| II.3.4.Traitement des boues..... | 25 |
| II.3.5.Liste des ouvrages, des appareillages incorporés et des instruments de contrôle pour la marche en automatique..... | 27 |
| II.3.6.Description de l'installation..... | 29 |
| II.3.6.1 les Ouvrages extérieurs à la station..... | 29 |
| II.3.6.2.Section pré-traitements..... | 29 |
| II.3.6.2.1.Grille verticale mobile de secours..... | 29 |
| II.3.6.2.2.Grille mécanisée grossière..... | 29 |
| II.3.6.2.3.Piège à sable..... | 30 |
| II.3.6.2.4.Grilles fines motorisées..... | 30 |
| II.3.6.2.5.Dessableurs-déshuileurs..... | 30 |
| II.3.6.2.6.Le décanteur primaire..... | 31 |
| II.3.7.Traitement biologique..... | 31 |
| II.3.7.1.Dénitrification..... | 31 |
| II.3.7.2.Nitrification..... | 32 |
| II.3.7.3.Le processus..... | 32 |
| II.3.7.4.Traitement secondaire..... | 32 |
| II.3.7.4.1. Les différentes typologies des décanteurs..... | 32 |
| II.3.7.4.2.Clarificateur..... | 32 |
| II.3.7.5.Traitement tertiaire..... | 33 |
| II.3.7.5.1.Le problème du phosphore..... | 33 |
| II.3.7.5.2.Bassin de désinfection..... | 34 |
| II.3.7.6.Recyclage des boues et évacuation des boues en excès..... | 34 |
| II.3.7.6.1.Production des boues en excès..... | 35 |

| | |
|---|----|
| II.3.8. Qualité des eaux attendues après traitement..... | 35 |
| II.3.9. Garanties de performance..... | 36 |
| II.3.10. Caractéristiques chimiques des EUT de la step de Ain témouchent..... | 36 |
| CONCLUSION..... | 37 |

Chapitre III : Revue bibliographique sur l'irrigation sous pression

| | |
|--|----|
| Introduction..... | 38 |
| III.1. Histoire de l'irrigation..... | 38 |
| III.2. Définition de quelques concepts..... | 38 |
| III.3. Réseau d'irrigation..... | 38 |
| III.3.1. Définition..... | 38 |
| III.3.2. Principe général..... | 39 |
| III.3.3. Structure d'un système d'irrigation..... | 39 |
| III.3.3.1. Différents niveaux d'équipements..... | 39 |
| III.3.3.1.1. Réservoirs et réserves..... | 39 |
| III.3.2. Efficacité d'un système d'irrigation..... | 40 |
| III.4. Différents types des systèmes d'irrigation sous pression..... | 41 |
| III.4.1. L'irrigation par aspersion..... | 41 |
| III.4.1.1. Généralités..... | 41 |
| III.4.1.2. Conditions d'utilisation de l'aspersion..... | 42 |
| III.4.1.3. Avantages et inconvénients..... | 42 |
| III.4.1.3.1. Avantages..... | 42 |
| III.4.1.3.2. Inconvénients..... | 42 |
| III.4.1.4. Eléments d'un réseau d'irrigation par aspersion..... | 43 |
| III.4.1.4.1. Différentes composantes d'une installation..... | 43 |
| III.4.2. Micro irrigation, irrigation en goutte à goutte, ou irrigation localisée..... | 44 |
| III.4.2.1. Caractéristiques générales..... | 44 |
| III.4.2.2. Irrigation localisée par goutteurs..... | 44 |
| III.4.2.3. Irrigation localisée par rampes perforées..... | 44 |
| III.4.2.4. Irrigation localisée par micro-aspersion..... | 45 |
| III.4.3. Histoire de la micro irrigation en Algérie..... | 46 |
| III.4.4. Composantes du système..... | 46 |
| III.4.5. Programmation de l'irrigation..... | 49 |
| III.4.6. Critères et considérations de conception..... | 49 |
| III.4.7. Avantages de l'irrigation localisée (goutte à goutte)..... | 51 |
| III.4.8. Inconvénients de l'irrigation localisée (goutte à goutte)..... | 51 |
| III.4.9. Champ d'application du système en goutte à goutte..... | 51 |
| III.5. Choix du système d'irrigation..... | 52 |
| III.6. Cultures irrigables..... | 53 |
| Conclusion..... | 54 |

Chapitre IV : Etude Hydrologique

| | |
|---|----|
| Introduction..... | 55 |
| IV.1. Etude hydrologique..... | 55 |
| IV.1.1. Homogénéité de la série pluviométrique..... | 55 |

| | |
|---|----|
| IV.1.1.1. Test de Wilcoxon..... | 56 |
| IV.1.2. Choix de la loi d'ajustement..... | 57 |
| IV.1.2.1. Ajustement à la loi de gauss..... | 57 |
| IV.1.2.1.1. Procédure d'ajustement à la loi de gauss..... | 58 |
| Conclusion..... | 62 |

Chapitre V : Evaluation des besoins en eau des cultures

| | |
|---|----|
| Introduction..... | 63 |
| V.1.Calcul des besoins en eau du périmètre..... | 63 |
| V.1.1. Calcul des besoins nets en eaux d'irrigation..... | 63 |
| V.1.1.1.Méthodes d'évaluation d'évapotranspiration..... | 64 |
| a) Formule de BLANEY-CRIDDLE..... | 64 |
| b) Formule de TURC (France 1960)..... | 64 |
| C- Penman et Monteith modifiée..... | 65 |
| V.1.1.2.La pluie efficace..... | 66 |
| V.1.1.3.L'évapotranspiration (ETM)..... | 67 |
| V.1.1.4. Le calcul des besoins bruts en eau d'irrigation..... | 68 |
| V.1.1.5.formules pour les calculs des besoins brutes..... | 69 |
| V.1.1.5.1.Efficience de l'irrigation..... | 69 |
| V.1.1.6.Calcul du débit maximum journalier..... | 70 |
| Conclusion..... | 71 |

Chapitre.VI : Dimensionnement du réseau d'irrigation et des différents ouvrages annexes

| | |
|---|----|
| Introduction..... | 72 |
| VI.1. Calcul de la dose d'irrigation..... | 72 |
| VI.2. Dimensionnements du réseau d'irrigation et de la conduite principale..... | 73 |
| VI.2.1.Découpage de la parcelle en postes..... | 73 |
| VI.2.2.Calcul des caractéristiques des rampes et des portes rampes..... | 73 |
| VI.2.3.Calcul hydraulique du réseau..... | 74 |
| VI.2.3.1. Conditions hydrauliques..... | 74 |
| VI.2.3.2. Calcul des caractéristiques de la rampe et de la porte rampe..... | 75 |
| VI.2.3.2.1. Calcul et choix des diamètres..... | 76 |
| VI.2.3. La conduite principale..... | 77 |
| VI.3.. Dimensionnement de la conduite de refoulement..... | 78 |
| VI.3.1.Recommandation sur les adductions..... | 78 |
| VI.3.2.Choix du tracé..... | 78 |
| VI.3.3.Choix du matériau..... | 79 |
| VI.3.4.Généralités sur le calcul du diamètre économique..... | 79 |
| VI.3.5.Pertes de charges hydrauliques dans les conduites..... | 80 |
| VI.3.5.1. Perte de charge linéaire..... | 80 |
| VI.3.5.2. Perte de charge singulière..... | 80 |
| VI.3.6. Calcul du diamètre économique..... | 81 |
| VI.3.6.1. Hauteur Manométrique Totale..... | 81 |
| VI.3.6.2. Puissance absorbée par la pompe..... | 81 |
| VI.3.6.3. Energie consommée par la pompe..... | 81 |

| | |
|--|----|
| VI.3.6.3.4. Frais d'exploitation..... | 81 |
| VI.3.6.5.Frais d'amortissement..... | 82 |
| VI.3.6.6.Coût total..... | 82 |
| VI.4.dimensionnement de l'adduction..... | 82 |
| VI.5. Etude de pompage..... | 86 |
| VI.5.1. Choix de l'emplacement de la station de pompage..... | 86 |
| VI.5.2. Choix du type de pompe..... | 86 |
| VI.5.3.Choix du nombre de pompes..... | 86 |
| VI.6. Capacité du réservoir d'irrigation..... | 87 |
| Conclusion..... | 87 |

Chapitre. VII :Evaluation du cout de projet

| | |
|---|----|
| Introduction..... | 88 |
| VII.1.Devis du réseau d'irrigation à goutte à goutte..... | 88 |
| VII.1.1.Dépenses des équipements..... | 88 |
| VII.1.2.Dépenses des travaux..... | 89 |
| Conclusion..... | 90 |

Chapitre. VIII : Protection et sécurité de travail

| | |
|--|----|
| Introduction..... | 91 |
| VIII.1. Organisation de la prévention des accidents de travail..... | 91 |
| VIII.2. Comite de sécurité..... | 92 |
| VIII.3. Instructions structurelles sur la sécurité..... | 92 |
| VIII.4. Contrôle et entretien du matériel..... | 92 |
| VIII.5. Principales fonctions du service de sécurité..... | 93 |
| VIII.6. Causes des accidents de travail..... | 94 |
| VIII.7. Causes des maladies professionnelles..... | 94 |
| VIII.8. Actions dangereuses dans le chantier..... | 95 |
| VIII.9. Conditions dangereuses dans le chantier..... | 96 |
| VIII.10. Moyens employés pour promouvoir la sécurité de travail..... | 96 |
| VIII.11. Le coût des accidents de travail..... | 98 |
| Conclusion..... | 98 |

Conclusion Générale

| Liste des Tableaux | Pages |
|---|--------------|
| Tableau. I. 1: Moyennes mensuelles et annuelle des températures..... | 7 |
| Tableau. I.2 : Moyennes mensuelles et annuelle des Précipitations..... | 8 |
| Tableau. I.3: Moyennes mensuelles et annuelle d'Ensoleillement..... | 8 |
| Tableau. I.4: Moyennes mensuelle et annuelle de l'Evaporation..... | 9 |
| Tableau. I.5: Moyennes internationales des vents de la station de BENI SAF..... | 9 |
| Tableau. I.6: L'humidité moyenne mensuelle..... | 9 |
| Tableau. I.7: Précipitations et températures moyennes mensuelles..... | 10 |
| Tableau. I.8 : Répartition générale des terres..... | 12 |
| Tableau. I.9 : Occupation des sols des différentes productions de la ville..... | 12 |
| Tableau. I.10: Production animale..... | 13 |
| | |
| Tableau II.1: Paramètres qui caractérisent la pollution | 18 |
| Tableau. II.2: Composition des EUT domestiques et réutilisation en agriculture (irrigation)..... | 21 |
| Tableau. II.3: Réutilisation des EUT en agriculture : Qualité microbiologique recommandée..... | 22 |
| Tableau. II.4. Estimation de la population et des débits..... | 35 |
| Tableau. II.5. débit des eaux usées sur les deux horizons de projet..... | 35 |
| Tableau. II.6. Charges polluantes..... | 36 |
| Tableau .II.7. Concentrations des polluants à l'entrée et prévues à la sortie..... | 36 |
| Tableau. II.8. Classes de qualité de salure de l'eau d'irrigation (Ayes&Westcot, 1985)..... | 37 |
| | |
| Tableau.III.1. Avantages et inconvénients des différentes Méthodes de réutilisation des EUT en termes de risques de MTH, efficacité d'utilisation de l'eau et coûts..... | 53 |
| | |
| Tableau. IV.1.pluie moyennes mensuelles et annuelles..... | 56 |
| Tableau. IV.2. Récapitulatif des caractéristiques de la série pluviométrique moyenne annuelle..... | 59 |
| Tableau. IV.3.résultats d'ajustement interannuels à la loi normale de Gauss..... | 60 |
| | |
| Tableau. V.1.Evapotranspiration de référence au niveau du périmètre de Chaabat El HAM..... | 66 |
| Tableau. V.2. Les valeurs moyennes mensuelles de P_{eff} | 67 |
| Tableau. V. 3. les valeurs de Kc de l'olivier et des céréales..... | 68 |
| Tableau. V. 4.Calcul des besoins nets de l'olivier..... | 68 |
| Tableau. V.5. Calcul des besoins nets des céréales..... | 69 |
| Tableau. V.6. Calcul des Besoins Brutes de l'olivier..... | 70 |
| | |
| Tableau. VI.1.Caractéristiques générales du réseau localisé..... | 74 |
| Tableau VI.2 Caractéristiques des rampes..... | 76 |
| Tableau. VI.3. Caractéristiques de la porte rampe..... | 76 |
| Tableau VI.4. Coefficients K', m, b pour différents types du tuyau..... | 77 |
| Tableau VI.5. Caractéristiques de la conduite d'adduction gravitaire..... | 78 |
| Tableau VI.6. Calcul de la Hmt du tronçon (step ver réservoir de stockage)..... | 83 |
| Tableau VI.7. Calcul des frais de l'exploitation..... | 84 |
| Tableau VI.8. Calcul des frais de l'amortissement..... | 84 |

| | |
|---|----|
| Tableau VI.9. Bilan du tronçon..... | 85 |
| Tableau VII.1. Facture des pièces de réseau d'irrigation localisée..... | 88 |
| Tableau VII.2. Calcul de terrassement..... | 90 |

LISTES DES FIGURES

| | |
|--|----|
| Fig. I.1: les limites de la ville de Chabaat El Lham..... | 2 |
| Fig. I.2 : présentation du secteur d'étude..... | 3 |
| Fig. I. 3:carte représentative de la structure géologique de la région de Ain Témouchent..... | 5 |
| Fig. I.4: Carte sismique de la région de Ain Témouchent..... | 6 |
| Fig. I.5: Photo représentative de la pédologie de notre périmètre..... | 7 |
| Fig. II.1 : Présentation de la station d'épuration d'AinTémouchent..... | 24 |
| Fig. II.2 : Plan d'ensemble de la Station d'épuration..... | 26 |
| Fig. II.3. photos de décanteur primaire..... | 31 |
| Fig. II.4.photo du clarificateur..... | 33 |
| Fig. II.5.photo du bassin de désinfection..... | 34 |
| Fig. .III.1.Schéma d'une installation simple..... | 43 |
| Fig.III.2. Schéma d'installation de la micro irrigation..... | 45 |
| Fig.III.3.Conduite principale, adducteur et conduites latérales avec goutteurs..... | 47 |
| Fig.III.4. types de goutteurs..... | 49 |
| | |
| Fig.IV.1. Graphique d'ajustement d'une loi normale aux pluies moyennes annuelle Station Chaabat El Lham code (4-02-08)..... | 61 |
| | |
| Figure V.1 : Courbe du bilan du calcul de diamètre économique..... | 85 |
| | |
| Figure VIII.1. Organigramme de la prévention..... | 91 |

Listes des abreviations

ANRH : Agence Nationale des Ressources Hydrauliques ;
DBO : Demande biochimique en oxygène ;
DCO : Demande chimique en oxygène ;
DHW : Direction de l'Hydraulique des Wilayas ;
DN : Diamètre nominal ;
EAC : Exploitation Agricole Collective ;

Ece : Conductivité électrique ;
Ecw: Conductivité électrique de l'eau ;
Eto : Évapotranspiration de référence ;
EUT : Eau utilisée traitée ;
FAO : Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture ;
ITAF : Institut technique des arbres fruitiers ;
NTK: Azote total Kjeldhal (mg/l);
OMS : Organisation mondiale de la santé ;
PE : Polyéthylène ;
PEFD : Polyéthylène à faible densité ;
PEHD : Polyéthylène à haute densité ;
PVC : Polychlorure de vinyle ;
SAR : Taux d'absorption du sodium ;
STEP : Station d'épuration des eaux usées ;
USDA : United States Department of Agriculture .

INTRODUCTION GENERALE

Vu l'aridité climatique et le déficit pluviométrique qu'a connu l'Algérie, et qui durent depuis le début de la décennie 80, la disponibilité en eau pour une agriculture irriguée est, par conséquent, toute relative. Autant, la réutilisation des eaux épurées en agriculture est économiquement rentable et ses avantages sont multiples.

La réutilisation des eaux épurées pour l'irrigation et l'épandage des boues déshydratées dans le sol sont des pratiques traditionnelles autour du Monde. Un guide a été élaboré par Khouri. Al. en 1994 (Edition de la Banque Mondiale), décrivant les aspects méthodologiques de ces pratiques dans le Monde.

En Algérie la réutilisation des eaux usées épurées en agriculture est encore à ses débuts, elle a été illustrée dans quelques périmètres à l'exemple de du périmètre irrigué de Hennaya à Tlemcen, sur 912 Constantine : Le périmètre de Hamma Bouziane à Constantine sur une superficie de 327 ha ; ou encore le périmètre d'irrigation de M'leta à Oran sur une superficie de 8.100 ha.

La région de Chaabat-El Ham sise à Ain Témouchent, n'est pas épargnée par le problème de la pénurie et du manque de la ressource hydrique, ce affecte considérablement le rendement agricole des périmètres avoisinants. Pour remédier à ce problème des dispositions doivent être prises afin de protéger et de mobiliser cette ressource.

Ce sujet rentre dans ce contexte, il vise à réutiliser les eaux usées épurées de la STEP de la ville de Ain Temouchent, en dimensionnant un réseau d'irrigation en goutte à goutte alimenté directement par cette dernière. Ceci afin de combler le déficit hydrique enregistré dans la région et de préserver les ressources d'eau souterraines actuellement utilisées.

Pour bien mener cette étude nous avons scindé notre travail en sept chapitres et qui sont :

- Présentation générale du secteur d'étude ;
- Présentation de la station d'épuration ;
- Revue bibliographique sur l'irrigation sous pression ;
- Etude hydrologique ;
- Evaluation des besoins en eau des cultures ;
- Dimensionnement du réseau d'irrigation et des différents ouvrages annexes ;
- Evaluation du cout de projet ;
- Protection et sécurité de travail.

CHAPITRE I

Présentation Générale du secteur d'étude

Introduction

L'eau en tant qu'élément de base indispensable à la vie, demeure dans son devenir et ses effets sur le milieu et la plante, un sujet de questionnement de première importance. La ressource en eau et la satisfaction des besoins agricoles est une équation épineuse que les agriculteurs s'efforcent de résoudre. Les ressources disponibles et leur renouvellement climatique sont souvent déficitaires au regard des besoins.

Le climat et les conditions atmosphériques sont donc les éléments de base indispensables à connaître pour conduire une réflexion sur l'optimisation de l'eau disponible.

I.1 Situation géographique

I.1.1 Situation géographique de Ain Témouchent

La wilaya de Ain Témouchent occupe, du point de vue géographique, une position privilégiée. Elle est en effet située au carrefour de (03) grandes wilayas que sont : Tlemcen, Oran et Sidi Bel Abbès. Cette wilaya s'étend sur une superficie de 2 377 km².

I.1.2 Localisation

La wilaya de Ain Témouchent est limitée :

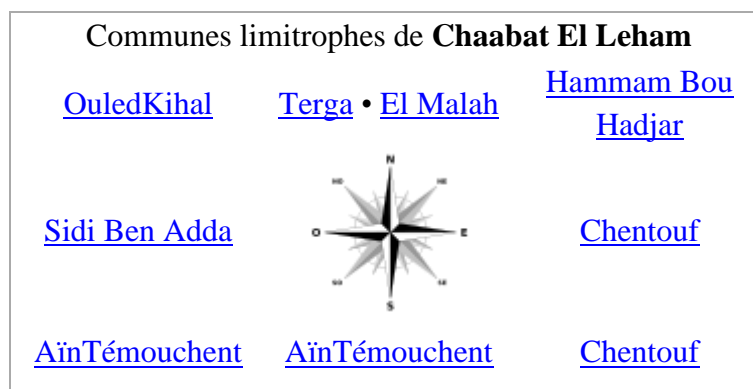
- Au Nord-Ouest par la mer méditerranée ;
- A l'Est et au Nord par la wilaya d'Oran ;
- Au Sud et à l'Est par la wilaya de Sidi Bel Abbès ;
- A Sud par la wilaya de Tlemcen.

I.1.3 Organisation administrative

- Nombre de Daïras : 08 ;
- Nombre de communes: 28 ;

I.1.4 Situation géographique de Chaabat El Leham :

Coordonnées Géographie : 35° 20' 10" Nord 1° 06' 04" Ouest superficie 66,62 km²



En 2010, sa population est estimée à environ 15 000 habitants avec une Densité 221 hab. /km².

I.1.4.1 Toponymie

Le nom signifie « Ravin de la chair ». Il y a plusieurs orthographes pour Chaabat, dont Chabat, Chabet, Chaabet. Il n'y en a qu'une pour la deuxième partie du nom, est c'est *Leham* et pas *Leram*. En arabe, *El Leham* signifie viande ou La ville aujourd'hui Chaabat el Ham est une

ville agropastorale, on y trouve le marché du samedi, deux mosquées de Anais-ibn-Malik, Ibn el Arabi, une école coranique, six écoles primaires, deux collèges, un lycée, cinq hammams.

Située entre deux rivières, cette ville est souvent appelé "la terre des deux rivières" faisant référence à la Mésopotamie.



Fig.I.1: les limites de la ville de Chabaat El Lham

Le grand périmètre d'irrigation Chaabat El Leham est caractérisé par une superficie agricole total de SAT 6240ha et une superficie agricole utile SAU de 6829 ha. La superficie irrigable à partir de la station d'épuration de Ain Témouchent est 400 ha.

Le périmètre de Chaabat El Leham se situe à 4 km du chef-lieu de la wilaya de Ain Témouchent., limité par :

- A l'Est par le chemin de wilaya N°67 (Targua)
- Au Sud-Ouest par la route nationale N°2
- Au Nord par domaine HAMMAR TOUZARAH
- A l'Ouest par le domaine CHAHID YAHIAOUI EL HADJ

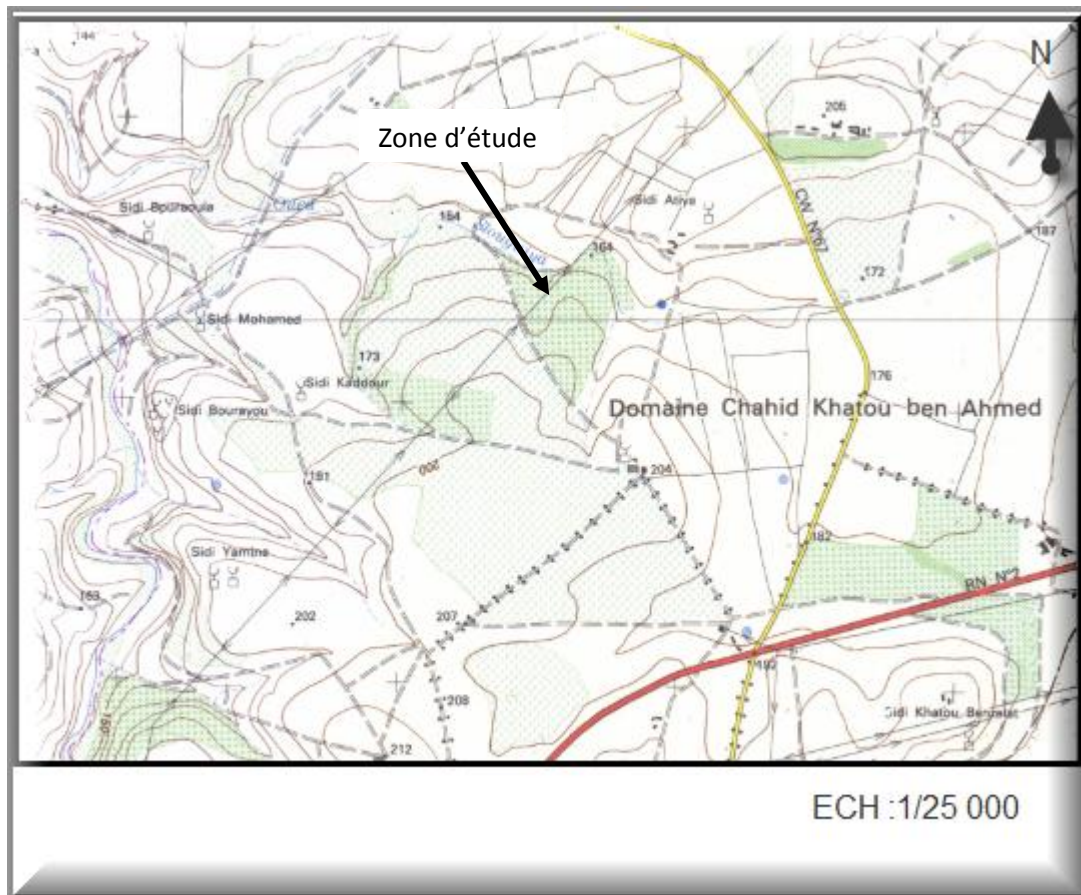


Fig. I.2 : Présentation du secteur d'étude

I.1.5 Les usagers agricoles

Les usagers potentiels sont les agriculteurs des terres avoisinantes (EAC 'Benzalat') et l'Institut Technique agricole de Formation (ITAF) situé à moins de un (01) kilomètre du site de la STEP. Les besoins de l'ITAF pour les travaux d'expérimentations sur les différentes cultures et la gestion de la pépinière, sont de l'ordre de 10l/s. L'ITAF est alimentée actuellement en eau d'irrigation de qualité moyenne à partir d'un puits fournissant environ 4l/s.

I.2. Situation topographique

La topographie générale correspond à un grand plan incliné du sud au nord avec des pentes générales allant de 5% dans les parties basses à plus de 10 % dans les piémonts. Les altitudes dans les parties sud sur le piémont sont variables avec une moyenne de 300 m, sur le haut des versants elles dépassent parfois les 600 mètres.

Ces altitudes descendent à moins de 200 mètres à la limite dans la commune de Targua et La topographie n'est marquée que par quelques petites buttes à peine aussi hautes que larges.

I. 3. Situation hydrogéologique

Les épisodes volcaniques du plateau NEOGENE d'AIN TEMOUCHENT constitue le massif important de la région.

Le réseau hydraulique a été conservé.

Les massifs volcaniques parfois fissurés et aquifères notable de la région.

Les nappes souterraines s'écoulent de la même manière que les coulées

Volcaniques qui se dirige vers l'OUEST (vallée de OUED SENNANE, soit vers l'EST OUED SOUF TELL).

Le site du projet se trouve au NORD de la ville de AIN TEMOUCHENT sur le bassin versant de OUED SENNA NE limité au NORD par DJEBEL NECISSA et TOUMIT qui forme une barrière à L'OUED.

Ces DJEBELS sont constitués géologiquement de substratum AUTOCHTONE LIASIQUE forme de série CARBONA TEE et MARNO-PELTIQUE.

Les calcaires fissurés du KIMMERIDIEN dans lequel s'accumule l'eau souterraine.

Les nappes de calcaires est plus proche de la surface (20 m de profondeur) se trouve en charge sous le basalte.

D'après la constitution LITHOLOGIQUE rencontre dans le FORAGE de L'ITAF, on remarque la présence de couche d'argile beige – marron imperméable assurant l'étanchéité du site et par conséquent une protection des nappes souterraines.

(Source DHW Ain Témouchent).

I.3.1 Situation géologique

Le substrat géologique est constitué de formations volcaniques de type basaltique et de cendres volcaniques. Il est caractérisé par des variations latérales et verticales de faciès. Trois grands types de formations peuvent être distingués :

- Les formations basaltiques et les cendres volcaniques qui seraient d'âge primaire
- Les formations sédimentaires constituées de calcaires, argiles et de marnes.
- Les formations quaternaires constituées de tufs, d'alluvions recouvertes de des formations argilo-marneuses, argilo- sablonneuses, de croûtes et d'encroûtement calcaires. (Source DHW Ain Témouchent).

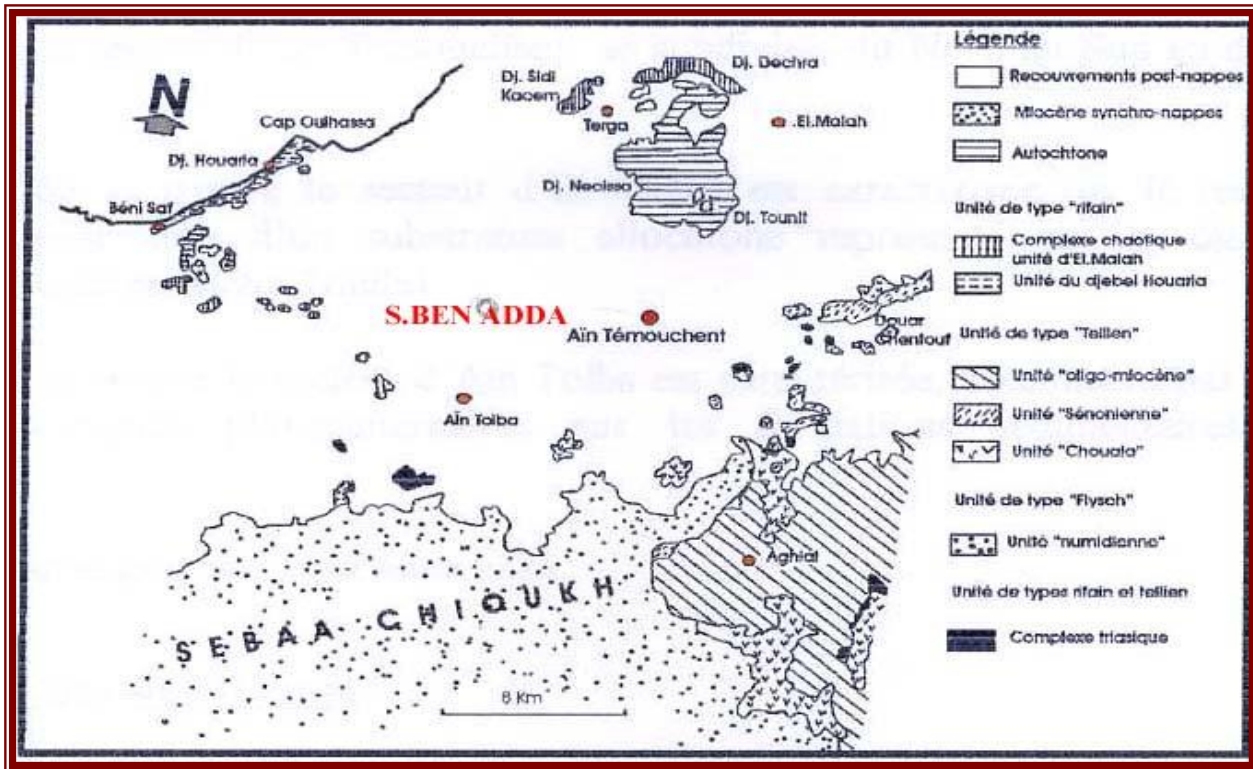


Fig. I. 3 carte représentative de la structure géologique de la région de Ain Témouchent

I.3.2. La sismicité

La sismicité est un phénomène qui caractérise la région comme la plupart des régions du tell, notamment sa grange littorale soumise au degré d'aléas sismique le plus élevé.

La synthèse des résultats des études géotechnique effectuées par les différents laboratoires dans plusieurs zones confirme l'hétérogénéité des sols et la recommandation de recouvrir souvent au radier général comme type de fondation dans toute la zone.

Chaabet El Lhamet Ain Témouchent ont été les plus touchées par le séisme de décembre 1999. C'est un risque qui a été démontré par l'étude relative à l'alias sismique et micro- zonage. Il faut noter cependant que la commune de Chaabet El Lhamelle ne se trouve pas dans les zones de failles actives.

L'autre risque naturel concerne les éventuelles inondations auxquelles peuvent être confrontées les parties basses de la ville de chaabat, d'Ain témouchent ou les paries situées près des berges des oueds importants. Les travaux de protection permettent d'atténuer ce risque

Un troisième risque qui mérite d'être signalé concerne la nature de sols de moyenne portance qui peut être à l'origine phénomène d'affaissement de terrain lié à la présence de formation tendre sur des profondeurs allant jusqu'à dix mètres qui s'incrudent sous des formation dures. Soumises à des mouvements des terrains peuvent être à l'origine d'un déplacement. (Source DHW Ain Témouchent).

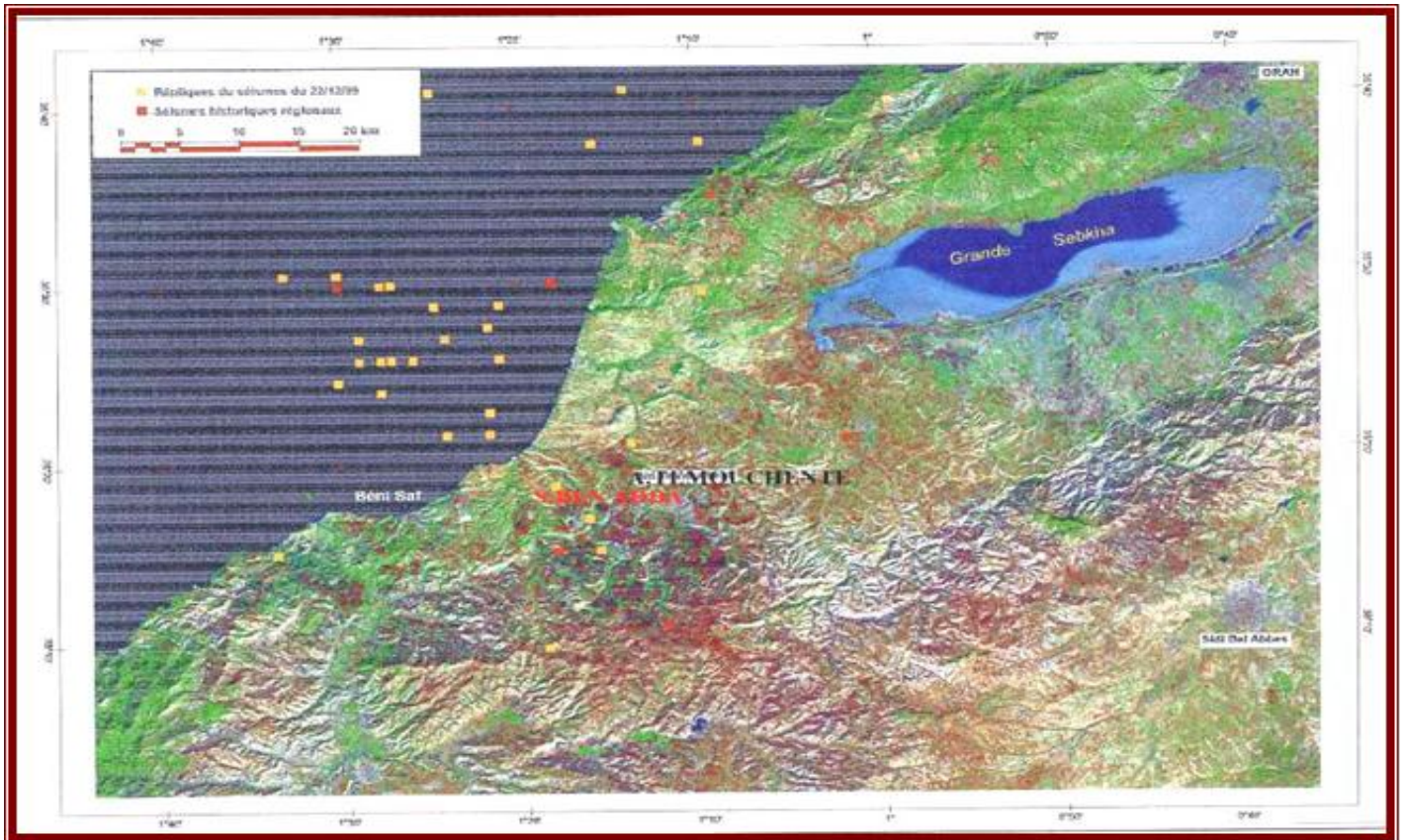


Fig.I.4: Carte sismique de la région d'Ain Témouchent

I.4. Situation pédologique

Les sols dans les limites proches du site sont de texture argileuse (argiles brunes) de profondeur modérée à encroûtement calcaire. Sur le fond de vallée, des sols gris brunâtres et colluviaux (brun-foncé) se sont développés.

Les coefficients d'infiltration des couches argileuses superficielles du sol sont très faibles, constituant un bon filtre naturel contre la diffusion d'éléments indésirables et un long temps de séjour facilitant l'autoépuration du sol et la biodégradation de certains éléments. Le sous-sol, à croûte calcaire se caractérise par une perméabilité plus grande, facilitant donc la migration possible des nitrates résiduels vers la nappe.

(Source Subdivision de l'Agriculture de Ain témouchent).



Fig.I.5: Photo représentative de la pédologie de notre périmètre

I.5 Situation climatique

I.5.1 Température

La température est un élément très important dans le bon fonctionnement d'un système d'épuration biologique.

Nous illustrons dans le tableau ci-dessous les données sur les températures moyennes enregistrées pour la période : 1950 - 2005

Tableau.I. 1: Moyennes mensuelles et annuelle des températures Période : 1967-1996

| Mois | Jan | Fev | Mar | Avr | Mai | Juin | Juill | Aout | Sep | Oct | Nov | Dec | Moy.An |
|-----------|------|------|------|------|------|------|-------|------|------|------|------|------|--------|
| Tmoy (°C) | 15,9 | 16,5 | 18,3 | 20,3 | 23,9 | 28,6 | 32,5 | 33,4 | 30,4 | 25,8 | 20,5 | 17,2 | 23,6 |

(Source : ANRH et ONM)

A partir de ces résultats on peut dire :

- Le mois de janvier est le mois le plus froid avec des températures moyennes qui varient au tour de 10 C°.

- Le mois le plus chaud est le mois d'Août, avec des températures moyennes qui varient au tour des 25C°.

En ce qui concerne les écarts de températures entre l'été et l'hiver, ils sont de l'ordre de 13C° à 17C°.

I.5.2. Précipitations

La station pluviométrique représentative de la zone d'étude est la station de Chaabat El Lham

Tableau.I.2 : Moyennes mensuelles et annuelle des Précipitations Période : 1973-2004

| Mois | Sep | Oct | Nov | Dec | Jan | Fev | Mar | Avr | Mai | Jui | Jui | Aout | M.A |
|---------------------|------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|---------|
| Précipitations (mm) | 17.1 | 27 | 49.55 | 46.44 | 44.86 | 55.51 | 59.77 | 50.57 | 35.88 | 5.83 | 2.22 | 4.18 | 398.894 |

(Source : ANRH et ONM)

Avec une pluviométrie moyenne d'environ 399 mm par an, on peut dire d'ores et déjà que la zone souffre d'un déficit en eau important, et que l'irrigation sera une nécessité absolue.

Une analyse plus poussée des données nous permet de distinguer les saisons suivantes :

- La saison pluvieuse : cette saison dure 6 mois elle va du mois de Novembre jusqu'à mois d'Avril, pendant cette période nous enregistrons 77% des précipitations totales annuelle avec des maximale réparties entre Décembre et Mars ;
- La saison moyennement pluvieuse : cette saison dure 2 mois la trouve au début de la saison sèche (Mais), ainsi qu'à la fin de cette dernière (Octobre) ;
- La saison sèche : cette saison dure 4 mois elle va du mois de Juin jusqu'au mois de Septembre, les valeurs des pluies enregistrées pendant la période allant de mois de juillet au mois d'Août peuvent atteindre 1% des pluies annuelles.

I.5.3 L'Ensoleillement

L'insolation ou l'ensoleillement peut être défini comme étant la période laquelle le soleil brille.

Tableau.I.3: Moyennes mensuelles et annuelle d'Ensoleillement Période : 1994-2005

| Mois | S | O | N | D | J | F | M | A | M | J | J | A |
|--------------------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|
| Ensoleillement (h) | 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 : ANRH et ONM

On peut remarquer que les valeurs les plus importantes sont enregistrées en période allant du mois de Avril au mois de Août, la valeur la plus élevée est celle du mois de juillet (11.13 heures).

On lève à partir de ce tableau que l'insolation de cette région est très importante. Elle est de l'ordre de 3000 heures par an soit une moyenne de 8.64 heures par jours.

I.5.4.L'évaporation

Tableau.I.4: Moyennes mensuelle et annuelle de l'Evaporation.

Période : 1949-1989

| Mois | Jan | Fev | Mar | Avr | Mai | Juin | Juill | Août | Sep | Oct | Nov | Déc |
|------------------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|
| Evaporation (mm) | 47,3 | 58,4 | 87,3 | 110,6 | 129,1 | 152,5 | 169,4 | 153,8 | 127,8 | 86,9 | 58,4 | 43,8 |

(Source : ANRH et ONM)

Le tableau ci-dessus montre que l'évaporation est importante en été. Elle atteint son maximum au mois de Juillet avec une valeur de 169.4mm le minimum est enregistré au mois de Janvier avec une valeur de 47.3mm.

I.5.5 Les Vents

I.5.5.1 Vitesse des Vents

Ce facteur est important, car il nous contraint à donner une orientation géographique du site d'implantation de la future station d'épuration en fonction de la direction et de l'intensité des vents.

Tableau.I.5: Moyennes internationales des vents de la station de BENI SAF

| Mois | Jan | Fev | Mar | Avr | Mai | Juin | Juill | Août | Sep | Oct | Nov | Déc |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Vent (m/s) | 2,674 | 3,000 | 3,059 | 3,104 | 3,004 | 3,015 | 2,943 | 2,821 | 2,629 | 2,468 | 2,496 | 2,693 |

(Source : ANRH)

I.5.6 . Humidité

C'est un élément important du cycle hydrologique contrôlant l'évaporation du sol et la couverture végétale et qui représente le degré de saturation de l'air en vapeur d'eau. Les données d'humidité relative mensuelles moyennes des différentes stations de la région sont présentées au tableau

Tableau.I.6. L'humidité moyenne mensuelle

| Mois | Jan. | Fév. | Mar. | Avr. | Mai. | Juin. | Juill. | Aout | Sep | Oct | Nov. | Déc. | AN |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| En (%) | 73.00 | 71.52 | 69.80 | 67.58 | 66.44 | 62.00 | 60.61 | 60.17 | 63.88 | 67.66 | 69.96 | 73.51 | 73.00 |

(Source : ANRH et ONM)

Les valeurs minimales se produisent en Juillet-Août et les maximales généralement en Décembre et Janvier.

I.5.7. Diagramme Ombrothermique

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

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

Etabli pour la station de BENI SAF, il ressort une période sèche qui s'étale du mois de Mai jusqu'au mois de Septembre.

Tableau.I.7: Précipitations et températures moyennes mensuelles

| Mois | S | O | N | D | J | F | M | A | M | J | J | A |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|------|
| P (mm) | 17.1 | 27 | 49.55 | 46.44 | 44.86 | 55.51 | 59.77 | 50.57 | 35.88 | 5.83 | 2.22 | 4.18 |
| T (C°) | 22.63 | 18.47 | 14.39 | 11.04 | 10.18 | 11.27 | 12.71 | 14.61 | 17.68 | 21.2 | 24.86 | 25.5 |
| 2 T (C°) | 45,26 | 36,94 | 28,78 | 22,08 | 20,36 | 22,54 | 25,42 | 29,22 | 35,36 | 42,5 | 49,72 | 51,1 |

En résumé:

- Mois sec: $P \text{ (mm)} < 2T \text{ (C}^\circ\text{)}$
- Mois humide: $P \text{ (mm)} > 2T \text{ (C}^\circ\text{)}$

Avec:

P (mm) : Précipitations moyennes

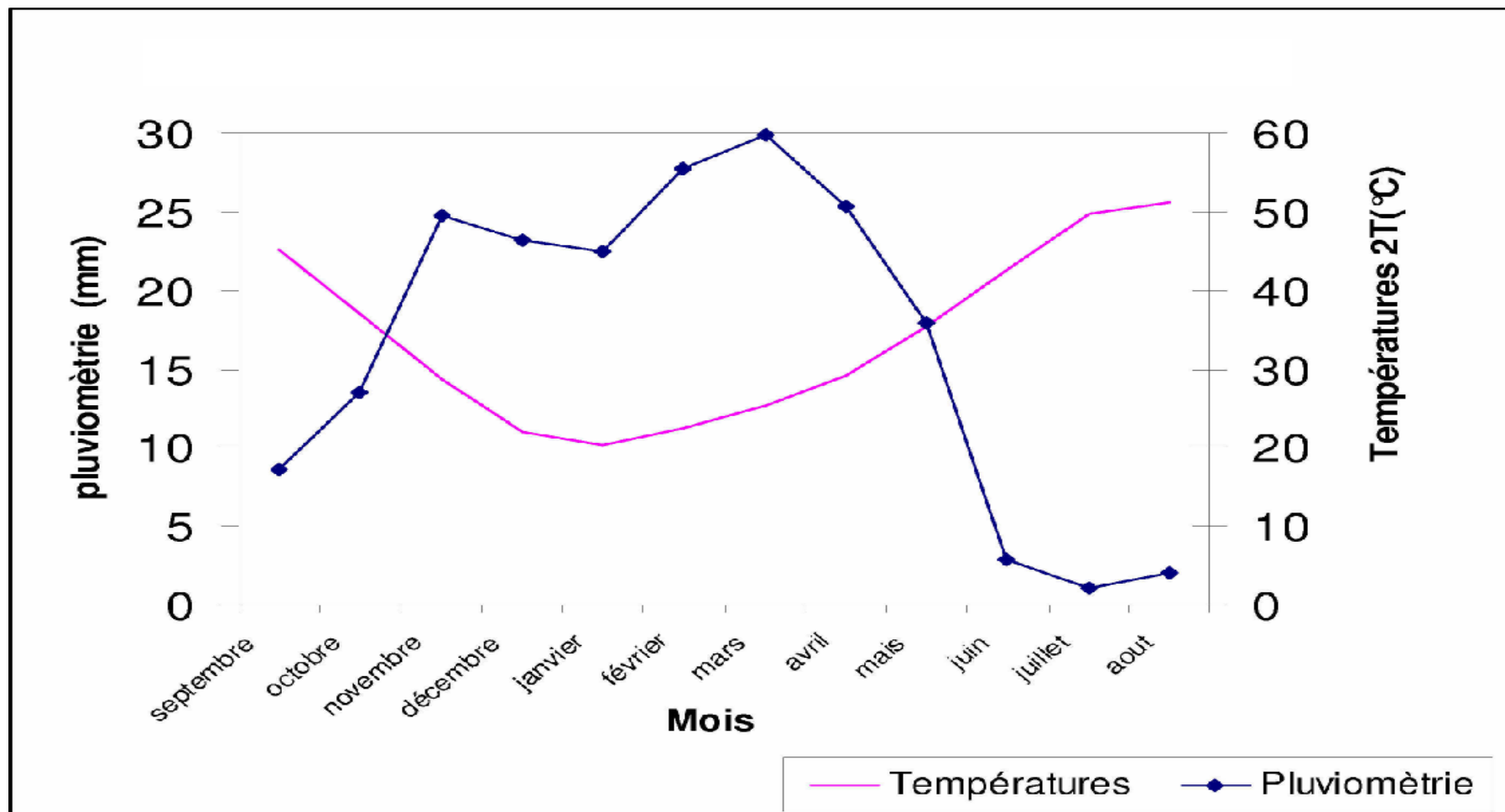


Fig.I.6 diagramme ombrothermique de Gausсен.

Nous pouvons constater de ce diagramme que nous avons deux saisons, l'une sèche qui dure 6 mois et qui va du mois de Mai jusqu'au mois Octobre, pendant cette période l'irrigation est une nécessité absolue.

L'autre saison c'est la saison humide, ces derniers 6 mois pendant laquelle le recours à l'irrigation peut être une nécessité si on enregistre un déficit en eau.

Cette analyse confirme donc les conclusions auxquelles nous sommes arrivées après le traitement des données pluviométriques du tableau I.1.

I.6. Activités socio-économiques :

I.6.1. Activités agricoles

En 2008 selon la direction de l'agriculture, la commune de Chaabt El Lham occupe une superficie agricole totale de 6829ha.

Le tableau suivant nous donne la répartition générale des terres :

Tableau.I.8 : Répartition générale des terres

| | <i>Forêts</i> | <i>Superficie agricole totale</i> | <i>S.A.U</i> | <i>Terres irriguées</i> |
|------------------------|---------------|-----------------------------------|--------------|-------------------------|
| <i>Superficie (ha)</i> | 34,25 | 6829 | 6 240 | 236.16 |

Source : S/Division de l'agriculture d'Ain Témouchent (2008)

D'après le tableau ci-dessus, on remarque que la surface agricole utile (S.A.U) est 6240 hectares soit **91,37%** de la surface agricole totale. La surface des forêts et maquis occupe **34,25 ha**, soit **0,516%** de la surface agricole totale. Les terres irriguées occupent une superficie de **236.16ha**.

Le tableau suivant nous donne la répartition des cultures selon la superficie.

Tableau.I.9 : Occupation des sols des différentes productions de la ville

| Culture | Surface (hectares) |
|----------------------------|---------------------------|
| Vignoble (céréales) | 150 |
| Arbres fruitiers (olivier) | 50 |
| TOTAL | 200 |

D'après les données citées ci-dessus, on remarque que la céréaliculture occupe la plus grande superficie avec 310Ha pour la campagne 2008.

I.6.2. Production animale

L'élevage est devenu au fil des années une activité d'appoint de l'agriculture mais son importance, les ovins et poulets prédomine sur l'ensemble des autres types

Tableau.I.10: Production animale

| Commune | Bovins | Ovins | Poulet | ruches |
|-----------------|--------|-------|--------|--------|
| Chaabat El Lham | 150 | 2200 | 2000 | 300 |

(Source : S/division. A).

I.6.3. Activités industrielles

C'est aussi une ville industrielle, dont une usine se prénommant "ENATUB" qui a pour activité la fabrication des poteaux, de carrière géante, de détergents et de carrelages.

(Source : DHW Ain Témouchent) .

Conclusion

Au cours de ce chapitre nous avons présenté notre région d'étude tout d'abord du point de vue géographique puis nous avons énuméré tous les paramètres qui caractérisent sa situation topographique, pédologique, géologique, climatique, et socioéconomique.

D'après la présentation de notre région on choisit l'olivier, il est par excellence la spéculation végétale historiquement la plus connue dans le pays. Les fellahs de région maîtrisent bien la culture de l'olivier. L'olivier, mis en place, est facile à entretenir.

De plus, la présence de cet arbre dans les exploitations agricoles de faibles superficies ne présente pas de contraintes pour cultiver les céréales, toujours prioritaires, en intercalaire. L'olivier est, socialement, l'activité la plus appréciée. Le seul inconvénient est la protection de l'arbre contre son prédateur caprin.

CHAPITRE II

Présentation de la station dépuratoire

Introduction

Les eaux usées épurées peuvent être considérées comme une source en eau non négligeable pour être réutilisées par l'homme dans les domaines suivants : irrigation, industrie et urbains. Elles peuvent constituer en même temps une solution pour diminuer l'exploitation intensive des ressources en eau limitées et mal réparties de la terre et par conséquent, protéger les cours d'eau, les plans d'eau, voire les eaux souterraines.

II.1.Généralités sur les eaux usées

II.1.1.Origine des eaux usées urbaines

Il existe trois types de pollution contre les quel des moyens de lutte doivent être mis en œuvre.

- La pollution traditionnelle des eaux usées domestiques et des eaux pluviales ;
- La pollution des industries implantées dans la commune ;
- Les matières de vidange ;

II.1.1.2.les eaux usées domestiques

Elles se composent :

- Des eaux vannes d'évacuation des toilettes.
- Des eaux ménagères d'évacuation des cuisines, salles de bain.

Les déchets présents dans ces eaux souillées sont constitués par des matières organiques dégradables et des matières minérales. Ces substances sont sous forme dissoute ou en suspension.

II.1.1.3. Les eaux pluviales

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

- de la dissolution des fumées dans l'atmosphère.
- du lavage des chaussées grasses et des toitures chargées de poussière.
- du lessivage des zones agricoles traitées (épandage de désherbants et d'engrais).

Les polluants présents dans ces eaux peuvent être des matières organiques biodégradables ou non, des matières minérales ou en suspension et des toxiques.

II.1.1.4.les eaux industrielles

Les caractéristiques de ces eaux sont directement liées au type d'industrie concernée.

Une épuration commune des eaux usées industrielles avec les eaux domestiques peut s'envisager à condition que la nature des polluants soit identique et exempte de substances toxiques (cas des industries agroalimentaires par exemple).

II.1.1.5.les matières de vidange

Dans toutes les communes, il existe des habitants non raccordés ou non raccordables à l'égout public. Or, toute fosse septique ou appareil équivalent produit obligatoirement des matières de vidange. L'évacuation et le traitement de ces matières domestiques font partie intégrante de l'assainissement.

Ces matières de vidange sont un concentré de pollution .leur rejet, inconsideré dans le milieu naturel accroît les risques de pollution des eaux et les

II.1.2. Nature et effet de la pollution

La pollution de l'eau est une dégradation de sa qualité naturelle provoquée par l'Homme et ses activités.

Cette dégradation peut compromettre l'équilibre du milieu vivant aquatique et rendre plus difficile et plus coûteuse son utilisation ultérieure.

II.1.3. Composition des eaux usées domestiques

La composition de l'eau usée dépend essentiellement :

- De l'activité humaine,
- De la qualité des eaux d'AEP.

II.1.3.1. Les matières en suspension et la matière organique

Elles se composent de matières flottantes qui ne sont ni à l'état soluble, ni à l'état colloïdale. Cet ensemble de substances organiques et minérales est un paramètre important dans la réutilisation (sa présence excessive dans l'eau d'irrigation peut perturber les systèmes d'irrigation)

La matière organique contenue dans les effluents est dégradée par l'activité bactérienne. Cette dégradation libère des éléments minéraux pouvant être directement assimilés par les plantes. C'est la minéralisation. Ainsi la présence des matières organiques dans les eaux usées ne constitue pas un danger, bien au contraire, elle contribue à la fertilisation.

II.1.3.2. Les micro-organismes

Les eaux usées véhiculent d'importants nombres de micro-organismes dont la plupart sont pathogènes. Ils sont contenus en majeure partie dans les matières en suspension.

L'ensemble de ces organismes peut être subdivisé en quatre groupes :

- **Les bactéries** : elles sont présentes dans les eaux usées à de très forte concentration et peuvent être à l'origine des troubles intestinaux, de typhoïde ou des paratyphoïdes. On estime leur concentration dans les effluents à 10^7 - 10^8 pour 100 ml dont 10^3 à 10^4 pour un litre sont pathogènes ;
- **Les virus** : ce sont des parasites intracellulaires contenus dans les eaux usées urbaines ;
- **Les protozoaires** : les eaux usées contiennent également des protozoaires, capables de transmettre certaines maladies comme la dysenterie ;
- **Les helminthes** : fréquemment rencontrés dans les eaux résiduaires, les helminthes sont des vers pathogènes susceptibles de causer des maladies (ténia, ascaris...). Dans les eaux usées urbaines, le nombre d'œufs d'helminthe est de l'ordre de 10^3 par litre ;

II.1.3.3. Les substances nutritives

Les solides en suspension, les éléments colloïdaux et les dissout présents dans les eaux usées contiennent des macronutriments et des micronutriments qui sont essentiels à la nutrition des plantes. Cependant, la teneur nutritive de l'eau peut excéder les besoins des

cultures et constitue ainsi une source potentielle de pollution des eaux de nappe. Elle peut également poser des problèmes liés au développement végétatif, en retardant la maturité ou en réduisant la qualité des produits agricoles. A cet égard l'analyse de l'eau usée est requise surtout au début de la saison culturale.

Les substances nutritives les plus importantes en agriculture sont l'azote, le phosphore, le potassium et parfois le zinc et le soufre. Il existe aussi certains oligoéléments qui participent à la fertilisation du sol.

a). L'azote

L'azote est une substance indispensable pour les plantes qui intervient dans toutes les phases du cycle végétatif d'une culture. Il est contenu dans les eaux usées à des proportions importantes. Ainsi l'usage de ces eaux en irrigation peut constituer une nouvelle source de fertilisation.

Cependant, les concentrations excessives de cet élément dans les eaux d'irrigation, peuvent toutefois avoir des effets négatifs sur le rendement des cultures et aussi sur la qualité des eaux des nappes sous-jacentes. La connaissance de la teneur en azote de l'eau usée est donc nécessaire afin de prévoir les risques éventuels.

b). Le phosphore

Les eaux usées contiennent également du phosphore qui est un élément important dans la fertilisation des sols. Il intervient de façon déterminante dans la synthèse des protéines. Contrairement à l'azote, il suffit une faible teneur en phosphore des eaux usées est moins élevée pour avoir des incidences majeures sur les cultures.

c). Le potassium

Le potassium est aussi un élément très important pour le développement des cultures. Il intervient dans le processus de la photosynthèse et aussi dans la synthèse des protéines.

d). Les éléments traces

Ils sont peu nombreux et se trouvent dans les eaux usées à des très faibles quantités. Certains de ces éléments comme le Fer, le Zinc, le Cuivre, le Bore, le Manganèse et le Molybdène sont indispensables pour le développement des végétaux. Leur carence peut toutefois entraîner une chute de rendement. En revanche il existe d'autres oligoéléments (le Plomb, le Mercure, le Cadmium, le Brome, le Fluor....) dans les eaux usées qui sont toxiques pour les plantes, pour les concentrations d'éléments traces recommandées pour une eau d'irrigation voir annexe.I.

II.1.4.Définition des paramètres de pollution caractérisant une eau usée

Dans l'eau usée, on retrouvera des matières minérales et des organiques en solution et en suspension. Une partie de ces substances seront biodégradables et d'autres inertes mais elles contribueront toutes à des niveaux divers à une certaine écotoxicité de l'eau. La première manifestation de la pollution des eaux usées domestiques est due aux matières organiques, qui provoquent une consommation importante de l'oxygène dissous par les micro-organismes qui prolifèrent dans les milieux pollués.

On va déterminer la pollution en mesurant la quantité d'oxygène respirée par les micro-organismes ou la Demande Biochimique en Oxygène après 5 jours (DBO₅). Cette mesure étant souvent longue, on peut oxyder la matière organique par un réactif chimique. On

déterminera alors la Demande Chimique en Oxygène (DCO) (Source Tardat-Henry, 1992).

Il est également intéressant de déterminer la quantité de particules en suspension et donc susceptibles de décantier ou de flotter. On mesure, pour ce faire, les Matières En Suspension (MES).

Parmi les éléments présents dans l'eau, deux sont très importants voir indispensables à la synthèse des micro-organismes et des végétaux dans le milieu aquatique. Il s'agit de l'azote N et du phosphore P assimilés généralement par les plantes sous forme de nitrates NO_3^- et de phosphates PO_4^{3-} .

II.1.4.1.Demande chimique en oxygène (DCO) :

La DCO appelée aussi "oxydabilité" est la demande chimique en oxygène; elle permet de mesurer le degré réducteur de l'eau (par mesure d'échange d'électrons).

Ce paramètre donne une indication sur la pollution par les matières organiques. L'unité de la DCO est le mg d'oxygène par litre.

II.1.4.2.Demande biochimique en oxygène (DBO)

La demande biochimique en oxygène après n jours (DBO_n) représente la quantité d'oxygène dissous qu'il faut fournir à un échantillon d'eau pour minéraliser par voie biochimique (oxydation bactérienne) les matières organiques et/ou inorganiques.

Il s'agit de la demande en O_2 pour oxyder la matière organique à l'aide d'une biomasse épuratrice.

Elle concerne donc les composés biodégradables (DCO_{bd}) ou bio transformables (N-NH_4 , N-NO_2) en conditions aérobique.

La DBO_5 correspond à la demande biochimique en oxygène après 5 jours d'incubation de l'échantillon à une température standard de 20°C .

II.1.4.3.Matières en suspension

Les matières en suspension représentent la quantité de particules non dissoutes présentes dans l'effluent qu'elles soient décantables ou non (organique et minérale: poussière, sable, argile, graisse,...).

Les MES se subdivisent en deux catégories : les matières fixes et les matières volatiles. En effet, une partie des MES se volatilisent lorsqu'elles sont chauffées à haute température (600°C); cette partie constitue la fraction organique, principalement biodégradable appelée Matières Volatiles Sèches (MVS).

II.1.4.4.Mesure de la pollution

Un certain nombre de paramètres sont utilisé pour caractériser la pollution des eaux qui sont :

Tableau II.1: Paramètres qui caractérisent la pollution (Source (Tardat-Henry, 1992).

| Paramètres | Unités | Signification |
|--------------|---|--|
| MES | mg/1 | Matières en suspension : c'est la pollution non dissoute, la plus facile à éliminer |
| DBO5 | $\text{mgo}_2/1$ | Demande biochimique en oxygène en 5 jours : C'est la quantité d' O_2 consommée en 5 jours par les micro-organismes la valeur obtenue représente environ 80 % de la pollution biodégradable totale. |
| DCO | $\text{mgo}_2/1$ | Demande chimique en oxygène : elle représente la quantité d'oxygène qui est fournie par des réactifs chimiques puissants pour oxyder les matières contenues dans l'effluent. |
| M.A | mg/1 | Matières azotées : elles quantifient la teneur en azote présent dans les eaux usées sous diverses formes (organique, ammoniacal, nitrate, nitrite) |
| M.P | mg/1 | Matières phosphatées : elles représentent la quantité de phosphore totale contenue dans les effluents. |
| M.I | Equitox | Matières inhibitrices : elles servent à définir le degré de toxicité d'un effluent industriel (test Daphnies). |
| EqH | 90g/jde MES 57g/j de M.O 15g/j de M.A 4 g/j de M.P | Equivalent habitant : unité conventionnelle de mesure de la pollution moyenne rejetée par habitant et par jour. La même notion et la même définition sont utilisées pour caractériser la pollution industrielle. |
| Débit | m^3/heure . 3 • 111 /jour | L'utilisation de l'eau par les abonnés n'est pas régulière au cours de la journée. Les équipements devront être prévus pour faire face aux pointes de débit résultant de ce fait. Le débit de pointe peut dépasser 3 fois le débit horaire moyen journalier. |

II.2 Réutilisation des eaux usées épurées

II.2.1. Définition

La réutilisation des eaux usées c'est 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 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 (cours d'eau, eaux souterraines) ;

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 de contr1 e de pollution et d'économie des ressources en eau. Le recyclage est en conséquence l'affaire de l'utilisateur initial.

La réutilisation des eaux sert à des usages nouveaux par rapport aux usages initiaux. Le nouvel usage nécessite en général un traitement des eaux pour les ramener à une qualité satisfaisante et compatible avec l'usage envisagé (Source Giger, 1996).

II.2.2. Motifs

Les motifs pour le développement des systèmes de réutilisation peuvent être très variés, suivant le contexte local:

- Absence d'exutoire pour les effluents collectés ;
- Absence ou déficit de ressources en eau et en conséquence, besoin de mobiliser des ressources supplémentaires ;
- Protection de l'environnement et des milieux récepteurs ;
- utilisation des eaux usées comme source d'éléments fertilisants et leur application pour améliorer les sols et la production agricole ;

II.2.3. Usages possibles

Théoriquement, on peut utiliser les effluents urbains pour de nombreux usages:

- irrigation ;
- recharge des aquifères ;
- industrie ;
- usages municipaux (lavage de chaussées, arrosage...) ;
- loisir (navigation/plaisance, pêche...) ;

Les réalisations les plus nombreuses portent, par ordre d'importance décroissante, sur l'irrigation en agriculture, les usages municipaux, l'industrie et les loisirs. Pour ces usages, l'adaptation en qualité est plus aisée.

Pour l'irrigation de produits agricoles à consommer crus, les contraintes importantes de santé publique et les coûts élevés ont écarté toute réalisation importante.

II.2.4. L'objectif

L'objectif principal de la réutilisation des eaux usées est non seulement de fournir des quantités supplémentaires d'eau de bonne qualité en accélérant le cycle d'épuration naturelle de l'eau, mais également d'assurer l'équilibre de ce cycle et la protection du milieu environnant. Par définition, cette réutilisation est une action volontaire et planifiée qui vise la production des quantités complémentaires en eau pour différents usages afin de combler des déficits hydriques.

II.2.5. Réutilisation en agriculture

Dans notre cas on va s'intéresser à la réutilisation des eaux épurées, le secteur agricole représente le secteur utilisateur le plus important et le plus intéressant pour le projet de la STEP de Aïn Témouchent. Cette réutilisation est rendue facile par l'absence de

micropolluants toxiques (métaux lourds) dans les EUT et les boues d'épuration.

II.2.5.1.Réutilisation des eaux épurées

II.2.5.1.1.Les spécifications

Composition générale des EUT domestiques :

Le Tableau.**II.2** donne la composition générale des EUT d'origine urbaine. Le tableau énumère les incidences relatives à la réutilisation de ces EUT en agriculture.

➤ Salinité des EUT :

L'irrigation par les EUT ou brutes ne peut être conduite sur des cultures très sensibles à la salinité et au stress hydrique. La figure en annexe.**II.2** montre l'influence de la salinité sur le rendement relatif des cultures suivant leur aptitude à résister à la salinité des eaux et du sol (tolérance à la salinité). Le tableau en annexe.**II.3** donne les normes de qualité requise des EUT du point de vue salinité et les restrictions correspondantes.

➤ La qualité microbiologique des EUT :

Les normes internationales de l'irrigation par les EUT ou même brutes distinguent ces eaux en trois classes de qualité microbiologique : A, B et C et ce en relation avec les cultures utilisées tableau. **II.3**.

Tableau. II.2: Composition des EUT domestiques et réutilisation en agriculture (irrigation)

| Constituants | Paramètres mesurés | Observations |
|--|--|---|
| MES | MES, y/c matière volatile | MES pouvant causer des dépôts de cambouis et des conditions anaérobies suite aux rejets d'eaux non traitées dans l'environnement aquatique. Quantité excessive de MES causant des bouchons dans les systèmes d'irrigation |
| Matière Organique biodégradable | DBO ₅ , DCO | Composés spécialement de protéines, graisses. Leur décomposition biologique, suite au rejet dans la nature peut conduire à une diminution de l'oxygène dissous. |
| Organismes Pathogènes | Indicateurs d'organismes, coliformes fécaux | Epidémies par MTH : bactéries, virus, parasites |
| Nutriments | Azote, Phosphore, Potassium (NPK) | Azote, Phosphore, et Potassium sont les nutriments essentiels pour la croissance des plantes et leur présence rehausse normalement la valeur des eaux d'irrigation. Mais rejetés dans les milieux aquatiques, ils contribuent à la croissance de la vie aquatique indésirable. Leur rejet excessif dans le sol contribue à la pollution des nappes phréatiques. |
| Stables (produits organiques réfractaires) | Eléments spécifiques (phénols, pesticides,...) | Ces produits tendent à résister aux méthodes conventionnelles de traitement. Certaines éléments sont toxiques et leur présence limite considérablement la réutilisation (EUT et boues) en agriculture |
| Activité ionique de l'hydrogène | PH | Le pH normal des EUT domestiques varie dans les limites de 6.5 à 8.5. La variation du pH est liée aux eaux résiduaires industrielles. |
| Métaux lourds | Eléments : Cd, Zn, Ni, Hg,... | Certains métaux lourds sont toxiques pour les plantes et les animaux. Leur présence peut réduire la réutilisation des EUT et boues en agriculture |
| Matières non organiques dissoutes | MES, Conductivité électrique, éléments :Na, Ca, Mg, Cl, B... | Salinité excessive pouvant détruire les plantes. Certains ions, comme le sodium, le chlore et le bore sont toxiques pour certaines plantes. Le sodium influe aussi sur la perméabilité du sol. |
| Chlore Résiduel | Libre ou lié | Une quantité excessive de chlore libre (> 0.05 mg/l Cl ₂) peut causer des brûlures de feuilles et endommager certaines cultures sensibles. Le chlore lié contenue dans les EUT ne cause pas de dommages aux plantes. Certaines éléments organiques chlorés peuvent causer une contamination des nappes |

Tableau. II.3: Réutilisation des EUT en agriculture : Qualité microbiologique recommandée

| Catégorie | Conditions de réutilisation | Groupe à risque | Helminthes intestinaux (quantité moyenne d'œufs par litre) | Coliformes fécaux (nbremoyen géométrique par 100ml) | Traitement souhaité pour une qualité microbiologique requise |
|-----------|---|----------------------------------|--|---|--|
| A | Irrigation de cultures éventuellement consommées crues ; terrains de sports ; parcs publics | Ouvriers, consommateurs ; public | ≤1 | ≤1000 | Séries de bassins de stabilisation désignés pour atteindre la qualité microbiologique requise, autre traitement équivalent |
| B | Irrigation des céréales; cultures industrielles et fourragères ; pâturage et arboriculture | Ouvriers | ≤1 | Aucune contrainte | Séjour dans des bassins de stabilisation pendant 8-10 jours pour l'élimination des coliformes fécaux et helminthes |
| C | Irrigation au goutte à goutte. Catégorie B si ouvriers et public non exposés | Néant | Aucune contrainte | Aucune contrainte | Prétraitement requis par la technique d'irrigation utilisée, |

Source : OMS (1989)

II.2.5.2. Réutilisation des boues

Les boues sont principalement générées par le traitement primaire et secondaire et elles constituent les plus importants résidus solides, en termes de volume. Préalablement à ces traitements, les boues doivent habituellement être stabilisées, c'est-à-dire subir un traitement visant à minéraliser la matière organique et détruire les micro-organismes pathogènes ou non, qui sont encore actifs. La stabilisation permet également de réduire les odeurs car les boues fraîches, surtout celles provenant du traitement primaire, sont particulièrement malodorantes. Les boues stabilisées et séchées se présentent habituellement sous une forme encore humide, appelée «gâteau» qu'il serait trop coûteux de rendre plus sec.

II.2.6. Réutilisation des eaux usées dans le cadre du projet

Les domaines d'utilisation potentiels des EUT de la STEP de Aïn Témouchent sont par ordre de priorité: l'agriculture, certains usages municipaux et enfin la recharge artificielle des nappes phréatiques. Cette réutilisation en agriculture doit se faire avec prudence en tenant compte de la salinité élevée des EUT. Il faut souligner que les terres agricoles de la région sont actuellement irriguées par des eaux souterraines dont la qualité hydrochimique est aussi moyenne que médiocre. Les agriculteurs de la région ont accumulé l'expérience de la pratique agricole d'utilisation des eaux de mauvaise qualité en appliquant des techniques de drainage et de lessivage des sels.

II.2.7. Réutilisation des boues dans le cadre du projet

Les boues d'épuration de la STEP de Aïn Témouchent peuvent être utilisées sous certaines conditions et recommandations seulement en agriculture. Les boues d'épuration produites par la STEP seront donc exclusivement utilisées, sans incidence majeure, en agriculture ; le restant est stocké dans l'aire d'entreposage (surface 710m²). (DHW Aïn Témouchent).

II.3. Généralité d'une station d'épuration

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.

L'eau est d'abord filtrée par des grilles de plus en plus fines, qui retiennent tous les déchets solides. Les déchettes en suspension (petites particules dans l'eau) ou solubles (produits entièrement mélangés à l'eau) doivent être séparés par d'autres méthodes : décantation, floculation, traitement par des bactéries. A la suite de plusieurs filtrages et décantation, l'eau peut être rejetée dans un cours d'eau. Elle n'est plus dangereuse pour l'environnement, mais elle n'est pas pour autant potable. Si elle est pompée ensuite pour la consommation humaine, elle devra subir d'autres traitements (nouveaux filtrages, chlorage, etc.).

Les déchets séparés de l'eau ne sont pas tous des déchets nuisibles. Les boues de décantation, en particulier, sont utilisées comme engrais.

II.3.1. Situation géographique du site

Le site de la station d'épuration est situé sur un terrain domanial à une distance d'environ 05 km au Nord-Ouest de la ville à proximité de la route de TERGA.

Il est limité au Nord et au sud par deux crêtes à faible végétation et à l'EST et l'ouest

par des terrains agricoles.

La future station d'épuration fera le rejet de l'eau épurée sur OUED ENNANE.

On rappelle que la station d'épuration en question est en cours de construction.

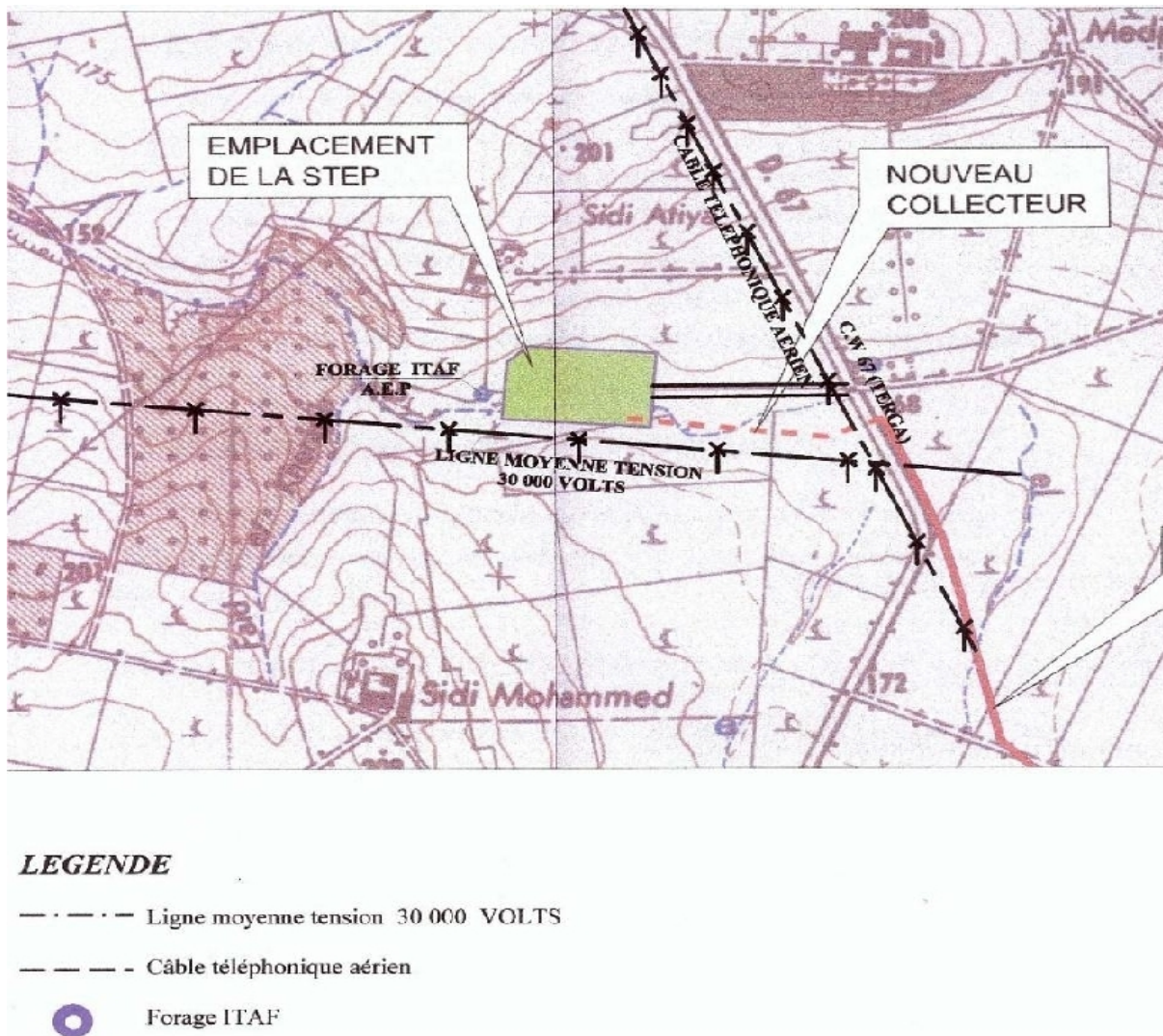


Fig.II.1 : Présentation de la station d'épuration de Ain Témouchent.

II.3.2.Présentation de la station d'épuration de Ain Témouchent

La station d'épuration de Aïn-Temouchent traite toutes les eaux usées de la ville. Sa capacité est prévue pour pouvoir traiter un débit de 10920 m³/j qui correspond à 72800 habitants desservis (soit 82000 équivalents habitants) à l'horizon 2015 et avec possibilité d'extension à 90000 habitants desservis (soit 119000 équivalent habitants) à l'horizon 2030.

Elle est du type biologique à boues activées à faible charge avec traitement tertiaire pour l'élimination du phosphore.

La station d'épuration est entièrement automatisée de façon à fonctionner 24 heures/24 et 7 jours/7, avec une présence d'une équipe complète 8 heures/jour pendant 5 jours/semaine. Tous les équipements sont munis d'au moins une unité de réserve opérationnelle, avec démarrage automatique de la réserve, soit en cas de défaillance totale, soit pour pallier un manque accidentel dans les paramètres (pression, débit, etc.).

II.3.3.Traitement des eaux

Le pré-traitement des eaux est composé d'un dégrillage de secours, d'un dégrillage grossier, d'un dégrillage fin et d'un dessablage-déshuilage. L'élimination de la pollution carbonée et de l'azote est réalisée par voie biologique. L'élimination du phosphore est assurée par voie physico-chimique dans un clarifloculateur à travers une coagulation avec chlorure ferrique ($FeCl_3$) et une floculation avec un polyélectrolyte anionique (sont prévus deux réservoirs pour faire une alternance lorsque le premier sera vide)

Les huiles et les graisses ainsi que les refus de dégrillage seront évacuées par citerne à l'extérieure de la station.

II.3.4.Traitement des boues

Les boues biologiques à la sortie du clarificateur sont déjà stabilisées (car elles ont un âge environ de 23 jours) et après sont envoyées vers l'épaississeur.

Après épaissement un dosage par poly-électrolyte est effectué avant la déshydratation qui est assurée par deux bandes presseuses. Une série des lits de séchage de secours est prévue en cas d'arrêt des deux bandes.

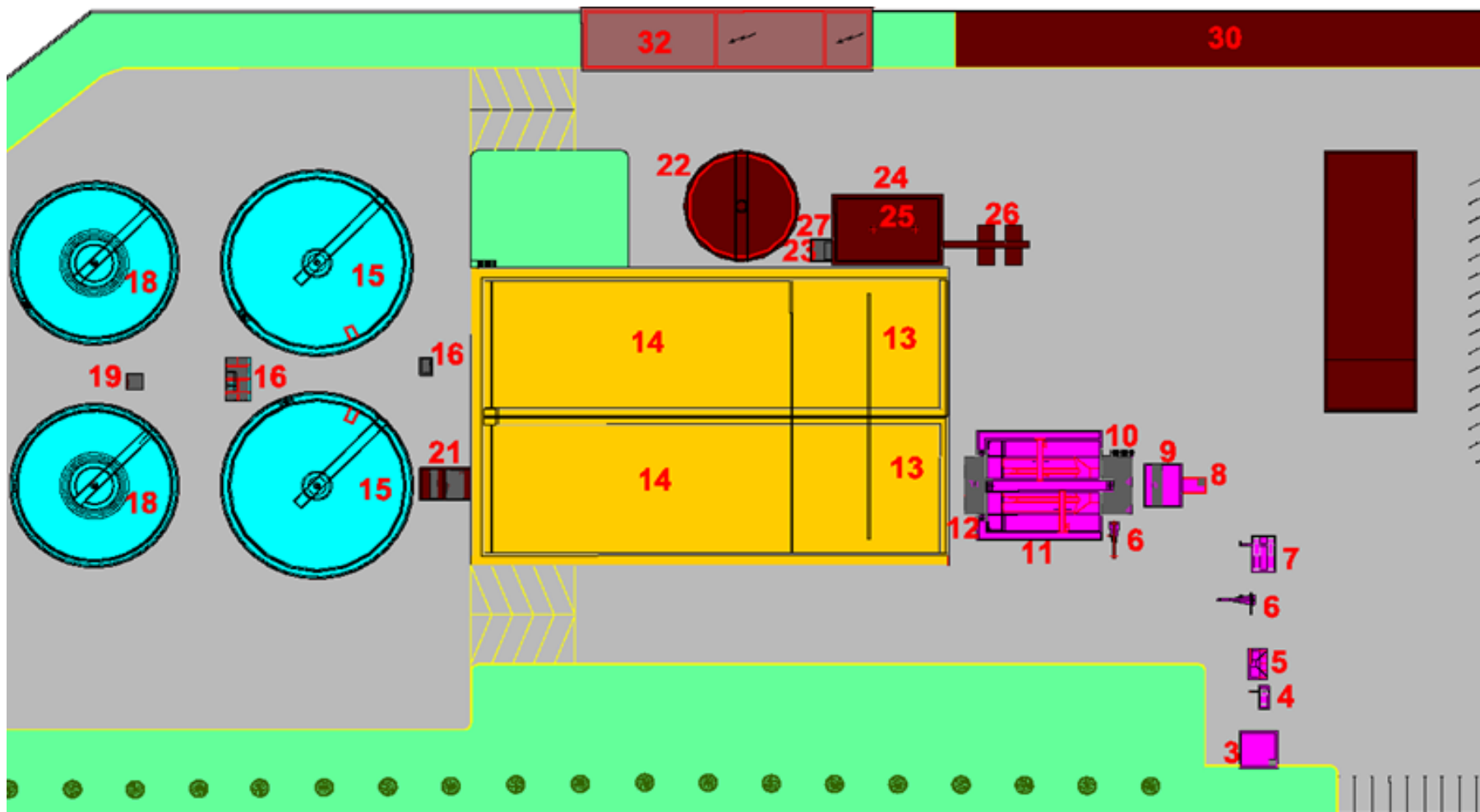


Fig. II.2 : Plan d'ensemble de la Station d'épuration (source HYDROTRAITEMENT)

II.3.5. Liste des ouvrages, des appareillages incorporés et des instruments de contrôle pour la marche en automatique (source HYDROTRAITEMENT)

1. Ouvrage de réception extérieure avec déversoir d'orage;
2. Collecteur de liaison entre l'ouvrage extérieur et celui à l'intérieur de la STEP, exécution en béton longueur 250 mètres, DN 800 mm et pente de 0,3%
3. Puits de réception avec déviation des eaux vers l'oued en cas de fermeture de la vanne motorisée, dimensions 1000x1000mm
4. Grille verticale de secours, espacement 35 mm, épaisseur des barreaux 10 mm, largeur utile 850 mm, hauteur utile 1000 mm (plan A8h. 3.19.1) ; grille verticale mécanisée grossière, largeur utile 850 mm, espacement entre les barreaux 35 mm, hauteur utile 1000 mm ;
 - Sonde de niveau à ultrason pour le démarrage et l'arrêt de la grille
 - Transporteur à vis de diamètre 200 mm, dispositif pour sac en PVC
5. piège à sable, avec une capacité de stockage de 7.86 m³
 - 2 Pompes pour l'extraction des sables
 - Senseur (à lame vibrant) pour détecter le niveau des sables décantés pour la mise en service des pompes
6. Laveur de sable à vis incliné pour la séparation de la matière organique ;
7. Deux grilles fines sub-verticales mécanisées, de largeur utile de 850 mm, et le passage libre entre les barreaux est de 3 mm ;
 - 4 vannes murales à commande manuelle à placer en amont et en aval des grilles ;
 - 2 sondes des niveaux à ultrason pour le démarrage et l'arrêt des grilles ;
8. Mesure de capacité du débit sur tube ouvert avec transmetteur à ultrason pour L'exclusion ou l'insertion d'une ligne ;
9. Poste de relevage des eaux usées équipé de pompes immergées avec contrôle de niveau à ultrason et dispositif de levage pour la manutention des pompes;
10. Répartiteur de débit incorporé dans l'ensemble du dessableur équipé des deux vannes murales ;
11. Deux bassins de dessablage , faisant partie d'un bloc unique , avec des ponts de raclage, diffuseurs d'air, compresseurs, extracteurs pneumatiques de sables, pompes d'évacuation des graisses, garde-corps et escalier d'accès ;
12. Répartiteur de débit pour l'alimentation de la section biologique avec des vannes manuelles et motorisées. L'ensemble fait partie des dessableurs) ;
13. Deux bassins de dénitrification équipés de 8 mélangeurs immergés, avec des systèmes de levage, 2 instruments de mesure de niveau à ultrason et 2 instruments de mesure du pH ;
14. Deux bassins de nitrification équipés des diffuseurs à membrane, avec un réseaux de tuyauteries et vannes de réglage du débit d'air, compresseurs à débit fixe et variable, instruments de mesure de l'oxygène dissous, pompes verticales immergées

- pour le recyclage de la liqueur aérée, instruments de mesure du niveau et de débit de type à ultrason ;
15. Deux décanteurs secondaires de diamètre de 25 m, équipé de pont racleur à traction périphérique avec tous les accessoires ;
 16. Bassin de mélange et répartition du débit des eaux clarifiées et le chlorure ferrique avec un agitateur rapide et des vannes d'isolement ;
 17. Réservoir de stockage du FeCl_3 équipé des deux pompes doseuses ;
 18. Deux clarifloculateurs à traction périphérique avec des accessoires et d'un agitateur du type lent ;
 19. Poste de relevage des boues chimiques, équipé de pompes avec instrumentations de mesure de niveau à ultrason ;
 20. Station automatique de préparation et dosage de polyélectrolyte avec de pompes doseuses à commande manuelle ;
 21. Poste de relevage des boues biologiques de recyclage et celles excédantes comprenant les pompes immergées, instruments de mesure de niveau à ultrason et dispositif de levage pour la manutention des pompes ;
 22. Epaisseur des boues avec un dispositif mélangeur-racleur motorisé en acier inox. Diamètre du bassin 16 mètres. Equipé du moto-réducteur et tous les accessoires ;
 23. Deux électropompes monovis pour l'extraction des boues de l'épaisseur et l'alimentation des bandes presseuses ;
 24. Deux bandes presseuses à double bande complètes des réacteurs de mélange boues-polyélectrolyte, un dispositif de centrage des bandes, moto-réducteur, pompes centrifuges pour le lavage des toiles et tous les accessoires nécessaires pour le bon fonctionnement de l'ensemble ;
 25. Station automatique de préparation et dosage du polyélectrolyte avec des pompes doseuses à commande manuelle et tous les accessoires pour le bon fonctionnement du local de déshydratation ;
 26. Transporteur à raclettes à forme de col de cygne. L'évacuation des boues est à l'extérieur du bâtiment, le transporteur est équipé de deux ouvertures avec vannes à glissière motorisées pour le remplissage alterné des bennes d'évacuation ;
 27. Deux électropompes immergées pour le relevage des eaux de drainage équipé avec accessoires, instruments de mesure de niveau à ultrason et palan de levage manuel;
 28. Bassin de désinfection équipé des instruments de relèvements des valeurs du redox et chlore résidu, des phosphates, et d'une station automatique de prélèvement d'échantillons des eaux épurées ;
 29. Station de pompage et mise en pression des eaux de service pour l'alimentation du réseau à l'intérieur de la STEP. Le réseau comprend des points de branchement avec robinets de coupure et un autoclave de compensation ;
 30. Aire de stockage des boues déshydratées, exécution en béton, avec un réseau de drainage ;

31. Série de 14 lits de séchage pour boues à utiliser en cas d'arrêt des bandes presseuses. L'alimentation des lits se fait à partir de mêmes pompes qui alimentent les bandes, la déviation du flux aura lieu par la manœuvre des vannes prévues pour cette opération ;
32. Station d'alimentation du courant électrique avec transformateur HTA/BT, des tableaux de contrôle et de distribution et un groupe électrogène de secours

II.3.6.Description de l'installation

II.3.6.1 les Ouvrages extérieurs à la station

Les eaux usées et pluviales provenant de la ville de Ain-Tèmouchent sont véhiculées actuellement par un collecteur de diamètre 1250 mm jusqu'au regard existant qui sera remplacée par un déversoir d'orage. De ce déversoir les eaux usées diluées seront véhiculées gravitairement vers la STEP (puits de réception) par une conduite de diamètre 800 mm en béton et sur une longueur de 250 mètres.

Les eaux excédantes au 3Q24, seront déviées latéralement vers l'oued par le biais d'un canal. La longueur du déversoir est de 6 mètres.

Le puits de réception comporte trois ouvertures: une première à l'arrivée des eaux du collecteur DN800, une seconde en béton pour l'évacuation vers la station ayant une section carrée de 1000x1000 mm, et une troisième pour dévier les eaux vers la conduite DN800 vers l'oued. La hauteur du canal d'amenée à section carrée (1000x1000 mm) en cas de crue a été fixée pour faciliter les opérations de nettoyage et d'entretien.

La différence entre le niveau maximum de l'oued et celle du radier située à l'entrée de la station rend impossible l'emplacement du déversoir juste à l'entrée de la STEP (plan A8h.2.4 «Profil hydraulique»). En effet le niveau inférieur du collecteur à l'entrée de la STEP se situe au-dessous du niveau de l'oued à cet endroit

II.3.6.2.Section pré-traitements (source HYDROTRAITEMENT)

II.3.6.2.1.Grille verticale mobile de secours

Avant la grille grossière, on a prévu une barrière à translation verticale à utiliser uniquement pendant la période d'entretien de la grille mécanisée. Les manœuvres d'abaissement et relevage de la barrière de secours sont assurées par un treuil manuel. La grille verticale de secours est réalisée en acier galvanisé (largeur utile 850 mm, hauteur 1000 mm, épaisseur des barreaux 15 mm, espacement des barreaux 35 mm).

II.3.6.2.2.Grille mécanisée grossière

La grille mécanique grossière motorisée pour le pré-traitement est du type vertical, elle est réalisée en AISI 304 et fonctionne automatiquement suivant l'augmentation de du niveau amont (largeur 1000 mm, espacement des barreaux 35 mm, épaisseur des barreaux 15 mm).

Cette grille a pour but d'éliminer tous les éléments de dimension importante afin d'éviter l'obstruction des ouvertures du piège à sable et de celles des grilles fines.

Les déchets récupérés par la grille grossière sont repris par un convoyeur à vis en acier et évacués dans des sacs en PVC afin d'éviter l'émanation des mauvaises odeurs.

II.3.6.2.3. Piège à sable

Pendant la période de pluie, par effet du ruissellement superficiel, d'importantes quantités des éléments inertes et sable sont charriées dans la station; le piège prévu a pour but de récupérer à travers une série d'ouvertures tous les éléments qui par l'effet de leur poids et dimensions se déplacent dans le fond du canal. Par gravité les corps retenus sont récupérés dans une trémie située au-dessous du canal et évacués par une pompe vers le laveur de sable.

On prévoit la réalisation d'un piège à sable avec un volume utile de $7,86 \text{ m}^3$ avec 7 trous rectangulaires de 8 mm de largeur et 900 mm de longueur positionné d'une manière orthogonale au flux des eaux.

II.3.6.2.4. Grilles fines motorisées

Au nombre de deux, ces deux unités ont pour but d'éliminer tous les solides ayant les dimensions supérieures à 3 mm

Les avantages de ce type de dégrilleur sont:

- séparation en continue sans détérioration des déchets - écran autonettoyant
- Double champs de filtration
- capacité hydraulique
- faible perte de charge
- capacité de relevage importante

Les deux grilles fines sub-verticales (d'inclinaison de 85° , largeur 1000 mm, espacement des barreaux 3 mm, hauteur de déchargement par rapport au fond du canal 4,5 m)

II.3.6.2.5. Dessableurs-déshuileurs

On prévoit l'installation de deux dessableurs-dégraisseurs aptes à satisfaire le rejet jusqu'à 2030 avec un volume de 120 m^3 chacune, une largeur (comprise séparation huiles) de 5,7 m, une hauteur de 5 m, une superficie utile 10 m^2 et une longueur de 12 mètres.

Le sable et les graisses sont récupérés au moyen d'un pont mobile motorisé équipé d'un racleur de fond pour les sables. Les éléments flottants de même que les huiles, sont évacués au moyen d'un pont racleur dans deux bassins de stockage ayant une capacité de 20 m^3 ($2 \times 2 \times 5$ mètres) chacun, incorporés dans le coté aval des dessableurs. Deux pompes à vis excentriques ($Q=10 \text{ m}^3/\text{h}$) seront utilisées pour la vidange dans deux puits. On prévoit l'utilisation des pompes à vis excentrique car elles sont particulièrement indiquées pour le soulèvement des fluides légers : huiles, graisses, écumes.

Le sable décanté dans le fond du bassin est déplacé par raclage dans la fosse située à l'entrée de dessableurs. Une pompe pneumatique récupère par intermittence les sables en les refoulant dans un dispositif de lavage identique à celui prévu pour le piège à sable. Le temps de rétention prévu pour un débit moyen étant de 25 minutes, avec un tel temps de séjour on obtient un rendement de séparation de 98,5% pour des granulométries comprises entre 0,12 et 0,16 mm. Les deux compresseurs pour le fonctionnement du système « air lift » sont situés dans un local incorporé dans la partie inférieure des dessableurs vers l'entrée des eaux.

Les eaux provenant des deux dessableurs par gravité entrent dans un bassin dans lequel elles vont se mélanger avec les boues de recyclage. Sur ce même bassin est prévue la possibilité d'évacuer la totalité du débit vers l'extérieur de l'installation en excluant entièrement la phase biologique.

II.3.6.2.6. Le décanteur primaire

Dans les stations utilisant le principe d'aération prolongée, il n'y a pas de décanteur primaire, pour la raison que la section d'oxydation a des temps de rétention extrêmement longs. Les boues sont continuellement recyclées et soumises à de longues périodes d'oxydation, en créant ainsi leur minéralisation complète. Ce processus est identique à celui obtenu avec la stabilisation aérobie séparée.

Pour la transformation de l'azote en nitrate, d'importantes quantités de DBO5 seront nécessaires, de ce fait on justifie l'exclusion de la décantation primaire, étant donné que dans ce bassin on élimine de 20 à 30% du DBO5 qui entre dans l'installation. En conséquence un décanteur primaire n'est pas nécessaire.



Fig. II.3. Photo de décanteur primaire

II.3.7. Traitement biologique

Les eaux provenant du répartiteur et qui ont été mélangées avec les boues de recyclage, sont réunies dans le canal de distribution avec la liqueur aérée avant de pénétrer dans le bassin de dénitrification.

II.3.7.1. Dénitrification

La dénitrification biologique peut être définie comme un processus à travers lequel les microorganismes réduisent les ions du nitrate et de l'azote gazeux (N_2), celui de l'oxyde nitreux (N_2O) en oxyde nitrique (NO).

On a pu constater que le phénomène de la dénitrification étant présent avec le processus

principal de l'élimination du DBO5, dans de nombreuses installations de traitement biologique à boues activées. Actuellement on peut raisonnablement affirmer que la dénitrification biologique est le système le plus largement utilisé pour l'élimination de l'azote dans les installations de traitement des eaux urbaines, en outre, la diffusion de ce type de processus est particulièrement amplifiée dans le domaine de traitement des eaux d'origine industrielle.

Dans la section de dénitrification les eaux usées sont soumises à une forte agitation à l'aide d'une série de mélangeurs agissant en contre-courant. Ce type d'appareil dérive par sa conception des pompes submersibles, il présente des caractéristiques de mélange optimal. Du point de vue d'entretien les interventions se limitent à la vérification tous les dix mois du niveau d'huile.

II.3.7.2.Nitrification

On prévoit la réalisation des deux bassins de nitrification ayant les dimensions suivantes: hauteur utile 4,50 m, largeur 20 m et longueur 44 mètres.

II.3.7.3.Le processus

L'objectif de la nitrification c'est la transformation par oxydation biologique des formes ammoniacale de l'azote présent dans les eaux usées, en origine environ le 60% de la totalité sous forme de nitrates.

Le motif qui oblige d'effectuer ce type de traitement est double:

- Dans un corps hydrique naturel, avec la substance organique on évacue aussi l'azote ammoniacal. Ce dernier polluant exerce une action toxique et il provoque des phénomènes d'autoépuration biologique, son oxydation intervient avec une grande consommation d'oxygène en provoquant un important déficit d'oxygène dans le corps récepteur avec risques des fermentations anaérobies ;
- La deuxième partie, la plus importante, c'est le rôle de la nitrification relativement à sa fonction intégrée avec la dénitrification. La dénitrification de l'azote sous forme gazeuse et donc son élimination n'est possible si l'on part à partir de l'azote sous forme nitrique et ce pour cela que les deux systèmes nitrification-dénitrification sont toujours ensemble.

II.3.7.4.Traitement secondaire

II.3.7.4.1. Les différentes typologies des décanteurs

Les décanteurs rectangulaires sont peu répandus en générale, sauf dans les cas de stations importantes avec une surface limitée, l'utilisation des décanteurs rectangulaires permet de gagner de la place par rapport aux appareils circulaires. Il existe deux types des décanteurs longitudinaux : les appareils à pont racleur et les appareils à chaîne. Cependant nous avons orienté notre choix pour les clarificateurs circulaires par le fait que l'espace disponible est largement suffisant, mais surtout du fait que les coûts d'achat et d'entretien du sédimentateur rectangulaire est de loin plus onéreux que le sédimentateur circulaire.

II.3.7.4.2.Clarificateur

Pour chaque ligne est prévu un clarificateur circulaire à traction périphérique ayant un diamètre de 25 mètres et une hauteur totale de 4,5 mètres.

Les eaux clarifiées contenant une masse en suspension de 30 mg/l environ, par contre la plus grande partie de phosphore reste présente dans les eaux clarifiées (environ 98- 99%), c'est pour cela que les eaux à la sortie des clarificateurs sont dirigées vers un puits répartiteur pour être soumises à un traitement de précipitations du phosphore par dosage du chlorure ferrique.



Fig.II.4. photo du clarificateur

II.3.7.5.Traitement tertiaire

II.3.7.5.1.Le problème du phosphore

Le phosphore et l'azote se présentent en deux formes organiques et minérales. Le phosphore organique est généralement présent en quantité limitée (10% du phosphore totale) ; en effet le phosphore est lié aux composées organiques d'origine en prédominance biologique, il est lentement hydrolysé en ortho-phosphates.

On a remarqué que dans les eaux usées de la ville de Aïn-Tèmouchent il y a une importante concentration de phosphore (plus que 40 mg/l) par rapport aux eaux usées européens (au maximum 20 mg/l).

Le principal inconvénient du phosphore est de favoriser l'eutrophisation des cours d'eau, des lacs et des milieux marins, ce qui se traduit par un développement excessif d'algues planctoniques et généralement une élévation du pH.

Ce qui a été décrit précédemment justifie un traitement nécessaire du phosphore.

Les agitateurs sont de types différents (à lames plates, à hélice, à lames en forme de

spirale etc.) et ils ont une vitesse de rotation qui peut varier de 10 à 100 t/min.

Les deux opérations de mélange, floculation et sédimentation peuvent être réalisées dans une unité unique appelée clarifloculateur.

La coagulation ainsi la floculation peut être favorisée dans un compartiment ou on

II.3.7.5.2. Bassin de désinfection

Dans l'installation nous avons prévu comme réactif pour la désinfection l'hypochlorite de sodium NaClO . La solution de l'hypochlorite de sodium est un produit instable, mais sa décomposition peut être contrôlée en augmentant la valeur du pH jusqu'à une valeur de 11 et en évitant la présence des ions métalliques qui ont l'effet de catalyseur de la décomposition. Même pour un local isolé thermiquement et à l'abri de la lumière, le temps de stockage doit être limité à 60 jours maximums.

On prévoit la réalisation d'un bassin de désinfection ayant les dimensions suivantes : hauteur utile 2,75 m, largeur 5 m et longueur 23 mètres.



Fig.II .5 : photo du bassin de désinfection

II.3.7.6. Recyclage des boues et évacuation des boues en excès

On soustrait les boues activées du fond du clarifloculateur et on les renvoie en tête du traitement biologique, afin de régénérer celui-ci et d'y maintenir une concentration sensiblement constante en micro-organismes épurateurs.

L'opération de recyclage est assurée pour chaque ligne par une pompe submergée et par une pompe de réserve, placées dans un puits, et ayant chacune les caractéristiques suivantes : débit unitaire $466 \text{ m}^3/\text{h}$, hauteur manométrique 6,5 m. Dans ce même puits on a prévu deux pompes, dont une en réserve, pour l'évacuation des boues excédantes vers l'épaississeur, les caractéristiques de ces pompes sont : Débit de $32 \text{ m}^3/\text{h}$, hauteur manométrique total de 6,5 mètres. La concentration maximale des boues en extraite du clarificateur est environ de 0,8%.

Dans chaque ligne de recyclage on a prévu un débitmètre à induction

électromagnétique accouplé à une vanne motorisée pour permettre la possibilité d'adapter le débit de recyclage en fonction de celui à l'entrée de la STEP.

II.3.7.6.1. Production des boues en excès

Pour maintenir un poids de biomasse en suspension sensiblement constant dans le bassin d'aération, il est nécessaire de prélever chaque jour du circuit de recirculation, un certain volume des boues dites « en excès ». On peut considérer que le poids des matières contenues dans ces volumes des boues correspond à la prolifération de la culture bactérienne dans les bassins d'aération.

On peut évaluer cette prolifération en considérant que l'accroissement net du poids des matières actives des boues est égal à la différence entre la quantité de protoplasme cellulaire synthétisé à partir de substrat ou DBO5 éliminé à celle éliminé par la respiration endogène pendant le même temps. La production des boues biologiques en excès est variable en fonction de la charge de fonctionnement du réacteur biologique.

Pour une charge massique kgDBO5/MV jour comprise entre 0,7 et 0,1 la production spécifique kgMS/DBO5 éliminé est environ de 0,7.

II.3.8. Qualité des eaux attendues après traitement (Source HYDROTRAITEMENT)

Tableau.II.4. Estimation de la population et des débits

| Horizon Désignation | 2002 | 2008 | 2015 | 2025 | 2030 |
|--------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Habitants | 60500 | 65900 | 72800 | 83900 | 90000 |
| Dotation (l/hab/j) | 170 | 180 | 200 | 200 | 200 |
| Consommation (m ³ /j) | 10285 | 11862 | 14560 | 16780 | 18000 |
| Rejet (0,75) (m ³ /j) | 7714 | 8897 | 10920 | 12585 | 13500 |

Tableau.II.5. débit des eaux usées sur les deux horizons de projet

| Horizon Désignation | 2015 | 2030 | Description |
|--------------------------------------|-------------|-------------|--|
| QIN (m ³ /j) | 10920 | 13500 | Volume journalier à traiter physiquement et biologiquement |
| Q24 (m ³ /h) | 455 | 562,5 | Débit moyenne à traiter |
| 3Q24 (m ³ /h) | 1365 | 1687,5 | Débit à traiter en temps de pluie |

Tableau. II.6. Charges polluantes

| Désignation | Production spécifique | Horizon 2015 (kg/jour) | Horizon 2030 (kg/jour) |
|-----------------|-----------------------|------------------------|------------------------|
| MES décantables | 60 g/j/hab | 4365 | 5400 |
| DBO5 | 50 g/j/hab | 3640 | 4500 |
| DCO | 90 g/j/hab | 6552 | 8100 |
| TKN | 12 g/j/hab | 873 | 1080 |
| P | 6 g/j/hab | 436 | 540 |

II.3.9. Garanties de performance**Tableau .II.7. Concentrations des polluants à l'entrée et prévues à la sortie.**

| Désignation | Concentration à l'entrée | Concentration prévue à la sortie |
|-----------------|--------------------------|----------------------------------|
| MES décantables | 400 (mg/l) | 30 (mg/l) |
| DBO5 | 333 (mg/l) | 30 (mg/l) |
| DCO | 600 (mg/l) | 90 (mg/l) |
| TKN | 80 (mg/l) | 10 (mg/l) |
| P | 40 (mg/l) | 2 (mg/l) |

Pour les concentrations à la sortie on a adopté les limites admises pour la normative européenne n°152/99.

Pour le débit qui va sortir de la station d'épuration après traitement des eaux usées est de l'ordre de 91 l/s. (Source DHW Ain Témouchent).

II.3.10. Caractéristiques chimiques des EUT de la step de Ain Témouchent

La salinité (minéralisation totale) des EUT est de l'ordre de 2.5 mmhos/cm, assez similaire à celle des eaux souterraines. Les eaux de la nappe sont utilisées pour l'irrigation de quelques parcelles (horticulture). Le SAR des eaux souterraines dont la qualité, de point de vue minéralisation totale, est proche de celle des EUT est estimé autour de 8.02. Le diagramme de classification des eaux d'irrigation de l'USDA de l'annexe II classe les eaux locales d'irrigation C4-S2 (très forte salinité et alcalinité moyenne). [02]

Tableau. II.8. Classes de qualité de salure de l'eau d'irrigation (Ayes&Westcot, 1985)

| Qualité de l'eau | Conductivité (mmhos/cm) | Sels solubles estimés en NaCl (mg/l) |
|---------------------|----------------------------|---|
| excellente | 0,25 | 160 |
| faible salinité | 0,25 – 0,75 | 160 – 500 |
| forte salinité | 0,75 – 2,25 | 500 – 1500 |
| très forte salinité | 2,25 – 5 | 1500 – 3600 |

CONCLUSIONS

Il ressort des analyses précédentes que les domaines potentiels de réutilisation à promouvoir et encourager sont l'irrigation des terres agricoles par les eaux usées épurées et l'amendement de leurs sols par les boues d'épuration.

Le plus important utilisateur potentiel des EUT est donc l'agriculture. Seul un volume réduit peut être utilisé pour les besoins municipaux et ce en utilisant des camions citernes pour le transport des eaux. La réalimentation des nappes nécessite de gros investissements liés à la construction des bassins d'infiltration. La nappe peut être préservée et rétablie à des niveaux hydrauliques meilleurs en cessant de la surexploiter pour les besoins de l'irrigation ; ce qui peut être atteint grâce à la réutilisation des eaux usées épurées pour l'irrigation.

La réutilisation des EUT pour l'irrigation des terres doit se faire, toutefois avec toutes les précautions requises de prévention contre la salinisation secondaire, en préconisant des systèmes de drainage et de lessivage.

La technique d'épuvalisation doit être utilisée par les fellahs pour améliorer la qualité bactériologique des EUT et la réduction des nitrates causant la pollution des nappes.

CHAPITRE III

Revue Bibliographique sur l'irrigation sous pression

Introduction

Dans les pays à pluviométrie insuffisante ou irrigable. L'eau est le principal facteur limitant de la production agricole. Pour apporter de l'eau aux cultures agricoles, l'homme de tout temps a cherché à imiter la nature.

La nécessité de régulariser les rendements ainsi qu'un certain nombre de contraintes (rareté de l'eau, contraintes pédoclimatiques etc...)Exigent le recours à l'irrigation et à la bonne gestion de l'eau.

Les systèmes les plus anciens utilisent les eaux des rivières ou des fleuves ont imité les débordements ; ce fut l'irrigation par submersion, puis l'irrigation à la raie, enfin, ce fut l'irrigation par aspersion, chaque système à ses inconvénients, tant sur le plan technique que sur les plans économiques et humains.

Dernière-née des techniques, l'irrigation ponctuelle (localisée) qui, par sa forme la plus fins, est qualifiée de goutte à goutte, est une synthèse des méthodes précédentes en apportant des correctifs aux inconvénients technique et humains toute en espérant des correctifs économique.

III.1. Histoire de l'irrigation

L'irrigation a été utilisée par les Égyptiens le long du Nil vers 5000 av. J.-C. Dès 2100 av. J.-C., des systèmes élaborés étaient en place, dont un canal de 19 km de long qui envoyait les eaux de la crue du Nil vers le lac Mœris. Dès l'an 2400 av. J.-C., l'irrigation constituait pour les Sumériens un important moyen d'alimenter en eau les champs du sud de la Mésopotamie (aujourd'hui le sud de l'Irak) et les Chinois utilisaient cette technique dès 2200 av. J.-C. Les Péruviens bâtirent des systèmes d'irrigation très complexes avant l'ère chrétienne et, à cette époque, les Amérindiens disposaient de plus de 100 000 ha de terres irriguées en Arizona. [03].

III.2. Définition de quelques concepts

a-Irrigation : Elle se définit comme l'apport artificiel d'eau aux cultures, en complément aux précipitations naturelle ; l'objectif est de créer des conditions favorables de production, tant au point de vue quantitatif que qualitatif.

b-Périmètre d'irrigation : C'est l'ensemble des surfaces occupées ou non par les cultures, pouvant être arrosées avec de l'eau d'irrigation. L'ensemble de ces surfaces est appelé aussi périmètre dominé lorsqu'il s'agit de l'irrigation gravitaire.

c. Usager : Tout individu utilisant l'eau d'un système d'irrigation pour leur besoin divers ; soit pour l'arrosage soit la lessive ou autre.

d-Irrigant : Toute personne qui exploite une parcelle en se servant des infrastructures d'un système d'irrigation dont la mise en place est faite par l'État ou avec sa participation.

e-Exploitation agricole : Elle correspond à la surface occupée par une famille et peut être constituée d'une seule parcelle, éventuellement découpée en plusieurs "soles" de cultures différentes ou de plusieurs parcelles plus ou moins éloignées les unes des autres.

III.3. Réseau d'irrigation

III.3.1. Définition

C'est l'ensemble formé par des organes, ouvrages et appareils qui assureront le transport, la répartition et distribution des eaux à chaque exploitation agricole ainsi que l'évacuation des eaux excédentaires.

III.3.2.Principe général

Pour alimenter un périmètre d'irrigation, deux conditions doivent être réunies :

- Le niveau de l'eau dans le cours d'eau doit permettre le fonctionnement du canal pendant la période où l'on a besoin de l'eau ;
- Il faut maîtriser la quantité d'eau que l'on dérive vers le périmètre en fonction des besoins et des variations du niveau de l'eau dans la rivière. La construction d'un ouvrage de prise contrôlant les conditions d'amenée de l'eau vers le canal est donc nécessaire.

D'où deux grandes catégories de prises d'eau :

- ✓ La prise d'eau fonctionnant au fil de l'eau qui évite la construction d'un ouvrage transversal à la rivière ;
- ✓ la prise d'eau avec seuil dérivation.

III.3.3. Structure d'un système d'irrigation [04]

III.3.3.1 Différents niveaux d'équipements

D'une manière générale, les ouvrages de transport et les réseaux de distribution constituent les équipements collectifs de l'aménagement, alors que l'irrigation à la parcelle est du ressort des différents agriculteurs.

La limite entre ouvrages de transport et réseaux de distribution apparaît clairement dès lors que les réseaux sont conçus avec une distribution par canalisations sous pression. Cette limite est plus diffuse avec des réseaux de distribution par canaux à ciel ouvert ; nous avons considéré que les ouvrages de transport étaient alors constitués du canal principal appelé souvent canal primaire (tête morte, c'est-à-dire canal d'amenée des eaux jusqu'à l'entrée du périmètre d'irrigation, et canaux permettant de dominer le périmètre à desservir) qui présente, en effet, généralement les caractéristiques suivantes : transport de gros débits sur de grandes distances, peu de ramifications, options possibles sur le mode de régulation.

Le réseau de distribution est alors constitué des canaux secondaires et tertiaires (débits moins importants, ramifications nombreuses, régulation généralement par l'amont).

III.3.3.1.1.Réservoirs et réserves

Un aménagement hydroagricole comporte généralement des réservoirs aux différents niveaux du système. On peut, de manière schématique, distinguer quatre types principaux de réservoirs correspondant à des fonctions et des capacités différentes.

A. Réservoirs de régulation annuelle ou interannuelle

Ces réservoirs sont généralement placés à l'amont de l'aménagement. D'une capacité importante (plusieurs millions de mètres cubes), ils sont indispensables pour assurer la satisfaction des besoins dès lors que la ressource en eau a un débit d'étiage insuffisant.

Il s'agit là de barrages réservoirs. Les retenues collinaires, avec digue en terre ou en enrochement barrant un vallon, sont fréquentes pour les aménagements hydroagricoles d'importance modeste.

B. Réservoirs de régulation saisonnière

Placés généralement en tête des réseaux de distribution, à l'aval des ouvrages de transport, ils permettent une utilisation en continu des ouvrages de transport et donc une diminution du coût

d'investissement correspondant. Leur capacité est de l'ordre de plusieurs centaines de milliers de mètres cubes.

Ils seront souvent réalisés en utilisant encore un site naturel, mais avec une topographie profondément modifiée par l'exécution de déblais et de remblais, et avec une cuvette revêtue (béton, béton bitumineux, argile).

C. Réservoirs de régulation journalière :

Les capacités mises en jeu sont de l'ordre de plusieurs milliers de mètres cubes. Ces réservoirs sont généralement réalisés en béton armé pour les faibles capacités (inférieures à 5 000 m³, à titre d'ordre de grandeur). Pour des capacités plus importantes, on réalise des cuvettes limitées par des digues avec revêtement total.

D. Réservoirs de régulation instantanée :

Ces réservoirs sont associés à des stations de pompage automatiques avec régulation sur niveaux. Ils constituent un volume tampon de l'ordre de la centaine de mètres cubes, permettant d'assurer une distribution correspondant à une plage continue de débit disponible, alors que le pompage ne fournit qu'une gamme discontinue de débits possibles. Ils sont réalisés en béton et généralement surélevés.

III.3.3.2. Efficacité d'un système d'irrigation

On désigne par efficacité ou par efficacité d'un système le rapport entre les quantités d'eau effectivement utilisées et les quantités dérivées en tête de l'aménagement.

Cette notion s'apparente donc à un rendement. Elle doit être clairement explicitée en précisant, d'une part, le niveau considéré du système et, d'autre part, la durée de la période sur laquelle porte l'appréciation.

A. Efficacité de l'irrigation à la parcelle

L'efficacité de l'irrigation à la parcelle représente le rapport entre les volumes d'eau effectivement utilisés par les plantes (évapotranspiration) et les volumes livrés en tête des parcelles.

Cette efficacité sera fonction de la technique d'irrigation utilisée, de son adéquation aux conditions du milieu naturel, de la technicité de l'irrigant. Les ordres de grandeurs suivants peuvent être proposés [05] :

- irrigation de surface : 40 à 80 % ;
- irrigation par aspersion : 65 à 85 %.

B. Efficacité du réseau :

L'efficacité du réseau représente le rapport entre les volumes d'eau livrés aux prises d'irrigation et les volumes d'eau prélevés sur les ouvrages principaux. Il est important, ici, de préciser la période sur laquelle porte l'estimation.

Ainsi, pour un réseau de distribution par canalisation sous pression, l'efficacité est voisine de 100 % au moment de la pointe, et c'est cette valeur qui sera utilisée pour le calcul des débits transités pris comme base de dimensionnement. Par contre, sur l'ensemble de la campagne d'irrigation, des pertes d'eau peuvent être enregistrées (fuites permanentes de faible importance, rupture de conduites, vidanges, etc.).

Les statistiques d'exploitation portant sur des réseaux en service, avec vente de

l'eau au volume, permettent d'établir le rapport entre les volumes facturés aux irrigants et les volumes dérivés au cours d'une campagne d'irrigation.

L'efficacité réelle du réseau serait donc d'environ 93 % sur la campagne d'arrosage, mais il s'agit de réseaux en cours de développement où les volumes transités ne représentent que 35 à 50 % des volumes prévus au stade d'équilibre, et l'on peut donc s'attendre à un accroissement de l'efficacité du réseau, car les pertes sont, dans une large mesure, indépendantes des volumes transités pour un ouvrage réalisé donné.

C. Efficacité des ouvrages de transport :

Pendant la pointe, l'efficacité des ouvrages de transport est voisine de 100 % dès lors que les ouvrages sont revêtus et dotés d'un système de régulation efficace (régulation par l'aval, régulation dynamique).

Par contre, sur l'ensemble d'une année, durant laquelle les ouvrages sont maintenus en eau, on enregistrera des pertes non négligeables : fuites peu importantes mais permanentes, infiltration et évaporation, etc.

D. Efficacité d'un système :

L'efficacité globale d'un système d'irrigation résulte des rendements en cascade qui affectent le transport, la distribution et l'irrigation. Les observations précédentes ont montré qu'il convient d'estimer deux valeurs de l'efficacité :

- ✓ l'efficacité relative aux débits transités en période de pointe (en vue du calcul des débits servant au dimensionnement des équipements) ;
- ✓ l'efficacité relative aux volumes mis en jeu pendant la campagne d'arrosage (en vue du calcul des réservoirs de régulation annuelle, de l'énergie de pompage).

III.4. Différents types des systèmes d'irrigation sous pression

Les économies d'eau ont une grande importance dans les recherches d'amélioration des techniques d'irrigation, tout particulièrement dans les pays arides. En effet plus le climat est aride, plus la ressource en eau est limitée et plus les besoins en irrigation sont importants pour la production agricole. Il faut donc valoriser au mieux l'eau dont on dispose.

L'évolution des techniques d'irrigation y contribue grâce aux meilleures performances des équipements, à condition que ces équipements soient bien choisis et bien utilisés sur tout dans l'irrigation à sous pression.

Une analyse de cette évolution pour chacun des modes d'irrigation (par aspersion, micro-irrigation) met en évidence l'intérêt des progrès technologiques.

III.4.1. L'irrigation par aspersion [06]

III.4.1.1. Généralités

L'irrigation par aspersion est une technique qui consiste à fournir l'eau nécessaire aux cultures sous forme d'une pluie artificielle imitant la pluie naturelle dont l'intensité soit assez faible pour que l'eau s'infilte dans le sol sans faire de flaques ni provoquer de ruissellement.

III.4.1.2. Conditions d'utilisation de l'aspersion

a – Les cultures recommandées

Cette technique convient pour toutes les cultures sans restriction : cultures plein champs, cultures en lignes et même pour l'arboriculture (arrosage sous frondaison).

Les canons (asperseurs géants) sont à éviter dans le cas des cultures délicates (salades) car les grosses gouttes d'eau peuvent provoquer le dépérissement des feuilles.

b – Le type de sol approprié

L'irrigation par aspersion s'adapte à tous les types de sol, elle est la meilleure pour les sols sableux à taux d'infiltration assez fort.

La pluviométrie moyenne des asperseurs (mm/h) doit être inférieure au taux d'infiltration permanent du sol, pour éviter le ruissellement des eaux en surface.

Cette technique est à éviter sur les sols à encroûtement rapide.

c- Qualité de l'eau

Comme toute technique l'eau utilisée pour l'arrosage des plantes doit être propre pour éviter l'obstruction des buses des asperseurs et les dépôts des matières solides sur les frondaisons et sans constituants nocifs pour les cultures.

d – Pentades adéquates :

L'irrigation par aspersion ne nécessite pas un aménagement spécial du terrain.

III.4.1.3. avantages et inconvénients

III.4.1.3.1. avantages (par rapport à l'irrigation de surface)

- pas de nivellement préalable des sols, donc maintien de la couche arable plus fertile ;
- amélioration de l'exploitation par suppression des structures superficielles, en béton ou en terre (canaux, rigoles, raies) ;
- le choix d'une pluviométrie adaptée au sol - c'est-à-dire inférieure à la vitesse d'infiltration du sol permet d'irriguer pratiquement tous les sols (sableux à argileux) avec la même efficacité ;
- contrôle précis de la dose, en quantité et en uniformité ;
- pas de pertes par percolation (en tête des raies) et en colature, ce qui augmente le rendement de l'irrigation et, avec le même débit en tête, accroît les surfaces irrigables. Cette réduction des débits nécessaires a permis la réalisation de réseaux fonctionnant à la demande de l'utilisateur ;
- économie très importante de main d'œuvre ;
- permet une certaine climatisation, ce qui permet de lutter contre des températures trop basses ou trop élevées (bassinages) ;
- les matériels sont souples et mobiles, permettant des arrosages de secours ;
- son efficacité agronomique (récolte produite par m³ d'eau) est élevée.

III.4.1.3.2. Inconvénients, spécifiques à l'aspersion

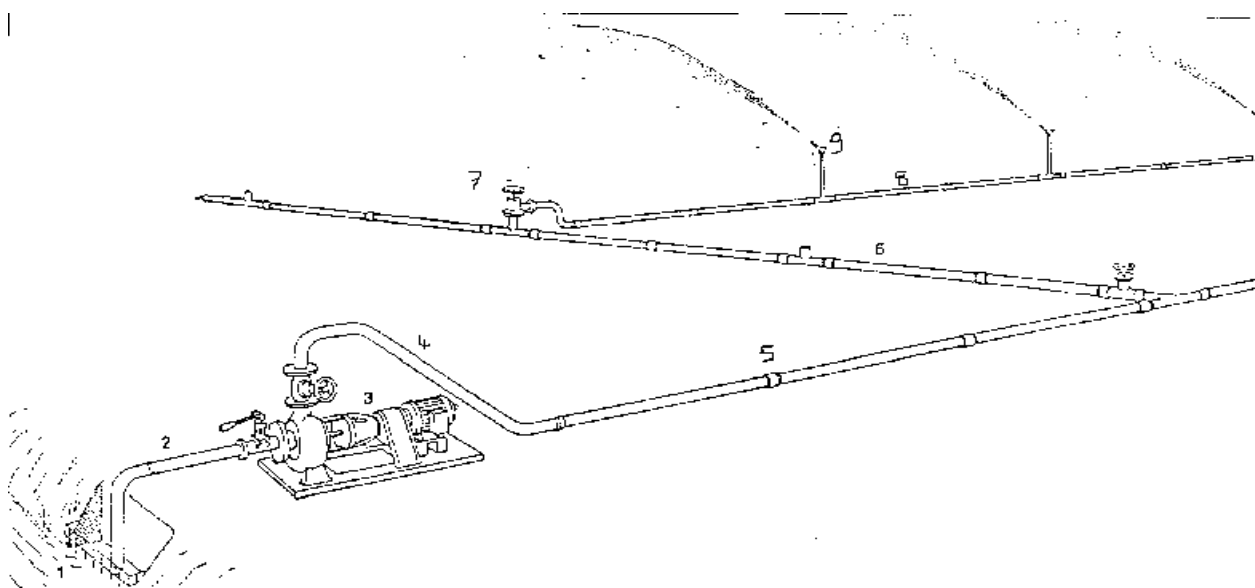
- ✓ matériel cher, à manier avec précaution et entretenir avec soin, ce qui exige une surveillance attentive: d'où des dépenses importantes d'investissement et d'entretien. En cas de pompage, il faut y ajouter l'investissement, l'exploitation et l'entretien de la station de pompage.

- ✓ méthode mal adaptée aux eaux salées,
- ✓ méthode très mal adaptée aux régions ventées,
- ✓ méthode mal adaptée aux sols dits "battants", surtout avec des asperseurs à grande portée. (grosses gouttes et forte pluviométrie),
- ✓ le lavage des feuilles oblige à renouveler les traitements phytosanitaires après chaque arrosage.
- ✓ des maladies cryptogamiques peuvent se développer si on laisse la nuit le feuillage humide.
- ✓ le déplacement du matériel mobile dans les cultures hautes peut être rebutant s'il est fait dans de mauvaises conditions (feuillage humide, pleine chaleur du jour). Il faut choisir les conditions favorables en laissant ressuyer le sol et sécher la végétation.

III.4.1.4.Eléments d'un réseau d'irrigation par aspersion

III.4.1.4.1.Différentes composantes d'une installation

A partir du point d'approvisionnement en eau (rivière, canal, puits, borne d'un réseau collectif ...) on installe un système de mise en pression, des canalisations de transport et un dispositif d'aspersion sur les parcelles à irriguer.



Légende:

- 1- Source d'eau
- 2- Canalisation d'alimentation
- 3- station de pompage

- 4 – canalisation de refoulement
- 5 – canalisation principale
- 6 – porte rampe

- 7 – robinet
- 8 – rampe
- 9 - asperseur

Fig. .III.1.Schéma d'une installation simple

III.4.2. Micro irrigation, irrigation en goutte à goutte, ou irrigation localisée

III.4.2.1 Caractéristiques générales

On appelle irrigation localisée les systèmes qui consistent :

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

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

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

Plusieurs techniques se sont développées :

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

III.4.2.2 Irrigation localisée par goutteurs

Les goutteurs délivrent ponctuellement de petits débits (2 à 12 L/h) sous une pression de l'ordre de 1 bar. Ils sont montés à de faibles espacements sur des tuyaux souples constituant les rampes d'arrosage posées sur le sol le long des rangs de la culture. Les débits délivrés s'infiltrent immédiatement.

Une grande variété de modèles de goutteurs est maintenant disponible sur le marché. La dissipation de la charge disponible dans la rampe est assurée soit par un orifice de faible diamètre (de l'ordre du millimètre), soit par un cheminement dans un long circuit.

Les rampes portant les goutteurs sont dimensionnées (diamètre et longueur) de manière à ce que la différence de débit entre les différents éléments n'excède pas 10 % du débit moyen.

Cette condition est adoptée par analogie avec un calcul d'une installation d'irrigation à la parcelle par aspersion. Compte tenu des caractéristiques des goutteurs, cela conduit à tolérer un maximum de différence de charge de :

- 10 à 15 % de la pression moyenne pour les goutteurs à long cheminement ;
- 20 % de la pression moyenne dans les goutteurs à régime
- turbulent.

On a toutefois assisté, ces dernières années, à un fort développement des goutteurs, dits autorégulant, qui admet des variations de pression.

III.4.2.3. Irrigation localisée par rampes perforées

Ce procédé, mis au point par la Compagnie Nationale d'Aménagement de la Région du Bas-Rhône et du Languedoc, constitue, en fait, une solution intermédiaire entre l'irrigation à la raie et l'irrigation par goutteurs.

Les rampes d'arrosage débitent dans les rigoles ouvertes à proximité des cultures. Ces sillons sont obturés par des diguettes en terre qui déterminent des biefs dont la longueur est de l'ordre de 4 à 7 m.

L'eau est délivrée à chaque bief par l'intermédiaire d'un ajutage calibré et pouvant être choisi dans une gamme de diamètres normalisés (1,2 à 2,1 mm). Les diamètres adoptés pour les

ajutages sont croissants d'amont en aval le long d'une rampe, de manière à obtenir un débit délivré constant à 10 % près. Chaque ajutage est équipé d'un manchon brise-jet.

La pression de service sur les ajutages est de 0,7 à 1,3 bar, et la rampe est généralement en polyéthylène noir d'un diamètre de 25 mm, avec une longueur pouvant aller jusqu'à 200 m. Le débit des ajutages varie de 45 à 100 L/h selon leur diamètre et pour une pression de service de 1 bar.

Pour une installation donnée, on choisira, à la suite d'expérimentation in situ, un débit d'ajutage en fonction du type de sol, de manière à ce qu'il soit suffisant pour que l'eau se répartisse régulièrement sur toute la longueur du bief, au cours d'un arrosage. Le débit d'une rampe varie, selon les sols, de 7 à 14 L/h · m.

III.4.2.4. Irrigation localisée par micro-aspersion

Il s'agit d'utiliser des mini-diffuseurs (micro jets, micro asperseurs, etc.) montés sur des tuyaux souples installés le long des rangs de culture, mais non posés sur le sol. Les débits délivrés ponctuellement sont plus importants qu'avec des goutteurs puisqu'ils sont, ainsi, souvent de 20 à 30 L/h pour les micros jets.

Cette technique connaît un essor important en arboriculture, ainsi que les micro-asperseurs sous frondaison (dont le débit est de 250 L/h environ).

À titre indicatif, le prix de revient à l'hectare (en 1989) est de l'ordre de 18 000 à 20 000 F pour une parcelle équipée de micro jets, et de 15 000 à 18 000 F en micro-aspersion (équipements 6 × 6 ou 6 × 8).

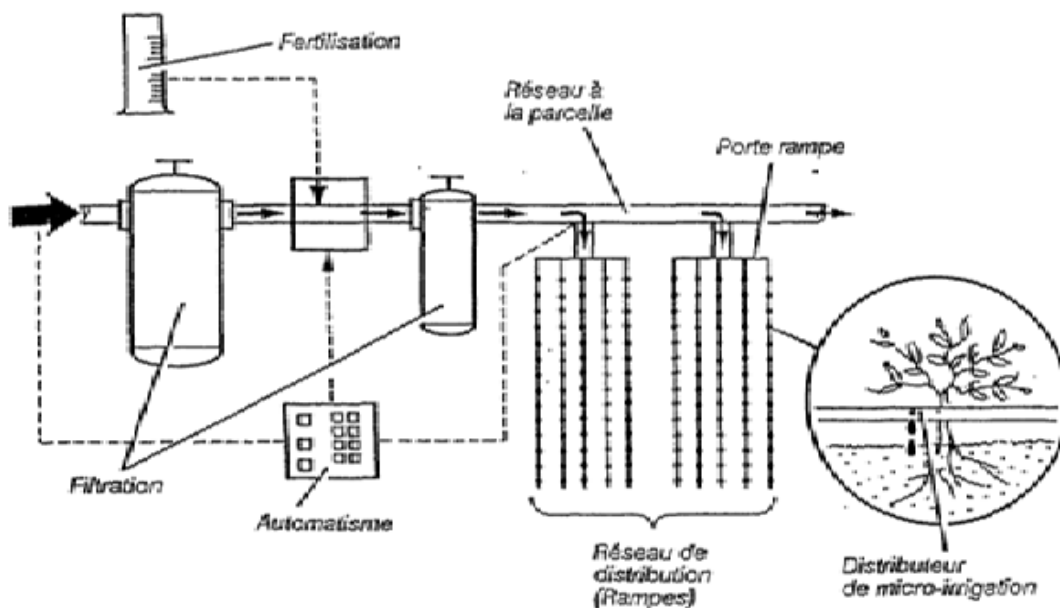


Fig.III.2. Schéma d'installation de la micro irrigation

III.4.3.Histoire de la micro irrigation en Algérie [07]

En Algérie, cette technique d'irrigation localisée est à ses débuts. Elle a été introduite et implantée dans quelques zones de manière disparate sans une prise en charge sérieuse par les services concernés et sans l'implication directe des spécialistes. Elle couvrirait actuellement quelques milliers d'hectares localisés en majorité dans le Sud du pays et dans les zones dominées par les cultures céréalières et sous serres. La partie Nord de l'Algérie qui représente moins de 10 % de la superficie du pays, enregistre 90 % de l'écoulement total en eau, le reste du territoire est caractérisé par une aridité chronique. Croissants (Anonyme, 1990 ; Kettab, 2002).

Les problèmes engendrés par les limites de gestion de la ressource en eau, du sol et de l'énergie ont conduit à de nouveaux concepts et de nouvelles techniques de répartition d'eau englobées sous le terme de « l'irrigation localisée ».

En considérant les superficies actuellement irriguées, celles potentiellement aptes à l'irrigation localisée et en prenant un taux de 50 % de la superficie occupée par les cultures maraîchères (soit 20 % de la SAU irriguée), 50 % de la superficie des cultures fruitières (19 % de la SAU irriguée), 50 % de la superficie des cultures industrielles (2,5 %) et 50 % de la superficie irriguée occupée par la vigne (0,5 %), on totalise 42 % de la SAU irriguée nationale soit 190145 ha. Ce chiffre peut être relevé à 80 % en y associant d'autres cultures (cultures sous serre et palmiers).

III.4.4.Composantes du système [08]

Un système intégral d'irrigation par goutte-à-goutte comprend un ouvrage de tête, des conduites principales et secondaires, des bornes, des adducteurs et des conduites latérales équipées de goutteurs.

a). L'ouvrage de tête (contrôle/commande)

Ses caractéristiques et équipements dépendent des besoins du système. Habituellement il comprend une vanne de sectionnement, des vannes de contrôle, une unité de filtrage, un injecteur d'engrais et d'autres petits accessoires.

b). Conduites principales et secondaires :

Elles sont généralement enterrées, surtout si elles sont en PVC rigide.

c). Les bornes :

Branchées sur les conduites principales et secondaires, elles sont munies de vannes de sectionnement de 2 ou 3 pouces, et peuvent fournir tout ou partie du débit alimentant les adducteurs. Elles sont placées dans des boîtes de soupapes où elles sont protégées.

d). Les adducteurs

Ce sont généralement des conduites de 50, 63 ou 75 mm de diamètre. S'ils sont en PEHD, ils restent en surface et sont reliés à la borne par des raccords de compression en PP.

e). Les conduites latérales à goutteurs

Elles sont toujours en PEFD noir flexible de 12–20 mm, PN 3 à 4 bars. Elles sont branchées sur l'adducteur, à des positions fixes, avec de petits raccords en PP, et posées le long des rangées de cultures. Elles sont équipées de goutteurs ou d'autres distributeurs espacés régulièrement.



Fig.III.3. Conduite principale, adducteur et conduites latérales avec goutteurs.

En général, le réseau de distribution (conduites principales, conduites secondaires et adducteurs) est constitué de tuyaux et raccords thermoplastiques (PVC, PE, PP, etc.) pour des pressions PN 6 et 10 bars. Toutefois, d'autres types de tuyaux peuvent être utilisés pour ces conduites, tels que les tuyaux en acier léger à raccord rapide. Dans le passé, des conduites en PVC rigide, assemblées de façon permanente et enterrées, servaient de conduites principales et secondaires avec des bornes implantées en surface aux endroits désirés. Plus récemment, des tuyaux en PEHD de 50–75 mm, PN 6 bars, posés en surface, ont été utilisés pour l'ensemble du réseau de distribution dans les petites exploitations. De plus grands diamètres de tuyaux en PE sont aussi disponibles, mais ils sont plus coûteux que les tuyaux rigides en PVC de même diamètre.

La pression de service variant entre 2 et 3 bars, tous les types d'irrigation par goutte-à-goutte sont classifiés comme systèmes localisés à basse pression, à installation fixe ou saisonnière.

f). Les distributeurs goutte-à-goutte (goutteurs)

Les goutteurs sont de petits distributeurs en plastique de haute qualité. Ils sont montés à intervalle régulier sur de petits tuyaux flexibles en PE. L'eau pénètre dans les goutteurs sous une pression d'environ 1 bar et ressort sans pression sous forme de gouttelettes continues avec un faible débit de 1 à 24 litres/heure. Les goutteurs sont divisés en deux principaux groupes selon la manière dont ils dissipent l'énergie (pression):

- type à orifice, avec une section d'écoulement de 0,2 à 0,35 mm²;

- type à circuit long avec une section d'écoulement plus grande de 1 à 4,5 mm².

Les deux types sont fabriqués avec différents mécanismes et principes de fonctionnement, tels qu'une diode à vortex, un diaphragme ou disque flottant pour les goutteurs à orifice, et un circuit en labyrinthe de diverses formes pour le type à circuit long. Tous les goutteurs actuellement disponibles sur le marché sont à écoulement turbulent.

Les goutteurs sont aussi caractérisés par le type de raccordement à la conduite latérale: en dérivation, par insertion dans la paroi du tube à l'aide d'un poinçon, ou en ligne, en tranchant le tube pour insérer le goutteur manuellement ou à l'aide d'un instrument.

Des goutteurs en dérivation à multiples sorties sont aussi disponibles avec des sorties à quatre ou six tubes de type «spaghetti».

Les spécifications suivantes doivent être données par le fournisseur:

- débit du goutteur pour la pression de fonctionnement recommandée, normalement 1 bar;
- type de raccordement;
- besoins en filtration;
- coefficient de variation (variabilité de fabrication des goutteurs).

Alors que certains types de goutteurs sont montés sur le tuyau en usine, d'autres peuvent être achetés séparément et montés sur le tuyau en fonction des besoins.

g). Gaines de micro-irrigation

Il s'agit de lignes de tuyaux à paroi mince avec des points d'émission espacés de 10, 20, 30 ou 45 cm ou tout autre espacement, fournissant de plus faibles débits que les goutteurs habituels à de très faibles pressions, c'est-à-dire 0,4 à 1 litre/heure sous 0,6 à 1 bar. Ce sont des tuyaux à goutteurs intégrés car les goutteurs sont posés dans les parois du tuyau à des intervalles fixés à la fabrication.

Ces gaines constituent des conduites latérales avec goutteurs prêtes à l'emploi qui offrent une uniformité d'application très élevée. Elles sont en PEFD ou en tout autre type de PE souple et existent en divers diamètres de 12 à 20 mm et en plusieurs épaisseurs de parois (0,1 à 1,25 mm). Grâce à un système de filtration incorporé dans le tube, elles sont moins sensibles au bouchage mécanique ou biologique que les goutteurs conventionnels

h). Tuyaux à parois poreuses :

Ces tuyaux de petit diamètre (environ 16 mm) sont des tubes flexibles à parois minces poreuses en fibres de PE, en PVC, en ABS, ou en caoutchouc. Ils permettent le passage à basse pression de l'eau et des éléments nutritifs par transpiration au travers du tube, qui vont irriguer les plantes. Le débit dans les tuyaux poreux n'est pas précis, car la dimension des pores est variable et instable. Ils sont utilisés comme tuyaux latéraux goutteurs en dessous de la surface. L'application de cette technique est limitée, bien qu'elle offre quelques avantages.

i). FILTRATION :

La filtration de l'eau d'irrigation est d'une importance majeure pour l'application normale de ce système. Les impuretés solides contenues dans l'eau doivent être éliminées par une filtration efficace pour éviter que les goutteurs ne soient endommagés par

engorgement. Le type de filtration dépend du type d'impuretés et du degré de filtrage requis.



Fig.III.4. types de goutteurs

III.4.5. Programmation de l'irrigation

En irrigation par goutte-à-goutte, le volume de sol de la zone racinaire n'est que partiellement humecté et la disponibilité d'humidité restreinte. Le tarissement de l'humidité du sol ne doit pas excéder 40 pour cent de l'humidité disponible du sol dans le dernier stade de croissance des légumes et des arbres fruitiers, et 20 à 30 pour cent dans les stades précédents pour les légumes. Toutefois, pour obtenir des rendements supérieurs, la pratique courante est d'irriguer chaque jour dans les derniers stades. Il est possible de programmer l'irrigation de manière appropriée en utilisant des tensiomètres pour indiquer la tension d'humidité du sol dans la zone racinaire. Celle-ci varie de 10 bars pour les sols légers à 25 bars pour les sols lourds.

III.4.6. Critères et considérations de conception

L'irrigation goutte-à-goutte est principalement appliquée aux cultures intensives plantées en rangées (légumes, arbres fruitiers, melons, bananes, papayes, fleurs, raisins, etc.). Elle n'est pas recommandée pour les pommes de terre, les salades, les légumes à feuilles, les

arachides, la luzerne, et les autres cultures à plantation dense, bien qu'elle puisse être parfois utilisée avec succès pour ces cultures.

Les goutteurs et/ou l'espacement des conduites latérales sont directement liés à l'espacement de plantation des cultures. Pour la plupart des cultures de légumes, l'espacement des goutteurs correspond à l'intervalle inter-cultures, c'est-à-dire un goutteur par plante et une conduite latérale de goutteurs par rang de plantes. Avec les gaines de micro-irrigation il existe plusieurs points de distribution par plante afin d'assurer une bande humide continue le long de la ligne de cultures; dans ce cas on dispose une gaine de micro-irrigation par rang de plantes.

En irrigation goutte-à-goutte, la plupart des légumes développent leurs principales racines dans les premiers 30 cm de profondeur du sol, en dessous du point de distribution de l'eau. Ainsi, si les cultures et les points de distribution sont peu espacés le long du rang, la plus grande partie du volume de sol pourra être suffisamment humidifiée avec des rendements des cultures optimaux.

Lorsque la culture est plantée de manière dense en planches, une conduite latérale de goutteurs pour deux rangs peut être mise en place avec de bons résultats. D'autres cultures plantées en doubles rangées (céleri, poivron et piment) sont aussi irriguées par une conduite latérale de goutteurs placée entre les rangs.

Dans les vergers où les arbres sont très espacés, l'espacement des goutteurs diffère de celui adopté pour les légumes. Comme la surface du sol n'est que partiellement mouillée, seule une partie du système racinaire est également mouillée. Le principal objectif est de mouiller le plus grand volume possible de sol par arbre (volume de système racinaire), pas moins de 35 pour cent, tout en évitant la percolation en profondeur, au-delà de 50–60 cm, qui est la profondeur moyenne des racines des arbres fruitiers sous irrigation goutte-à-goutte. Ce pourcentage de 35 pour cent correspond environ à une superficie de sol de 10 à 12 m², avec un espacement des arbres de 5 x 6m ou 6 x 6m. À partir de ce principe et des chiffres indicatifs sur l'épandage latéral de l'eau, les projets de conduites latérales avec goutteurs dans un verger d'arbres se fonderont sur les éléments suivants:

- ligne simple par rangée d'arbres, avec environ 4 à 8 goutteurs tous les 0,80 à 1,20 m le long de la ligne;
- tracé circulaire, ou en boucle autour de l'arbre. Cette disposition compte une ligne simple par rangée et, pour chaque arbre, soit une plus petite ligne d'extension avec cinq à huit goutteurs autour de l'arbre, soit un goutteur à multiples sorties avec quatre à six petits tubes s'étendant radialement autour de l'arbre. Le diamètre du cercle varie de 1,2 à 2,2 m. Les arbres nouvellement plantés peuvent être munis de deux goutteurs seulement de chaque côté du bassin, à 35–40 cm du tronc de l'arbre;
- double ligne par rangée de plantes. Ce schéma est appliqué dans les plantations de bananiers, avec deux lignes de goutteurs par rang d'arbres, une de chaque côté, implantées à environ 1,2 à 1,6 m de l'arbre. Les goutteurs le long de la ligne sont alors respectivement espacés de 0,7 à 1,2 m.

III.4.7. Avantages de l'irrigation localisée (goutte à goutte)

- Économie d'eau. La superficie plantée est partiellement humidifiée, mais précisément et avec une quantité d'eau contrôlée. Ainsi, de grandes quantités d'eau d'irrigation sont économisées et la superficie irriguée peut être accrue avec le même volume mobilisé, ce qui permet un revenu supérieur par unité de volume d'eau.

- Utilisation de ressources en eau salée. Le goutte-à-goutte permet de maintenir de faibles tensions d'humidité du sol dans la zone racinaire de manière continue avec des applications faibles mais fréquentes. Les sels dissous s'accumulent à la périphérie de la masse de sol humide et les plantes peuvent facilement puiser l'eau dont elles ont besoin. Ceci permet l'utilisation d'eaux contenant plus de 3 000 mg/l de quantité totale de matière dissoute, ce qui serait impossible avec d'autres méthodes.

- Utilisation sur des sols marginaux. De petites parcelles irrégulières marginales, éloignées en raison du morcellement des terres et présentant des topographies variables et des sols peu profonds très caillouteux, peuvent être productives avec les techniques de goutte-à-goutte qui livrent directement aux plantes les quantités nécessaires d'eau et d'éléments nutritifs.

- Les faibles besoins en main-d'œuvre, la surveillance restreinte de la culture, la lutte réduite contre les mauvaises herbes et le fonctionnement ininterrompu font également partie des avantages de la méthode.

III.4.8. Inconvénients de l'irrigation localisée (goutte à goutte)

- Coût initial assez élevé.
- Une gestion rationnelle de l'irrigation est indispensable pour un fonctionnement satisfaisant du système, l'application de la fertilisation et l'entretien de l'équipement de l'ouvrage de tête (filtres, injecteurs, etc.).

Engorgement des goutteurs. Le premier obstacle à la réussite de l'introduction des techniques d'irrigation par goutte-à-goutte dans les pays en voie de développement est le colmatage mécanique des goutteurs dû à un filtrage insuffisant des impuretés de l'eau d'irrigation

- Dommages potentiels causés par des animaux: Les rongeurs et les insectes peuvent causer des dommages à certains composants
- Coût d'investissement élevé :
- Contrôle difficile des goutteurs.
- Risque d'obstruction des goutteurs.
- Risque de salinisation
- Nécessite une main d'œuvre qualifiée.

III.4.9. Champ d'application du système en goutte à goutte

Les systèmes d'irrigation en goutte à goutte est de nos jours couramment utilisé pour les cultures suivantes :

- Cultures fruitières : Européennes, Méditerranéennes et Tropicales, sans aucune limitation ;
- Cultures maraîchères et florales de pleine terre : plein champ ou sous tunnels plastiques ;

- Cultures arbustives en pots ;
- Cultures hors – sol ; Grandes cultures : coton, canne à sucre, maïs, betteraves sucrières, tabac, bananiers, ... etc.)
- les cultures en rangs comme les melons, les asperges, les tomates, les oignons et les poivrons.
- Les petits fruits tels que fraises, mûres, et les framboises
- les jardins familiaux

III.5.Choix du système d'irrigation

La majeure partie de l'agriculture irriguée dans la région concerne des parcelles en horticulture au fond de la vallée en raison de la proximité des sources de pompage d'eau souterraine. La technique d'irrigation utilisée est l'irrigation superficielle à la raie. Souvent, pour les parcelles situées à accès facile (à proximité des voies d'accès), l'eau nécessaire est appliquée directement à partir des citernes. A noter que la perte d'eau de colature due à la technique de l'irrigation à la raie n'est pas négligeable, favorisant ainsi l'évaporation et donc l'accumulation de sels dans le sol.

La promotion des techniques modernes d'irrigation (technique d'irrigation goutte à goutte des vignobles) permettra l'économie de la ressource hydrique. L'aide technique (et financière) sera indispensable aux fellahs pour la gestion des systèmes d'irrigation et la prévention contre les risques liés à la salinité secondaire. Beaucoup de solutions intermédiaires existent entre ces deux pratiques, l'une traditionnelle (irrigation à la raie) et l'autre moderne des systèmes d'irrigation goutte à goutte.

Il est souhaitable, afin de favoriser l'utilisation des EUT, de proposer un prix raisonnable au-dessous du coût de l'eau des sources actuelles (forages agricoles ou directement des barrages existants).

On doit tenir compte de la possibilité de stockage des EUT d'irrigation devant répondre à une consommation maximale d'au moins dix-jours. Le choix du lieu du réservoir (généralement un bassin d'épuvalisation) sur les collines environnantes facilitant l'irrigation gravitaire des périmètres d'irrigation.

A noter que l'épuvalisation (ou le stockage en bassins) constitue un traitement approprié pour optimiser les eaux traitées avant leur utilisation en agriculture : amélioration de la qualité bactériologique (et par conséquent de la qualité des productions agricoles) et réduction des nitrates (qui peuvent causer la pollution de la nappe phréatique).

Toutefois, les modèles de matériel utilisé (systèmes goutte à goutte) doit être correctement choisi et leur obturation est fréquente par les eaux traitées par épuvalisation.

En plus les risques sanitaires liés aux MTH sont minimes sous irrigation localisée (goutte à goutte) comme le montre le tableau III.1 suivant.

Tableau.III.1. Avantages et inconvénients des différentes Méthodes de réutilisation des EUT en terme de risques de MTH, efficacité d'utilisation de l'eau et coûts

| Technique d'irrigation | Avantages | Inconvénients |
|----------------------------|---|---|
| Irrigation à la raie | Faibles coûts ; faible niveau de risque potentiel élevé de traitement des eaux usées requis | sur la santé des ouvriers au champ, des consommateurs ; restrictions sur les cultures ; rendement faible |
| Irrigation par aspersion | Moyenne efficacité de réutilisation des EUT | Coûts élevés de traitement ; risques potentiels sur la santé des ouvriers, des habitants locaux, et des consommateurs si les cultures sont consommées crues |
| Irrigation goutte à goutte | Risques sanitaires faibles Efficacité élevée de Réutilisation des EUT | Coûts élevés de traitement |

III.6.Cultures irrigables

Dans le cas de la STEP de Aïn Témouchent, au procédé aboutissant au traitement tertiaire de désinfection, l'utilisation des EUT est rentable pour la production maraîchère : effets agronomiques positifs, réduction des déversements dans l'oued et des taxes. Sous le climat de la région, les irrigations par les EUT sur les diverses cultures peuvent être réalisées. Le tableau en annexe III, Donne les différentes cultures sensibles à la salinité ($EC_w=2.5$ mmhos/cm ; $EC_s=3.75$ mmhos/cm). La réutilisation des EUT peut, compte tenu de la qualité égale ou plus mauvaise des eaux souterraines actuellement utilisées, donner des rendements plus supérieurs sous irrigation avec les EUT par rapport à l'eau de la nappe. Ceci doit être jugé bénéfique pour la préservation de l'environnement en réduisant les quantités d'eaux déversées dans les cours d'eau et en préservant les ressources hydriques conventionnelles.

Les sous-produits de l'olivier sont aussi une source potentielle de revenus complémentaires susceptibles de contribuer à l'amélioration de la rentabilité des exploitations oléicoles. Ils constituent une source d'approvisionnement en aliments de bétail (feuilles et brindilles, grignon), en énergie (combustion du bois de aille, biométhane des margines, etc.), en fertilisants (margines, grignons, etc.) et en bois (panneaux, gros bois de taille, etc.). Notre choix est basé sur la liste des cultures pouvant être irriguées par les EUT établi par le ministère des ressources en eau voir annexe.III.2.

Chapitre III Revue bibliographique sur l'irrigation sous pression

. Conclusion

Au cours de ce chapitre nous avons présenté toute une synthèse bibliographique sur l'irrigation sous pression et gravitaire où nous pouvons par conséquent conclure que la technique d'irrigation en goutte à goutte demeure plus rentable et plus concrétisable par rapport à l'aspersion et à l'irrigation gravitaire vus les avantages qu'elle offre surtout en terme d'efficacité et de facilité d'exploitation du moment qu'on utilise les EUT.

CHAPITRE IV

Etude Hydrologique

Introduction

L'hydrologie est une science qui étudie la phase du cycle de l'eau qui débute avec l'arrivée de celle-ci sur la surface de la terre. Elle englobe les précipitations, les eaux de surface, l'évaporation et l'évapotranspiration, les eaux souterraines. C'est ainsi que l'on peut distinguer l'hydrologie de surface de l'hydrologie souterraines. L'hydrologie de surface comprend :

- Hydrologie fluviale qui traite le problème de la dynamique des eaux ainsi que des propriétés physiques, mécaniques et chimiques eaux de rivières ;
- La glaciologie qui étudie les eaux de rétention à l'état solide ;
- La limnologie qui étudie les systèmes à l'état lacustre (lac).

Le dimensionnement, la sécurité et la bonne exploitation des ouvrages hydrauliques sont toujours liés à une évaluation saine non seulement des débits disponibles en moyenne mais surtout des débits extrêmes (crue-étiage).[09]

IV.1. Etude hydrologique

Au 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 sûr 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.

IV.1.1. Homogénéité de la série pluviométrique

La série à laquelle nous faisons allusion cette partie est la série enregistrée au niveau de la station pluviométrique de Chaabat El Lham code (4-02-08), les valeurs de cette série sont représentées dans le tableau.IV.1.1

Cette série est caractérisée par le fait qu'elle s'étend sur une durée d'observation de 32 ans ce qui nous permettra de bien apprécier les variations de la pluviométrie au niveau de la région.

Donc comme nous l'avons précédemment dit, nous allons dans cette partie tester l'homogénéité de cette série afin de détecter et de corriger les anomalies où les valeurs erronées qui peuvent exister. Pour cela nous allons utiliser le test de Wilcoxon.

IV.1.1.1. Test de Wilcoxon

Ce test consiste à diviser la série pluviométrique d'origine en deux sous séries X et Y de telle sorte que N1 et N2 représente respectivement la taille des deux sous séries, (généralement on prend $N2 > N1$).

Nous allons par la suite classer les valeurs de la série pluviométrique d'origine par ordre croissant en prenant le soin d'attribuer pour chaque valeur son rang et le nom de la sous série à laquelle elle appartient.

Tableau.IV.1.pluie moyennes mensuelles et annuelles observées au niveau de la station pluviométrique de Chaabat El Lham durant la période allant de 1973 à 2004

| Année | sept | oct | nov | dec | janv | fev | mars | avril | mai | juin | juil | aout | Annuel |
|-----------------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| 1973 | 28,9 | 5,3 | 13,1 | 96 | 1,4 | 126,5 | 214,2 | 84,6 | 0 | 3,2 | 0 | 0 | 573,2 |
| 1974 | 18,4 | 35 | 19,3 | 0 | 9,5 | 69,1 | 96,5 | 279,3 | 57 | 6,8 | 0 | 11,3 | 602,2 |
| 1975 | 22,2 | 4,7 | 99,3 | 9 | 45,2 | 89,5 | 31,5 | 137,5 | 80,7 | 15,4 | 7,6 | 15,8 | 558,4 |
| 1976 | 36,7 | 65,2 | 26,9 | 64,5 | 102,5 | 36 | 41,8 | 7,2 | 46,3 | 4,2 | 12,5 | 14,6 | 458,4 |
| 1977 | 0 | 26,8 | 110,3 | 16,2 | 70,1 | 11,8 | 38,2 | 79,2 | 27,2 | 0 | 0 | 0 | 379,8 |
| 1978 | 0 | 66 | 47 | 12,5 | 23,1 | 142,7 | 38,8 | 25,8 | 16,9 | 2,2 | 5,4 | 0 | 380,4 |
| 1979 | 20,9 | 74,2 | 79,3 | 64,4 | 9,3 | 74,3 | 104,8 | 29,8 | 15,3 | 0 | 0 | 0,6 | 472,9 |
| 1980 | 16 | 31,4 | 40,2 | 204,3 | 18,7 | 73,4 | 53,6 | 60,8 | 10,7 | 47,6 | 0 | 2,5 | 559,2 |
| 1981 | 6,4 | 0,4 | 0 | 16,4 | 24,4 | 55 | 1,3 | 67,7 | 41,9 | 5,5 | 0 | 10 | 229 |
| 1982 | 1,2 | 22,2 | 0 | 51,5 | 0 | 23,7 | 16,1 | 10,3 | 11,7 | 0 | 0,7 | 0,5 | 137,9 |
| 1983 | 0 | 0 | 15,3 | 77,3 | 44,7 | 39,8 | 29,9 | 12,6 | 88,1 | 3,2 | 0 | 0 | 310,9 |
| 1984 | 10 | 1,1 | 107,2 | 28,4 | 45,2 | 20,3 | 54 | 21,4 | 51,7 | 0 | 0 | 0 | 339,3 |
| 1985 | 9,8 | 0,8 | 55 | 45 | 79,9 | 86,3 | 76,9 | 40,2 | 2,5 | 8 | 0 | 6,8 | 411,2 |
| 1986 | 28,3 | 30,2 | 87,1 | 35,9 | 36,5 | 146,9 | 18,6 | 2,2 | 12,5 | 2,4 | 25,7 | 6,9 | 433,2 |
| 1987 | 4,7 | 34,4 | 26,1 | 30,8 | 25,3 | 31,6 | 7,1 | 28,9 | 28,9 | 7,7 | 0,9 | 0 | 226,4 |
| 1988 | 17,8 | 11,1 | 44,8 | 8,5 | 19,1 | 23,4 | 178 | 35,9 | 26,1 | 5,2 | 2,1 | 12,6 | 384,6 |
| 1989 | 10,2 | 6 | 15,8 | 38,3 | 144,9 | 0 | 25 | 65,8 | 16,7 | 5,2 | 3 | 0,3 | 331,2 |
| 1990 | 17,5 | 10,5 | 41 | 80 | 36,9 | 65,7 | 158,9 | 4,9 | 23 | 0 | 0 | 0,5 | 438,9 |
| 1991 | 31,1 | 42,2 | 13,9 | 32,7 | 15,6 | 21,7 | 101,7 | 83,3 | 124 | 30,9 | 1 | 1,4 | 499,5 |
| 1992 | 0,6 | 19,1 | 33,5 | 21,2 | 0 | 70 | 16,6 | 71,5 | 88,5 | 0 | 0 | 1 | 322 |
| 1993 | 9 | 2 | 71,3 | 3,5 | 100,3 | 57,4 | 6,2 | 19,3 | 22,2 | 0,2 | 5,6 | 0 | 297 |
| 1994 | 36,9 | 30,8 | 33,2 | 13,5 | 28,7 | 68,2 | 176,9 | 15,1 | 1,1 | 9 | 0 | 3,2 | 416,6 |
| 1995 | 12,3 | 32,3 | 19,8 | 63,8 | 75,2 | 94,8 | 100,4 | 41,5 | 46,3 | 5,3 | 3,1 | 3,6 | 498,4 |
| 1996 | 36,1 | 39,8 | 0,8 | 32,3 | 102,3 | 0 | 0,2 | 148 | 14,3 | 3,7 | 0,6 | 12,1 | 390,2 |
| 1997 | 78,7 | 38,5 | 57,6 | 67,3 | 30,1 | 44,5 | 45,3 | 23,2 | 77,8 | 0,4 | 0,6 | 0,7 | 464,7 |
| 1998 | 13,9 | 6,5 | 47,5 | 11 | 107,8 | 69,6 | 93,6 | 0 | 0 | 2,3 | 0 | 0 | 352,2 |
| 1999 | 26,9 | 24,9 | 73,9 | 74,7 | 0 | 0 | 4,8 | 11,4 | 38,5 | 0 | 0 | 0 | 255,1 |
| 2000 | 14,4 | 77,2 | 69 | 39,5 | 65,7 | 48,4 | 6,9 | 4 | 9,2 | 4 | 0,8 | 0 | 339,1 |
| 2001 | 25,2 | 38,6 | 150,8 | 30,7 | 1,8 | 7,3 | 27 | 121,7 | 75,1 | 1 | 0 | 28,2 | 507,4 |
| 2002 | 0 | 21,8 | 97 | 20,4 | 104,6 | 84,9 | 16,8 | 28,8 | 13,8 | 3,1 | 0 | 0,1 | 391,3 |
| 2003 | 8,9 | 33,2 | 53,9 | 108,4 | 45,3 | 23,2 | 75,5 | 37,3 | 75,2 | 9 | 1,2 | 0,6 | 471,7 |
| 2004 | 4,1 | 31,7 | 35,6 | 88 | 21,3 | 70,3 | 55,5 | 19,1 | 4,9 | 1,1 | 0,2 | 0,5 | 332,3 |
| Moyennes | 17,1 | 27 | 49,55 | 46,44 | 44,86 | 55,51 | 59,77 | 50,57 | 35,88 | 5,831 | 2,219 | 4,181 | 398,9 |

Une fois que ces opérations sont terminées nous allons passer au test de Wilcoxon selon lequel une série est homogène avec une probabilité de 95% si :

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

$$W_x = |Rang|_x$$

W_x : Somme des rangs des sous séries.

$$W_{\min} = \left[\left(\frac{(N_1 + N_2 + 1) \times N_1 - 1}{2} \right) - 1,96x \left(\frac{N_1 \times N_2 (N_1 + N_2 + 1)}{12} \right)^{0,5} \right]$$

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

Après l'application nous avons obtenu les résultats suivants :

- $N_1 = 15$
- $N_2 = 17$
- $W_x = 257$
- $W_y = 271$
- $W_{\min} = 103.86$
- $W_{\max} = 391.14$

A partir des résultats ainsi obtenus nous constatons que le test de Wilcoxon selon lequel une série est considérée comme étant homogène avec une probabilité de 95% que si la somme des rangs de la sous série x (W_x), est comprise entre les valeur W_{\min} et de W_{\max} .

Ce qui dans notre cas est vérifié, donc pour conclure on peut dire que notre série est homogène.

Après avoir vérifié l'homogénéité de notre série, il faudra choisir une loi de probabilité susceptible de s'ajuster d'une manière à notre échantillon. C'est à partir de loi, que l'on pourra estimer analytiquement ou graphiquement la valeur de la pluie moyenne annuelle d'une fréquence 80% avec une période de retour 5 ans, valeur à partir de laquelle nous pourrons estimer la pluie moyenne mensuelle de fréquence 80% sur la même période de retour.

IV.1.2. Choix de la loi d'ajustement

Pour ce choix nous sommes basés sur la comparaison entre les différentes courbes d'ajustement. Il s'est avéré que l'ajustement à la loi de gauss le plus juste.

IV.1.2.1. Ajustement à la loi de gausse

La loi de Gauss est une loi qui admet la fonction ci-dessous comme fonction de répartition

$$F(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-\frac{1}{2}u^2}$$

Avec :

$F(x)$: fonction de répartition

U : variable réduite de Gauss cette variable est donnée par la formule ci-dessous

$$u = \frac{x - \bar{x}}{\sigma}$$

A partir de cette formule nous donnons la variable réduite de Gauss, on peut obtenir l'équation de la droite d'Henri, qui correspondent à une valeur donnée de la fréquence. Equation de la droite d'Henri :

$$x = \bar{x} + \sigma u$$

Avec : \bar{x} : La moyenne arithmétique.

σ : L'écart type.

IV.1.2.1.1. Procédure d'ajustement à la loi de gausse

Dans notre cas nous avons une série de 32 valeurs pluviométrique, qui doivent être ajustées à une loi théorique à savoir la loi de Gauss (loi normale), afin de déterminer les précipitations en période sèche « P » qui correspondent à la fréquence $P\% = 80\%$. Pour cela nous devons suivre les étapes ci-dessous :

Calcul des caractéristiques de l'échantillon à savoir :

La moyenne arithmétique : $\bar{X} = \sum \frac{X_i}{n}$

L'écart type : $\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}}$

La variable réduite de Gauss : $\mu = \frac{X - \bar{X}}{\sigma}$

Avec : M : Numéro d'ordre.

N : Numéro d'années d'observation.

Pour faire l'ajustement nous avons utilisé le logiciel « Hydrolab » développé à l'université de Nice (France) par le C.N.R.S (Centre Nationale De Recherche Scientifique) ce logiciel nous a permis de tracer le graphique d'ajustement et de déterminer les principales caractéristiques de la série pluviométrique. Les résultats sont résumés dans le tableau

Tableau.IV.2. Récapitulatif des caractéristiques de la série pluviométrique moyenne annuelle (mm) station de Chaabat El Lham

| Récapitulatif des caractéristiques de la série | |
|--|--------|
| Minimum | 2.22 |
| Maximum | 59.77 |
| Moyenne | 398.9 |
| Ecart-type | 108.86 |
| Coefficient de variation (Cv) | 0.30 |
| Coefficient d'asymétrie (Cs) | 0.22 |

Tableau. IV.3. résultats d'ajustement interannuels à la loi normale de Gauss.

| Taille | 32 | Moyenne=398,89375 | | | | | | |
|-------------------|------------------|-----------------------|-------------------------|------------------|----------------------|------------------|------------------|------------------|
| | | Ecart-type=108,859667 | | | | I.C. à (en%)=80 | | U Gauss=1,2817 |
| Valeurs de départ | Valeurs classées | Ordre de classement | Fréquence expérimentale | Variable réduite | Valeur expérimentale | Valeur théorique | Borne inférieure | Borne supérieure |
| 573,2 | 137,9 | 1 | 0,0156 | -2,154 | 137,9 | 164,375408 | 112,066615 | 204,327212 |
| 602,2 | 226,4 | 2 | 0,0469 | -1,676 | 226,4 | 216,411417 | 172,344799 | 250,862872 |
| 558,4 | 229 | 3 | 0,0781 | -1,418 | 229 | 244,524787 | 204,608084 | 276,307645 |
| 458,4 | 255,1 | 4 | 0,1094 | -1,230 | 255,1 | 264,996183 | 227,918024 | 295,019156 |
| 379,8 | 297 | 5 | 0,1406 | -1,078 | 297 | 281,592419 | 246,675754 | 310,328367 |
| 380,4 | 310,9 | 6 | 0,1719 | -0,947 | 310,9 | 295,83564 | 262,656668 | 323,584386 |
| 472,9 | 322 | 7 | 0,2031 | -0,830 | 322 | 308,503544 | 276,766014 | 335,47833 |
| 559,2 | 331,2 | 8 | 0,2344 | -0,724 | 331,2 | 320,05183 | 289,532841 | 346,416565 |
| 229 | 332,3 | 9 | 0,2656 | -0,626 | 332,3 | 330,773393 | 301,295988 | 356,661473 |
| 137,9 | 339,1 | 10 | 0,2969 | -0,533 | 339,1 | 340,869826 | 312,287574 | 366,394744 |
| 310,9 | 339,3 | 11 | 0,3281 | -0,445 | 339,3 | 350,487669 | 322,675281 | 375,749495 |
| 339,3 | 352,2 | 12 | 0,3594 | -0,360 | 352,2 | 359,738491 | 332,585756 | 384,8281 |
| 411,2 | 379,8 | 13 | 0,3906 | -0,277 | 379,8 | 368,710863 | 342,118519 | 393,712843 |
| 433,2 | 380,4 | 14 | 0,4219 | -0,197 | 380,4 | 377,477929 | 351,354734 | 402,472704 |
| 226,4 | 384,6 | 15 | 0,4531 | -0,118 | 384,6 | 386,102499 | 360,363058 | 411,167958 |
| 384,6 | 390,2 | 16 | 0,4844 | -0,039 | 390,2 | 394,640677 | 369,203749 | 419,853506 |
| 331,2 | 391,3 | 17 | 0,5156 | 0,039 | 391,3 | 403,146823 | 377,933994 | 428,583751 |
| 438,9 | 411,2 | 18 | 0,5469 | 0,118 | 411,2 | 411,685001 | 386,619542 | 437,424442 |
| 499,5 | 416,6 | 19 | 0,5781 | 0,197 | 416,6 | 420,309571 | 395,314796 | 446,432766 |
| 322 | 433,2 | 20 | 0,6094 | 0,277 | 433,2 | 429,076637 | 404,074657 | 455,668981 |
| 297 | 438,9 | 21 | 0,6406 | 0,360 | 438,9 | 438,049009 | 412,9594 | 465,201744 |
| 416,6 | 458,4 | 22 | 0,6719 | 0,445 | 458,4 | 447,299831 | 422,038005 | 475,112219 |
| 498,4 | 464,7 | 23 | 0,7031 | 0,533 | 464,7 | 456,917674 | 431,392756 | 485,499926 |
| 390,2 | 471,7 | 24 | 0,7344 | 0,626 | 471,7 | 467,014107 | 441,126027 | 496,491512 |
| 464,7 | 472,9 | 25 | 0,7656 | 0,724 | 472,9 | 477,73567 | 451,370935 | 508,254659 |
| 352,2 | 498,4 | 26 | 0,7969 | 0,830 | 498,4 | 489,283956 | 462,30917 | 521,021486 |
| 255,1 | 499,5 | 27 | 0,8281 | 0,947 | 499,5 | 501,95186 | 474,203114 | 535,130832 |
| 339,1 | 507,4 | 28 | 0,8594 | 1,078 | 507,4 | 516,195081 | 487,459133 | 551,111746 |
| 507,4 | 558,4 | 29 | 0,8906 | 1,230 | 558,4 | 532,791317 | 502,768344 | 569,869476 |
| 391,3 | 559,2 | 30 | 0,9219 | 1,418 | 559,2 | 553,262713 | 521,479855 | 593,179416 |
| 471,7 | 573,2 | 31 | 0,9531 | 1,676 | 573,2 | 581,376083 | 546,924628 | 625,442701 |
| 332,3 | 602,2 | 32 | 0,9844 | 2,154 | 602,2 | 633,412092 | 593,460288 | 685,720885 |

| Fréquence | U.Gauss | Val.théo. | Borne inf. | Borne sup. | Valeur | Fréq. théo. | Pér. Ret. |
|-----------|---------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-----------|
| 0,2 | -0,841 | 307,2930521 | 275,4223493 | 334,3372292 | 307,2930521 | 0,200 | 1,3 |
| 0,5 | 0,000 | 398,893761 | 373,5785412 | 424,2089813 | 389,893761 | 0,467 | 1,9 |
| 0,8 | 0,841 | 490,494448 | 463,450271 | 522,365151 | 490,494448 | 0,800 | 5,0 |

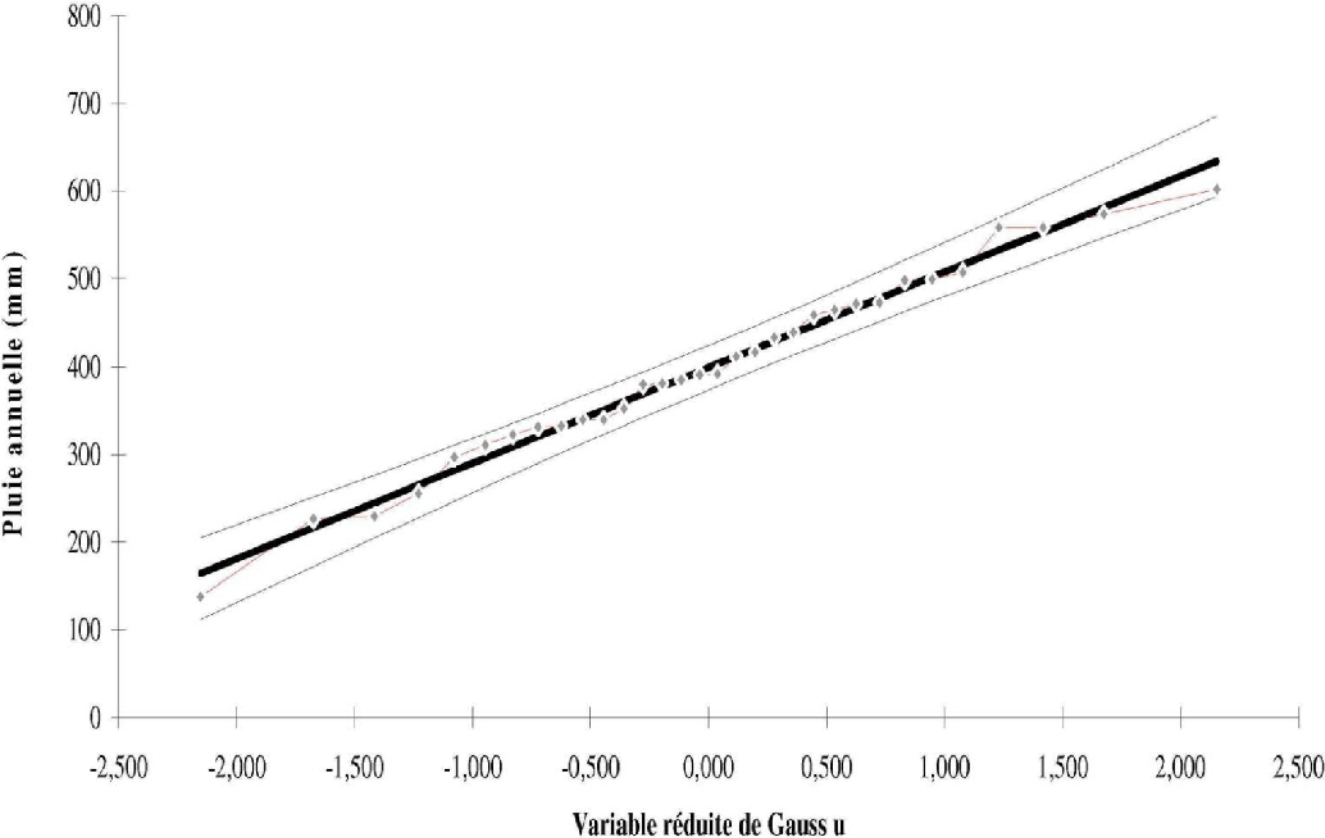


Fig.IV.1. Graphique d'ajustement d'une loi normale aux pluies moyennes annuelle Station Chaabat El Lham code (4-02-08).

Pour ce qui est de l'estimation de la pluviométrie moyenne mensuelle représentative de la zone, nous allons nous référer à l'année sèche de fréquence 80%. Avec une période de retour de 5 ans. Pour cela nous allons utiliser la formule ci-dessous.

$$P_{i.moy.80} = \frac{P_{sec,80}}{P_{moy}} * P_{i.moy}$$

Avec :

P_{i.moy.80%} pluie moyenne du mois « i » avec une fréquence de 80%.

P_i: moyenne de pluies du mois « i » sur une période de 32 ans.

P_{sec 80%} pluie annuelle estimée pour une fréquence de 80% (P_{sec-80%} =490.5)

P_{moy} : pluie annuelle pour les 32 ans (P_{moy}=398.9).

Tableau N° IV.18 : la pluie moyenne mensuelle de fréquence 80% pour une période sèche (zone de périmètre de Hennaya).

| Mois | S | O | N | D | J | F | M | A | M | J | J | A |
|--------------------------|--------|------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|
| P _i ' (mm) | 21,023 | 33,2 | 60,92 | 57,1 | 55,16 | 68,26 | 73,49 | 62,19 | 44,12 | 7,17 | 2,728 | 5,141 |

Conclusion :

Nous remarquons sur le graphique IV.1.ci-dessous que toutes les valeurs observées sont toutes très proche de la droite d'ajustement (droite d'Henri). Ce que signifie que nous avons une bonne corrélation et que la loi d'ajustement considérée est bonne.

CHAPITRE V

Evaluation des besoins en eau des cultures

Introduction

La mise en place d'un système d'irrigation ne s'improvise pas. Une série d'éléments sont à prendre en considération, depuis la conception du projet jusqu'au processus de gestion à long terme des installations.

Lors de la mise en place d'un système d'irrigation, l'ordre logique des démarches à suivre est le suivant:

- évaluation des besoins en eau des plantes cultivées;
- détermination des doses et de la fréquence des arrosages;
- choix, dimensionnement et budgétisation du système d'irrigation.

Un logiciel d'aide à la gestion de l'irrigation a été mis au point par la FAO. Ce logiciel permet le calcul des besoins en eau et des quantités d'eau d'irrigation nécessaires aux cultures. Il offre également la possibilité de développer un calendrier d'irrigation en fonction de diverses pratiques culturales, d'évaluer les effets du manque d'eau sur les cultures et l'efficacité de différentes pratiques d'irrigation.

L'approche de la F.A.O exprime cette quantité en fonction de l'évapotranspiration de référence (ET_o) qui traduit la demande climatique et les caractéristiques de la culture. Ces derniers dépendent de l'espèce, de la variété, de l'âge, du stade phénologique et du mode de conduite et sont représentés par un coefficient dit cultural K_c

$$ET_c (mm) = K_c * ET_o (mm)$$

V.1. Calcul des besoins en eau du périmètre

Les besoins en eau du périmètre comprennent:

1. les besoins nets en eau d'irrigation : c'est la quantité d'eau qui sera nécessaire pour assurer de bonne condition hydrique pour chaque culture.
2. les volumes d'eau perdus au niveau du réseau d'alimentation du périmètre, ou par la non uniformité de la répartition de l'eau lors des irrigations, ce volume doit être quantifié et additionné aux besoins nets pour définir les besoins bruts périmètre.
3. le volume d'eau nécessaire pour lessiver les sols contenus dans le sol.

V.1.1. Calcul des besoins nets en eaux d'irrigation. (B_n)

On définit les besoins nets en eaux d'irrigation, noté B_n , comme étant le volume d'eau qui devra être apporté par irrigation en complément à la pluviométrie et éventuellement à d'autres ressources telle que la réserve en eau initiale dans le sol. Dans le but de compenser les pertes dues à l'évapotranspiration de la culture (ETS), dite également évapotranspiration réelle (ETR).

Le calcul des besoins nets en eaux d'irrigation se fait par la formel ci-dessous.

$$B_n = ETR - (P_e + R_{fu}).$$

Avec:

B_n : Besoins nets en eau d'irrigation, en mm ou m^3/ha .

ETR: évapotranspiration réel, ou dite de culture (ETC), en mm ou m^3/ha .

R initiale: réserve initiale en eau dans le sol en mm ou m³/ha. Négligeable en début de cycle.

Pe: la pluie efficace est la fraction de pluie qui contribue à l'alimentation de la plante.

V.1.1.1.Méthodes d'évaluation d'évapotranspiration

L'évapotranspiration potentielle peut être évaluée selon plusieurs possibilités parmi lesquelles :

- L'évapotranspiromètre
- Les stations expérimentales
- Méthode de bilan hydrique
- Méthode de bilan thermique
- Formules empiriques

Il existe plusieurs formules empiriques parmi lesquelles :

- Formule de BLANEY-CRIDDLE
- Formule de TURC
- Formule de PENMAN

a) Formule de BLANEY-CRIDDLE

Elle a été établie et donné des résultats satisfaisantes pour les régions arides et semi – arides, elle s'exprime par la formule suivante :

$$ETP = P \times K \times (0.457 \times T + 8.13)$$

Avec :

ETP : Evapotranspiration potentielle en mm / jour

P : Pourcentage de la durée mensuelle de l'éclairement rapporté à la durée annuelle et ne dépend que de latitude

K : Coefficient qui est fonction de la culture et de la zone climatique.

T : Température moyenne mensuelle en (°c)

b) Formule de TURC (France 1960)

Si l'humidité relative de l'air est supérieure à 50 %, l'évapotranspiration potentielle est donnée par :

$$ETP = 0.40 (I_g + 50) \times \frac{T}{T+15} \quad \text{en (mm/mois).}$$

Avec :

T : Température moyenne de la période considérée en °c

I_g: Radiation globale du mois considéré en (cal / cm² / j), selon TURC, le coefficient 0.40 est réduit à 0.37 pour le mois de février .

Si l'humidité relative de l'air est inférieure à 50 %, l'ETP est donnée par :

$$ETP = 0.40 (I_g + 50) \times \frac{T}{T+15} \times \left(1 + \frac{50 - H_r}{70}\right)$$

Avec :

T : Température moyenne de la période considéré en °c.

H_r : L'humidité de l'air en %

I_g : Radiation globale en (cal / cm² / jour)

Telque :

$$I_g = I_{gA} \times (0.18 + 0.62 \times \frac{h}{H})$$

Avec :

I_{gA} : Radiation maximale théorique

H : Durée astronomique de jour en (heure / mois)

h : la durée d'insolation en (heure / mois)

C- Penman et Monteith modifiée.

Sur la base des résultats de plusieurs études, notamment celle de Jensen (1990), la consultation d'experts menée par la FAO sur les méthodologies d'estimation des besoins en eau des cultures (Smith 1992), a conduit à recommander la méthode de PenmanMonteith modifiée comme méthode privilégiée l'estimation de ETo du gazon.

- La formule de M^rPenman et Montheit modifiée se présentant comme suit:

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

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

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

R_n : rayonnement net évaporation équivalente exprimé en mm/ jr

F(u) : fonction liée au vent.

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

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

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

Le calcul de l'évapotranspiration de référence est effectué à l'aide d'un logiciel appelé CROPWAT 8.0, fondé sur la méthode de M^rPenman et Montheit modifiée et recommandée par la consultation des experts de la FAO tenue à Rome en Mai 1990.

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
- La vitesse du vent en m /s

Le calcul de l'évapotranspiration de référence ETO a été calculé à l'aide du logiciel Cropwat8.0 établi par la F.A.O, les résultats obtenus sont résumés dans le tableau N°V11.4:

Tableau.V.1.: Evapotranspiration de référence au niveau du périmètre de Chaabat El HAM

| Evapotranspiration de référence (ET _o) (Penman et Monteith) | | | | | | |
|---|-------------------|---------------|-------------------------------|---------------------|--------------------------------|----------------|
| Pays: ALGERIE Station climatique : Chabaat El Lham code (4-02-08) | | | | | | |
| Mois | Température °c | Humidité % | Vitesse du vent Km/jour | Insolation heurs | Radiation Mj/m ² | ETO mm/jour |
| septembre | 22.6 | 64 | 177 | 8.9 | 19.5 | 4.0 |
| Octobre | 18.5 | 68 | 127 | 10.7 | 18.3 | 2.8 |
| Novembre | 14.4 | 70 | 136 | 8.8 | 13.1 | 1.7 |
| Décembre | 11.0 | 74 | 101 | 5.7 | 9.0 | 1.0 |
| Janvier | 10.2 | 73 | 125 | 6.3 | 10.2 | 1.20 |
| Février | 11.3 | 72 | 164 | 6.6 | 12.8 | 1.8 |
| Mars | 12.7 | 70 | 229 | 7.3 | 16.5 | 1.7 |
| Avril | 14.6 | 68 | 223 | 8.2 | 20.3 | 3.4 |
| Mai | 17.7 | 66 | 168 | 9.4 | 23.6 | 4.1 |
| Juin | 21.3 | 62 | 143 | 10.4 | 25.5 | 4.9 |
| Juillet | 24.9 | 61 | 171 | 11.1 | 26.2 | 5.6 |
| Août | 25.6 | 60 | 158 | 10.3 | 23.8 | 5.2 |
| Ann | 17.1 | 67 | 160 | 8.6 | 18.2 | 3.1 |

V.1.1.2.La pluie efficace

La pluie efficace est définie comme étant la fraction des précipitations contribuent effectivement à la satisfaction des besoins de l'évapotranspiration de la culture après déduction des pertes par ruissellement de surface, et par percolation en profondeur.

Pour tenir compte des pertes, le programme **CROPWAT 8.0**, nous permettra de calculer la précipitation efficace, ces pertes sont estimées de 20 % de la pluie tombée.

Pour l'appréciation de la pluie efficace on distingue deux (2) cas:

- 1) Pluie efficace ($P_{\text{eff}} = 0$) pour les mois où la pluie ne dépasse pas les 5 mm ;
- 2) Pluie efficace ($P_{\text{eff}} = 80\%$) de la pluie moyenne mensuelle dans les autres cas.

On à : $P_{\text{eff}} = P_{P\%} \times 0.8$.

Avec :

- P_{eff} : pluie annuelle efficace en (mm/mois).
- $P_{P\%}$: pluie annuelle de probabilité 80% calculée au chapitre hydrologie en (mm/mois).
- Les valeurs mensuelles de $P_{P\%}$ et P_{eff} sont regroupées dans le tableau.

Tableau.V.2. : Les valeurs moyennes mensuelles de P_{eff} sont regroupées dans le tableau suivant:

| Mois | ET ₀ mm/jour | P80% mm/mois | P efficace mm/mois |
|---|-------------------------|--------------|--------------------|
| Septembre | 4.0 | 21.02 | 20,3 |
| Octobre | 2.8 | 33.2 | 31,4 |
| Novembre | 1.7 | 60.92 | 55,0 |
| Décembre | 1.0 | 57.1 | 51,9 |
| Janvier | 1.20 | 55.16 | 50,3 |
| Février | 1.8 | 68.26 | 60,8 |
| Mars | 1.7 | 73.49 | 64,9 |
| Avril | 3.4 | 62.19 | 56,0 |
| Mai | 4.1 | 44.12 | 41,0 |
| Juin | 4.9 | 7.17 | 7,1 |
| Juillet | 5.6 | 2.73 | 2,7 |
| Août | 5.2 | 5.14 | 5,1 |
| Total | 37.4 | 490.5 | 446.5 |
| Précipitation efficace selon méthode USDA-SCS | | | |

V.1.1.3.L'évapotranspiration (ETM)

L'évapotranspiration d'une culture, ETM, se calcule en multipliant l'évapotranspiration de référence ET₀ par un coefficient cultural, K_C.

$$ETM = K_C \times ET_0$$

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

- les valeurs de K_C sont insérées dans l'annexe IV.1
- les valeurs de RFU sont insérées dans l'annexe IV.2

Tableau.V. 3. : Les valeurs de Kc de l'olivier et des céréales.

| Mois | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D |
|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|
| KC olivier | 0.7 | 0.7 | 0.7 | 0.7 | 0.67 | 0.65 | 0.65 | 0.66 | 0.67 | 0.69 | 0.7 | 0.7 |
| Kc céréale | 0.64 | 0.89 | 1.07 | 0.77 | 0.21 | - | - | - | - | 0.02 | 0.16 | 0.4 |

Pour les valeurs de Kc, on a pris les valeurs à partir de l'annexe IV.2

V.1.1.4. Le calcul des besoins bruts en eau d'irrigation

Le calcul des besoins bruts en eau d'irrigation va nécessiter la prise en considération des pertes subies lors de l'acheminement de l'eau. L'estimation exacte de ces pertes est une opération qui est très difficile car plusieurs paramètres entrent en jeu. C'est pour cette raison que nous avons décidé d'estimer ces pertes à 25% des besoins nets en eau d'irrigation pour chaque culture. Ce qui nous fait une efficience de 75% du volume total destiné pour chaque culture. Les résumés dans le **Tableau.V.4.**ci-dessous.

***Nb** : pour les valeurs de RFU, on a pris les valeurs à partir de l'annexe IV.2

Tableau.V. 4. Calcul des besoins nets de l'olivier.

| Mois | K _C | ET ₀ (mm/jour) | ETM (mm/mois) | P _{eff} (mm/mois) | RFU (mm/mois) | B _{net} (mm/mois) | B _{net} (mm/mois) |
|------|----------------|------------------------------|------------------|-------------------------------|------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| S | 0.7 | 4.0 | 84 | 20,3 | 0 | +63.7 | 63.7 |
| O | 0.7 | 2.8 | 58.8 | 31,4 | 65 | -37.6 | 0 |
| N | 0.7 | 1.7 | 35.7 | 55,0 | 130 | -149.3 | 0 |
| D | 0.7 | 1.0 | 21 | 51,9 | 130 | 160.9 | 0 |
| J | 0.67 | 1.20 | 24.12 | 50,3 | 130 | -156.18 | 0 |
| F | 0.65 | 1.8 | 35.1 | 60,8 | 130 | -155.7 | 0 |
| M | 0.65 | 1.7 | 33.15 | 64,9 | 130 | -161.75 | 0 |
| A | 0.66 | 3.4 | 67.32 | 56,0 | 130 | -118.68 | 0 |
| M | 0.67 | 4.1 | 82.41 | 41,0 | 65 | -23.59 | 0 |
| J | 0.69 | 4.9 | 101.43 | 7,1 | 0 | +94.33 | 94.33 |
| J | 0.7 | 5.6 | 117.6 | 2,7 | 0 | +114.9 | 114.9 |
| O | 0.7 | 5.2 | 109.2 | 5,1 | 0 | +104.1 | 104.1 |

Tableau.V.5. : Calcul des besoins nets des céréales.

| Mois | K _C | ET ₀ (mm/jour) | ETM (mm/mois) | P _{eff} (mm/mois) | RFU (mm/mois) | B _{net} (mm/mois) | B _{net} (mm/mois) |
|------|----------------|------------------------------|------------------|-------------------------------|------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| S | - | - | - | - | - | - | - |
| O | 0.02 | 2.8 | 1.68 | 31,4 | 60 | -89.72 | 0 |
| N | 0.16 | 1.7 | 8.16 | 55,0 | 120 | -166.84 | 0 |
| D | 0.4 | 1.0 | 12 | 51,9 | 120 | -159.9 | 0 |
| J | 0.64 | 1.20 | 23.04 | 50,3 | 120 | -147.26 | 0 |
| F | 0.89 | 1.8 | 48.06 | 60,8 | 120 | -132.74 | 0 |
| M | 1.07 | 1.7 | 54.57 | 64,9 | 120 | -130.33 | 0 |
| A | 0.77 | 3.4 | 78.54 | 56,0 | 120 | -97.46 | 0 |
| M | 0.21 | 4.1 | 25.83 | 41,0 | 60 | -75.17 | 0 |
| J | - | - | - | - | - | - | - |
| J | - | - | - | - | - | - | - |
| O | - | - | - | - | - | - | - |

D'après les deux tableaux de calcul des besoins nets, on remarque que les céréales ont pas besoins d'irrigation, de ce fait on va continuer notre bilan en tenant compte des besoins de l'olivier.

V.1.1.5. Formules pour le Calcul des Besoins brutes

$$B_{Brut} = \frac{B}{E}$$

E=efficience de l'irrigation

V.1.1.5.1.Efficience de l'irrigation

L'efficience d'irrigation est définie par le rapport entre le besoin d'eau strictement nécessaire à la culture et le volume d'eau à introduire dans le réseau d'irrigation.

La différence entre les deux volumes indique les pertes.

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

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

Avec: **E_i**: Efficience d'irrigation en (%)

E_t: Efficience de transport (%)

E_d: Efficacité de type de distribution en (%)

E_u: Efficacité de l'uniformité de la distribution.

L'évaluation exacte des pertes est très difficile et même presque impossible, suite des multiples variables qui interviennent.

On considère une efficacité globale produite entre les trois efficacités décrites ci-dessus égalé à 0,75

Les résultats de calculs sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau.V.6.Calcul des Besoins Brutes de l'olivier.

| <i>Cultures</i> | <i>Superficie en (ha)</i> | <i>Besoins en eau net (mm)</i> | <i>Besoins en eau net (m^3 / ha)</i> | <i>Efficacité (%)</i> | <i>Besoins en eau brut (m^3 / ha)</i> | <i>Besoins bruts totaux (m^3)</i> |
|-----------------|---------------------------|--------------------------------|---|-----------------------|--|--|
| Olivier | 50 | 377.03 | 3770.3 | 0.75 | 2827.72 | 141386 |

V.1.1.6.Calcul du débit maximum journalier

Dans notre cas le débit maximum journalier c'est le débit caractéristique, il est calculé par la formule suivante :

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

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

S : la superficie totale à irriguer est égale à 50 ha

- La culture la plus exigeante c'est celle de l'Oliver. ($B_{net} = 377.03mm$)

A partir du calcul des besoins en eau on peut déterminer le débit spécifique (mois de pointe) qui se calcule par la formule suivante :

$$q_{spécifique} = \frac{B_{net} \cdot 10 \cdot 1000}{N_h \cdot n_j \cdot 3600 \cdot E_i} \text{ en l/s/ha}$$

B_{net} : besoin net du mois de pointe en mm/mois.

N_h : Nombre des heures d'irrigation=20h

n_j : Nombre de jours du mois de pointe =27jours

E_i : Efficacité d'irrigation $\approx 75\%$.

Le débit spécifique : $q_s = 2.59$ l/s/h est supérieur à 1,5 l/s/ha donc le choix reste pas valable.

Donc on calcul débit spécifique de mois de pointe.

- Le mois de pointe est juillet et les besoins de pointe sont de 114.19mm ;

Le débit spécifique : $q_s = 0.783$ l/s/ha est inférieur à 1,5 l/s/ha donc le choix est valable ;

- le Débit caractéristique ;

$$Q_{\text{Car}} = q_s \cdot S = 0.783 \cdot 50 = 39.15 \text{ l/s}$$

Alors notre débit de consommation journalier est $Q_{\text{jour}} = 39.15 \text{ l/s}$.

Conclusion

La présente étude a été menée dans le but de déterminer les besoins en eau de l'olivier et des céréales, cependant le degré de satisfaction de l'olivier en saison sèche est très faible, par contre les céréales ont pas besoin d'irrigation pendant toute l'année. Il est évident que ce déficit en eau provoque des chutes considérables de rendement surtout pour les grandes cultures, d'où la nécessité de bien quantifier les besoins en eau des cultures envisagées dans le périmètre avant de passer à l'aménagement du périmètre.

CHAPITRE VI

Dimensionnement du réseau d'irrigation et des différents ouvrages annexes

Introduction

La parcelle à laquelle on s'intéresse est d'une aire totale de 200 hectares, plantée de deux cultures qui sont l'olivier sur 50 hectares, et les céréales sur 150 hectares. L'irrigation sera faite à partir de la station d'épuration des eaux usées de Ain Témouchent.

Ce chapitre consiste d'abord à élaborer un plan de gestion de l'irrigation, cela en déterminant les durées et les fréquences d'arrosages, ainsi que les différentes tranches, car vu la grandeur de la parcelle et le nombre important d'arbres et donc du débit à fournir, il est préférable d'irriguer tranche par tranche.

Projeter un réseau capable d'alimenter toute la parcelle, et calculer les diamètres des différentes rampes et conduites.

Choisir l'emplacement avantageux du réservoir et déterminer son volume.

Choisir les pompes les plus adéquates pour l'adduction, et si nécessaire pour la distribution.

Ces différents calculs et choix doivent être établis tout en tenant compte du critère technico-économique.

VI.1. Calcul de la dose d'irrigation

D'après le tableau V.1.1.4. le mois de pointe est le mois de juillet $B=144.9\text{mm/jr}$.

1) Les besoins journaliers

En eau d'irrigation localisée pour l'Oliver sont calculés par les formules suivantes :
 $B_j = \text{Besoin du mois de pointe (mm)}$.

$$B_j = \frac{\text{besoin du mois de point}}{\text{noyr de jr}}$$

$$B_j = \frac{114.9}{31} = 3.71\text{mm/j}$$

2) Besoin journalier en tenant compte de la réduction K_r

Les besoins en eaux calculé antérieurement ont été estimés en considérant que la totalité de la surface du sol est humidifié, alors que surtout dans le cas d'irrigation localisée, seulement une partie de ce sol est rechargée, et l'autre est laissée sèche. On peut dire que ces besoins ont été surestimés, d'où il est préférable d'appliquer un coefficient réducteur, dans le but d'avoir des résultats plus proches du réel. Ce coefficient appelé coefficient de réduction (K_r), est lui aussi estimé en s'appuyant sur un autre coefficient qui est le taux de couverture du sol (C_s). Celui-ci représente la fraction de surface du sol couverte par le feuillage des plantes, il dépend particulièrement du type de culture et de son stade de développement.

C_s est déterminé expérimentalement par la formule :

$$K_r = C_s + 0,5(1 - C_s), \text{ (Freeman et Garzoli)}$$

C_s : Couverture du sol ; pour les arbres $C_s = 60\%$

$$K_r = 0,6 + 0,5 (1 - 0,6) = 0,80.$$

D'où :

$$B_{JL} = 0,80 \cdot 3,71 = 2,968 \text{ mm/j.}$$

3) La dose d'irrigation nette

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

$$D_{net} = RFU * P = 130 * 0,40 = 52 \text{ mm}$$

Le sol est de texture fine d'où $P=40\%$

4) La dose d'irrigation brute

Le besoin d'irrigation brut, B_{rut} : est le volume (ou la hauteur) d'eau d'irrigation nécessaire en pratique (y compris les pertes et les besoins de lessivage mais à l'exclusion de la contribution des autres ressources).

$$D_{brut} = \frac{2,968}{0,9} = 3,30 \text{ mm/j.}$$

5) Fréquence d'arrosage

La valeur de la fréquence d'arrosage sera :

$$f = \frac{D_{net}}{ETM_r} = \frac{52}{2,968} = 17,52 \approx 18 \text{ jours.}$$

6) La durée d'arrosage

$$t = \frac{b_{brut} * E_g * E_r}{q_g} = \frac{3,30 * 1 * 5}{2 * 4} = 2 \text{ h.}$$

Avec :

E_g : L'espacement des distributeurs sur la rampe ;

E_R : L'écartement entre les rampes ;

q_g : Débit du distributeur en l/h.

VI.2. Dimensionnements du réseau d'irrigation et de la conduite principale

VI.2.1. Découpage de la parcelle en postes

La parcelle en question est caractérisée par son important étendu, en effet elle a une superficie de 200 ha, on prend une parcelle de 50h ou on va projeter notre réseau.

La parcelle sera découpée en 8 postes de 6.25 hectares chacun (200m×200m)

Les rampes et les portes rampes auront des longueurs de 250m.

La distance entre les arbres dans le cas d'olivier est de 5m, chaque arbre sera muni de 2 goutteurs distants de 1m

VI.2.2. Calcul des caractéristiques des rampes et des portes rampes

❖ Nombre de rampes

$$N_{rampe} = \frac{L_p}{E_R}$$

Chapitre VI Dimensionnement du réseau d'irrigation et des différents ouvrages annexes

L_p : la longueur de poste ;

E_R : l'écartement entre rampes.

❖ Nombre d'arbres

$$N_{\text{arbre}} = \frac{L_R}{E_A} * N_R$$

Avec L_R : la longueur de la rampe

E_A : l'espacement entre deux arbres

N_R : le nombre de rampes

❖ Nombre de goutteurs

$$N_G = N_a * 2$$

2 goutteurs par arbre

N_A : le nombre d'arbres

Les caractéristiques générales du réseau localisé sont regroupées dans le tableau suivant :

Tableau.VI.1. Caractéristiques générales du réseau localisé

| Poste | Superficie ha | Rampe | | Nombre d'arbres | Nombre de goutteurs |
|--|------------------|--------|----------|--------------------|------------------------|
| | | Nombre | Longueur | | |
| I, II, III, IV, V, VI, VII et VIII | 6.25 | 50 | 250 | 2500 | 5000 |
| Total | 50 | 400 | - | 20000 | 40000 |

VI.2.3. Calcul hydraulique du réseau

VI.2.3.1. Conditions hydrauliques

La variation maximale du débit entre goutteur :

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

La variation maximale de la pression.

$q = K \cdot H^x$; $x = 0,5$ (caractéristique du goutteur).

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

Avec :

$q(g)$: débit nominal du goutteur ;

$H(n)$: pression nominale.

$$0,1 = 0,5 \frac{\Delta H (\text{max})}{10}$$

$$\Delta H (\text{max}) = \frac{1}{0,5} = 2 \text{ m.c.e.}$$

La répartition de la perte de charge est :

$$\text{Perte de charge singulière : } p.c.s = 10\% * \Delta H = 0.2 \text{ m}$$

$$\text{Perte de charge linéaire : } p.c.l = \Delta H - p.c.s = 1.8 \text{ m}$$

$$1/3 \text{ sur les porte- rampes } P.d.c (\text{pr}) = 0,6 \text{ m c e ;}$$

$$2/3 \text{ sur les rampes } P.d.c (\text{r}) = 1,2 \text{ m c e}$$

VI.2.3.2. Calcul des caractéristiques de la rampe et de la porte rampe

❖ Le débit

$$Q_r = Q_g \times N_{g/r}$$

Q_g : débit du goutteur

$$N_{g/r} : \text{nombre de goutteurs par rampe } N_{g/r} = 2 \times N_{a/r}$$

$N_{a/r}$: nombre d'arbres par rang.

$$Q_r = 2 \times 50 \times 4 \quad \text{donc } Q_r = 400 \text{ l/h}$$

Chaque porte rampe compte 50 rampes d'où son débit sera

$$Q_{pr} = 50 \times Q_r = 20000 \text{ l/h}$$

Le débit de la rampe varie donc selon le nombre de goutteurs sur la rampe, c'est à dire suivant le nombre d'arbres et la longueur de la rampe.

❖ Le diamètre (rampe et porte rampe) :

Le diamètre des rampes et porte rampes en PEBD est calculé à l'aide de la formule de Lechapt et Clamon donnée comme suit :

$$\varnothing (\text{cal}) = D (\text{cal}) = \left[\frac{P.d.c \times 2,75}{0,478 \times Q^{1,75} L} \right]^{-\frac{1}{4,75}}$$

Avec :

$P.d.c (\text{r})$: La perte de charge dans la rampe ;

$Q(\text{r})$: Le débit de la rampe en l/h ;

$L(\text{r})$: La longueur de la rampe en m.

Le calcul du diamètre par cette formule consiste à :

Majorer les pertes de charges, c'est-à-dire trouver la valeur de perte de charge maximale susceptible de ne pas affecter le bon fonctionnement de la rampe ou porte rampe.

Chapitre VI Dimensionnement du réseau d'irrigation et des différents ouvrages annexes

Calculer le diamètre théorique correspondant à la perte de charge déjà estimée.

Choisir un diamètre normalisé de façon à ce que le diamètre intérieur soit plus grand que le diamètre théorique calculé afin d'avoir une perte de charge moindre que la première.

❖ La perte de charge (rampe et porte rampe) :

Elle est calculée après avoir déterminé le diamètre par la formule.

$$J = \frac{0,478}{2,75} \cdot D^{-4,75} \cdot Q^{1,75} \cdot L$$

VI.2.3.2.1. Calcul et choix des diamètres

Le diamètre calculé pour la rampe sera :

$$D_r(\text{cal}) = \left[\frac{1,2 \times 2,75}{0,478 \times 400^{1,75} \times 250} \right]^{-\frac{1}{4,75}} = 19.36 \text{ mm}$$

On prend un diamètre normalisé de 20 mm.

Le diamètre de la porte rampe sera :

$$D_{pr}(\text{cal}) = \left[\frac{0,6 \times 2,75}{0,478 \times 20000^{1,75} \times 250} \right]^{-\frac{1}{4,75}}$$

$$D_{pr}(\text{cal}) = 94.65 \text{ mm}$$

On prend le diamètre normalisé $D_{pr} = 110 \text{ mm}$,

Les différentes caractéristiques des rampes sont données dans le tableau suivant :

Tableau VI.2. Caractéristiques des rampes

| Cultures | $L_r(\text{m})$ | N_g | $Q_r (\text{l/h})$ | ΔH (m) | D_{cal} (mm) | $D_n(\text{mm})$ | V | j |
|----------|-----------------|-------|--------------------|-------------------|-------------------|------------------|------|------|
| Oliver | 250 | 50 | 400 | 1.2 | 19.36 | 20 | 0.35 | 1.03 |

Les différentes caractéristiques des portes rampes sont données dans le tableau suivant :

Tableau.VI.3. Caractéristiques de la porte rampe

| Cultures | $L_r(\text{m})$ | N_r | Q_{pr} (l/h) | ΔH (m) | D_{cal} (mm) | $D_n(\text{mm})$ | V | j |
|----------|-----------------|-------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------|------|------|
| Oliver | 250 | 50 | 20000 | 0.6 | 94.65 | 110 | 0.58 | 0.29 |

VI.2.3. La conduite principale

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

Le calcul se fait avec la formule Darcy-Weisbakh

$$\Delta H_t = \frac{K' * L_e * Q^\beta}{D_{av}^m}$$

- ΔH_t : Perte de charge totale (m)
- K' : Coefficient de frottement
- L_e : Longueur équivalente de la conduite (m)

$$L_e = L_g + L_{ee}$$

- L_g : Longueur géométrique de la conduite (m)
- L_{ee} : Longueur équivalente des pertes de charge singulière (m)

Dans le cas des adductions, les pertes de charge singulières sont estimées à 15% des pertes de charge linéaires.

$$\Delta H_t = 1,15 * \Delta H^{lin}$$

$$L_e = 1,15 * L_g$$

- Q : Débit véhiculé par la conduite (m³/s) ;
- D_{av} : Diamètre avantageux calculé de la conduite (m) ;
- b : Exposant tenant compte du régime d'écoulement ;
- m : Exposant tenant compte du type du matériau.

Selon le type de matériau les coefficients K' , m et b sont donnés dans le tableau V-3

Tableau VI.4. Coefficients K' , m , β pour différents types du tuyau

| Tuyau | K' | m | β |
|----------------|--------------------|-----------|---------|
| Acier et fonte | 0,00179 - 0,001735 | 5,1 - 5,3 | 1,9 - 2 |
| Amiante-ciment | 0,00118 | 4,89 | 1,85 |
| PEHD | 0,001052 | 4,772 | 2 |

On déduit alors le diamètre calculé de la conduite gravitaire :

$$D_{av} = \sqrt[m]{\frac{K' * L_e * Q^\beta}{\Delta H_t}}$$

Pour notre étude, on prend : $K' = 0,001052$; $\beta = 2$; $m = 4,772$

Le calcul de la perte de charge totale :

$$P = Cr - Cpd - (PG + J(R) + J_{AB}(PR) + P_{Fi})$$

Avec :

- P = Pression en tête de l'installation en m ;
- P_G = Pression d'un goutteur = 1 bar ;
- $J(R)$ = perte de charge dans la rampe en m ;
- $J_{AB}(PR)$ = Perte de charge dans le porte- rampe ;
- P_{Fi} : la perte de charge dans le filtre ($P_{Fi}=2$ mce) ;
- Cr : cote radier du réservoir
- Cpd : cote du point le plus défavorable

Les résultats de calcul sont représentés dans le tableau.VI.5.

Tableau VI.5. Caractéristiques de la conduite d'adduction gravitaire

| Tronçon | Q | L_{eq} | V | ΔH | D_{calc} | D_{norm} |
|----------------------------|-------------|----------|-------|------------|------------|------------|
| | (m^3/s) | (m) | (m/s) | (mm) | (mm) | (mm) |
| Conduite principale | 0.0444 | 427.02 | 1,41 | 2.92 | 196 | 200 |

VI.3.. Dimensionnement de la conduite de refoulement

VI.3.1.Recommandation sur les adductions

Pour les adductions objet de notre étude, nous recommandons de calculer les dimensions des conduites de telle manière à véhiculer le débit appelé par le périmètre irrigué.

Pour cela on se base sur :

- L'âge des conduites de refoulement qui dépasse les 20 ans.
- Les cassures (fuites) et leurs causes.
- L'état de revêtement intérieur et extérieur de ces conduites.
- Le type de matériaux des conduites d'adductions (acier, fonte. PEHD).

VI.3.2.Choix du tracé

Le choix du tracé de la conduite d'adduction doit tenir compte de certains impératifs que l'on doit dans la mesure du possible de respecter :

- Le tracé doit être le plus court possible entre les ouvrages.
- Des ventouses doivent être prévues au point haut pour évacuer l'air qui s'y accumule, dans un souci économique et technique, on doit donc éviter le plus possible les contres pentes, et des vidanges aux points bas pour le vidange en cas de panne.
- Il serait préférable de suivre l'accotement des routes, pour faciliter les travaux ainsi que l'acheminement du matériau.

Pour notre projet on va suivre les recommandations suivantes :

Chapitre VI Dimensionnement du réseau d'irrigation et des différents ouvrages annexes

- Eviter les réclamations des propriétaires des terrains (la majorité des terrains sont privés) ;
- La majorité du linéaire des conduites est suivant les routes communales existantes.

VI.3.3.Choix du matériau

Actuellement sur le marché, nous disposons de différents types de conduites, que nous pouvons classer en fonction des matériaux constituant, on distingue :

- Conduites en Acier.
- Conduites en fonte ductile.
- Conduites en thermoplastiques.

Le choix d'un matériau s'avère difficile à prendre, pour cela il devra se faire en fonction de plusieurs critères dont :

- Faisabilité technique.
- Faisabilité économique.
- Faisabilité d'approvisionnement.

Le choix du matériau qui devra être utilisé pour la réalisation du transfert et de la distribution, est l'objet de l'analyse suivante

Dans notre étude, nous avons opté pour les conduites en PEHD en raison des avantages qu'ils présentent :

- Disponibilité sur le marché (production locale)
- Résistance à de grandes pressions (>à 20 bars)
- Facile à poser (grande flexibilité) et possibilité d'enroulement en couronnes pour les petits diamètres.
 - Permet de faibles rayons de courbures aux réseaux.
 - Longue durée de vie prouvée par l'expérience et les tests de vieillissement (durée de vie 50 ans à 20°C.
- Bonnes caractéristiques hydrauliques (coefficient de rugosité très fiable).
- Répond parfaitement aux normes de potabilité.
- Résiste à la corrosion interne, externe et micro biologique.
- Se raccorde facilement à d'autres réseaux (fonte, acier).
- Insensible aux mouvements de terrain (tremblement de terre).

VI.3.4.Généralités sur le calcul du diamètre économique

Pour élever un débit Q à une hauteur géométrique H donnée on peut, à priori, donner à la canalisation un diamètre quelconque car, en faisant varier la puissance du groupe élévatoire, on peut toujours obtenir le débit Q imposé dans un tuyau de diamètre donné.

Si on adopte donc un grand diamètre, le prix (P_c) de la canalisation sera élevé, par contre la perte de charge (J) sera faible, on économise donc sur le prix du groupe (P_g) et le prix (P_e) de l'énergie nécessaire au pompage. Mais si au contraire on adopte un petit diamètre, P_c est plus faible mais P_g et P_e seront plus élevés.

Chapitre VI Dimensionnement du réseau d'irrigation et des différents ouvrages annexes

Il y a donc intérêt à choisir le diamètre qui permettra d'obtenir le prix de revient minimal de l'ensemble de l'installation en exploitation en fonction du diamètre D.

Donc on peut dire que le choix du diamètre économique résulte d'un compromis entre les dépenses d'investissement et les dépenses de fonctionnement.

Actuellement, le diamètre économique est déterminé par une des relations suivantes :

➤ **Bresse**

$$\text{Déco} = 1.5 (Q^{1/2})$$

(Conduites de longueur inférieure à 1 km)

➤ **Bonnin**

$$\text{Déco} = (Q^{1/2})$$

➤ **Vuibert**

$$\text{Deco} = 1.35(e/f)^{0.154} \times Q^{0.46}$$

(Pompage 10/24)

$$\text{Deco} = 1.547(e/f)^{0.154} \times Q^{0.46}$$

(Pompage continu)

Avec :

e : Prix du Kwh d'électricité.

f : Prix du kg de fonte.

➤ **Munier**

$$\text{Deco} = (1 + 0.02n) \times Q$$

Avec :

n : Nombre d'heures de pompage

Les formules de Bresse, Bonnin et Munier donnent un calcul direct et rapide du diamètre d'une canalisation dans une installation de petite ou moyenne importance.

IV.3.5. Pertes de charges hydrauliques dans les conduites

IV.3.5.1. Perte de charge linéaire

Les pertes de charge linéaires (Δh) dans une conduite de longueur (L) est donnée par la formule de Darcy Weisbach déjà présentée dans le calcul des conduites secondaires et la conduite principale.

IV.3.5.2. Perte de charge singulière

Les pertes de charges singulières ou locales sont liées aux accessoires. Elles sont provoquées par des empêchements le long de parcours, plus ou moins brusques.

Et elles sont données par la relation suivante :

$$J_s = \alpha \cdot \frac{V^2}{2g}$$

α : coefficient de perte de charge singulière.

Pour le dimensionnement des adductions hydrauliquement longues les singularités sont estimées à 15 % des pertes de charge linéaires. Pour notre cas on prendra :

$$\Delta H_s = 0,15 \times \Delta H_l$$

VI.3.6. Calcul du diamètre économique

IV.3.6.1. Hauteur Manométrique Totale

La HMT d'une pompe est la différence de pression en mètre colonne de liquide (mce) entre les orifices d'aspiration et de refoulement, (hauteur géométrique d'élévation totale) y compris la pression nécessaire pour vaincre les pertes de charge dans les conduites d'aspiration et de refoulement (J_{asp} , J_{ref}).

$$H_{mt} = H_g + J_{asp} + J_{ref}$$

IV.3.6.2. Puissance absorbée par la pompe

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

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

Avec :

η : rendement de la pompe en (%) ($\eta=85\%$)

Q: débit refoulé par la pompe en (m^3/s)

g: accélération de la pesanteur ($9.81 m/s^2$)

VI.3.6.3. Energie consommée par la pompe

Elle est définie comme étant la puissance consommée par la pompe, multipliée par le temps de fonctionnement.

$$E = P \times t \times N_j \text{ [Kwh]}$$

Avec :

t: c'est le temps de pompage par jour dans notre cas

P: puissance de la pompe en (kW).

N_j : Nombre éventuel de jours d'irrigation dans l'année.

VI.3.6.3.4. Frais d'exploitation

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

$$F_{\text{exp}} = E \times e \quad [\text{DA}]$$

Avec :

E: énergie consommée par la pompe en (Kwh).

e: prix unitaire d'un Kwh imposé par la SONELGAZ. (e=4,17DA)

VI.3.6.5.Frais d'amortissement

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

$$F_{\text{amo}} = P_c \times A \quad [\text{DA}]$$

Avec :

P_c: prix de la conduite en (DA).

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

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

Avec :

i: Taux d'annuité annuel, (i = 8 % en Algérie).

n: nombre d'années d'amortissement, n = 15 ans.

$$A = \frac{0,08}{(0,08+1)^{15} - 1} + 0,08 = 0,1168 = 11,683\%$$

VI.3.6.6.Coût total

Le coût total de l'installation sera alors déduit en faisant la somme des différents frais suscités donc :

$$F_{\text{tot}} = F_{\text{exp}} + F_{\text{inv}}$$

$$F_{\text{tot}} = F_{\text{exp}} + P_c + F_{\text{amo}}$$

VI.4.dimensionnement de l'adduction (de la step vers bassin de stockage)

Le débit d'exploitation de station de pompage (SR) est calculé par la formule suivante :

$$Q_{\text{exp}} = \frac{Q_{\text{max},j}}{t * 3600}$$

Q_{exp} : Débit d'exploitation (m³/s)

Q_{max,j} : Débit maximum journalier (m³/j) ; Q_{max,j} = 39.15l/s = 3382.56 m³/j .

Chapitre VI Dimensionnement du réseau d'irrigation et des différents ouvrages annexes

t : Durée de fonctionnement de la station par jour, $t = 20 \text{ h}$.

$$\text{A.N: } Q_{\text{exp,SPR}} = \frac{3382.56}{20 * 3600} \Rightarrow Q_{\text{exp, S.R}} = 46.98 \text{ L/s;}$$

Le diamètre de la conduite de refoulement par la relation est tel que :

$$\text{A.N : } \Rightarrow D = \sqrt{0.04698} \Rightarrow D = 0,217\text{m donc : } \mathbf{D = 217\text{mm.}}$$

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

Tableau VI.6. Calcul de la Hmt du tronçon (step ver réservoir de stockage).

| Dn mm | V m/s | λ | I m/m | L m | ΔH m | HMT m |
|-------|-------|-------------|------------|-----|--------------|---------|
| 90 | 7,389 | 0,012427614 | 0,38420490 | 732 | 323,424 | 368,624 |
| 110 | 4,946 | 0,034897345 | 0,39556391 | 732 | 332,986 | 378,186 |
| 125 | 3,830 | 0,033506942 | 0,20043448 | 732 | 168,726 | 213,926 |
| 140 | 3,053 | 0,032342634 | 0,10977992 | 732 | 92,413 | 137,613 |
| 160 | 2,338 | 0,031047005 | 0,05405147 | 732 | 45,501 | 90,701 |
| 180 | 1,847 | 0,029967727 | 0,02895203 | 732 | 24,372 | 69,572 |
| 200 | 1,496 | 0,029049265 | 0,01657192 | 732 | 13,950 | 59,150 |
| 225 | 1,182 | 0,028071624 | 0,00888674 | 732 | 7,481 | 52,681 |
| 250 | 0,958 | 0,027238318 | 0,00509176 | 732 | 4,286 | 49,486 |
| 315 | 0,603 | 0,025535567 | 0,00150307 | 732 | 1,265 | 46,465 |
| 400 | 0,374 | 0,023937991 | 0,00042675 | 732 | 0,359 | 45,559 |
| 500 | 0,239 | 0,022577391 | 0,00013189 | 732 | 0,111 | 45,311 |
| 630 | 0,151 | 0,021286951 | 0,00003916 | 732 | 0,033 | 45,233 |

Tableau VI.7. : Calcul des frais de l'exploitation

| Dn mm | prix ml DA | L m | Famotr DA |
|--------------|-------------------|------------|------------------|
| 90 | 624,02 | 732 | 53352,21 |
| 110 | 925,86 | 732 | 79158,81 |
| 125 | 1198,69 | 732 | 102485,12 |
| 140 | 1574,04 | 732 | 134576,64 |
| 160 | 1959,12 | 732 | 167500,06 |
| 180 | 2438,23 | 732 | 208462,81 |
| 200 | 3076,54 | 732 | 263036,79 |
| 225 | 4052,61 | 732 | 346488,43 |
| 250 | 4759,95 | 732 | 406964,30 |
| 315 | 7013,09 | 732 | 599602,36 |
| 400 | 11395,09 | 732 | 974252,85 |
| 500 | 17564,27 | 732 | 1501702,93 |
| 630 | 27232,12 | 732 | 2328280,90 |

Tableau VI.8. : Calcul des frais de l'amortissement

| Dn mm | F investi DA | F expl DA | BILAN DA |
|--------------|---------------------|------------------|-----------------|
| 90 | 53352,21 | 6813748,10 | 6867100,32 |
| 110 | 79158,81 | 6990495,19 | 7069654,00 |
| 125 | 102485,12 | 3954266,12 | 4056751,24 |
| 140 | 134576,64 | 2543674,12 | 2678250,77 |
| 160 | 167500,06 | 1676535,07 | 1844035,13 |
| 180 | 208462,81 | 1285985,82 | 1494448,63 |
| 200 | 263036,79 | 1093350,41 | 1356387,20 |
| 225 | 346488,43 | 973768,45 | 1320256,88 |
| 250 | 406964,30 | 914718,21 | 1321682,51 |
| 315 | 599602,36 | 858877,98 | 1458480,34 |
| 400 | 974252,85 | 842130,32 | 1816383,17 |
| 500 | 1501702,93 | 837542,24 | 2339245,17 |
| 630 | 2328280,90 | 836099,30 | 3164380,20 |

Tableau VI.9. Bilan du tronçon (step vers réservoir de stockage).

| Dn mm | F investi DA | F expl DA | BILAN DA |
|-------|--------------|------------|------------|
| 90 | 53352,21 | 6813748,10 | 6867100,32 |
| 110 | 79158,81 | 6990495,19 | 7069654,00 |
| 125 | 102485,12 | 3954266,12 | 4056751,24 |
| 140 | 134576,64 | 2543674,12 | 2678250,77 |
| 160 | 167500,06 | 1676535,07 | 1844035,13 |
| 180 | 208462,81 | 1285985,82 | 1494448,63 |
| 200 | 263036,79 | 1093350,41 | 1356387,20 |
| 225 | 346488,43 | 973768,45 | 1320256,88 |
| 250 | 406964,30 | 914718,21 | 1321682,51 |
| 315 | 599602,36 | 858877,98 | 1458480,34 |
| 400 | 974252,85 | 842130,32 | 1816383,17 |
| 500 | 1501702,93 | 837542,24 | 2339245,17 |
| 630 | 2328280,90 | 836099,30 | 3164380,20 |

Et voici la courbe représentative du calcul du diamètre économique :

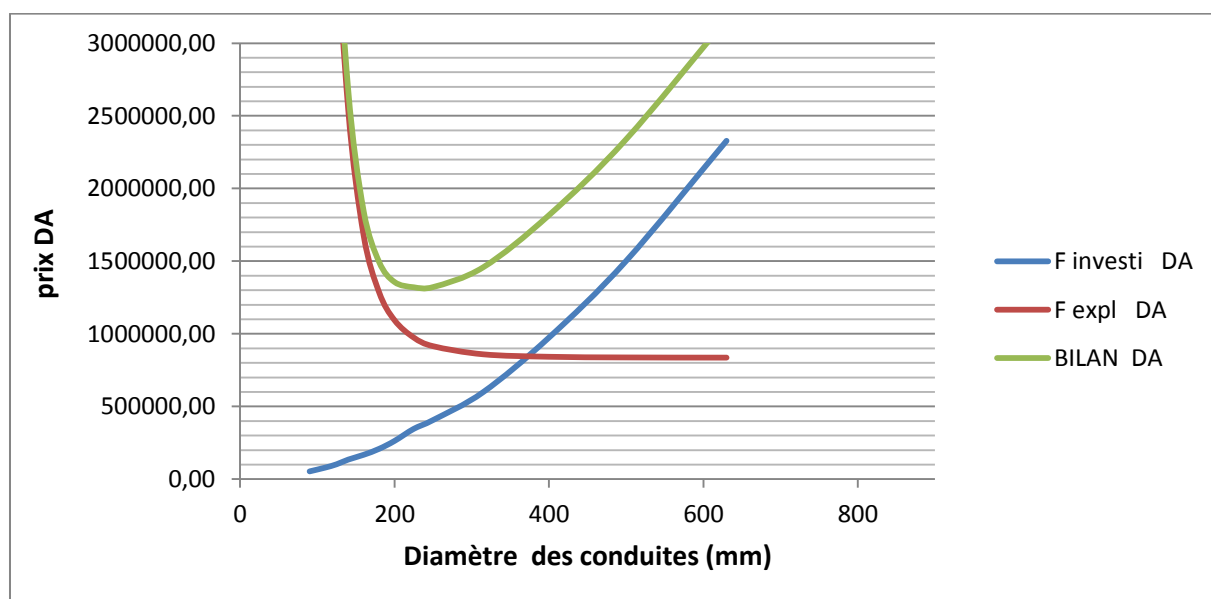


Figure VI.1 : Courbe du bilan du calcul de diamètre économique

Selon la combinaison des frais d'amortissement et d'exploitation, le diamètre économique est de 250 mm, avec une vitesse de 0,958m/s et sur une longueur de 732 m.

VI.5. Etude de pompage

L'étude de pompage nous permet de choisir la pompe idéale pour notre système d'adduction afin d'assurer le débit appelé et la hauteur manométrique demandée, par la station de pompage.

VI.5.1. Choix de l'emplacement de la station de pompage

- l'emplacement de la station et les ouvrages doit assurer les conditions de fonctionnement les plus adéquates avec le minimum possible de surface occupée.
- assurant l'accès des voitures, des engins, des pompiers, à tout le bâtiment et à tout ouvrage.
- les conditions d'exploitation de la station tiennent compte de la fluctuation du niveau d'eau dans la retenue.
- elle dépend du relief d'accès de l'alimentation en énergie électrique ; des conditions géologiques.

VI.5.2. Choix du type de pompe

Les critères de choix du type de pompe sont :

- Assurer le débit appelé Q_{app} et la hauteur Hmt ;
- Meilleur rendement ;
- Vérifier la condition de non cavitation ;
- Encombrement et poids les plus faibles ;
- Vitesse de rotation la plus élevée ;
- Puissance absorbée minimale ;
- Etre fabriquée en série ;

VI.5.3.Choix du nombre de pompes

Les critères de choix du nombre de pompes sont :

- Nombre de pompes n minimal ;
- Meilleur rendement ;
- Charge nette d'aspiration requise (NPSH)_r minimale ;
- Nombre d'étage minimal ;
- Puissance absorbée minimale ;

a). Choix de la pompe

La pompe qu'on utilisera doit pouvoir transporter le débit d'irrigation de la tranche la plus exigeante, et avoir une charge supérieure ou égale à la pression de service à fournir au niveau du goutteur le plus défavorable.

Dans notre cas la pompe doit satisfaire les exigences suivantes :

Hmt= 49.486mce;

Q_{max} = 46.98 l/s;

Chapitre VI Dimensionnement du réseau d'irrigation et des différents ouvrages annexes

En utilisant le logiciel **CAPRARI** on obtient la pompe pouvant satisfaire le débit et charge précédant et voici les résultats :

| Pompe | Type / Sigle | Vitesse [1/min] | Bride de refoules | Diamètre maxi. | $\rho \Delta Q/Q$ [%] | $\Delta H/H$ [%] | Rendement [%] | Puissance nomi |
|--------|--------------------|-----------------|-------------------|----------------|-----------------------|------------------|---------------|----------------|
| E12S55 | E12S55/2EF + MC850 | 2900 | DN150 | 264 | 17 | 3,1 | 79,9 | 37 |
| P12C | P12C/7/30/5D | 1450 | DN175 | | 14 | 2,6 | 79,5 | 75 |
| E10S55 | E10S55/2A + MC850 | 2900 | DN150 | 250 | 1,1 | 0,2 | 78,5 | 37 |
| E10S50 | E10S50/2B + MC840 | 2900 | DN150 | 250 | -2,9 | -0,39 | 77,9 | 30 |
| P9C | P9C/6/24/2A | 2900 | DN150 | | 1,7 | 0,31 | 76,4 | 30 |
| E12S58 | E12S58/2BC + MC880 | 2900 | DN150 | 264 | 60 | 14 | 76,1 | 59 |
| P10C | P10C/6/24/2F | 2900 | DN150 | | -3,1 | -0,52 | 75,9 | 37 |
| E12S50 | E12S50/2DE + MC840 | 2900 | DN150 | 264 | -5,9 | -0,96 | 75,7 | 30 |
| P14C | P14C/8/35/4G | 1450 | DN200 | | 8 | 1,4 | 73,3 | 90 |
| E10S64 | E10S64/2EF + MC850 | 2900 | DN150 | 248 | 2 | 0,37 | 66,6 | 37 |
| P8C | P8C/5/30/4A | 2900 | DN125 | | -1 | -0,18 | 65 | 37 |
| P16C | P16C/10/40/3G | 1450 | DN250 | | 8,4 | 1,5 | 60 | 110 |

VI.6. Capacité du réservoir d'irrigation :

$$V_b = Q \cdot T_a + V_{inc}$$

Q : débit nécessaire à la parcelle ;

T_a : durée d'arrosage.

V_{inc} : volume d'incendie estimé à 20 m³.

$$V_b = 160 \cdot 2 + 20 = 340 \text{ m}^3$$

Le volume normalisé est le 350 m³

On prend un réservoir rectangulaire avec une hauteur de 4 m.

Conclusion :

Dans ce chapitre on a fait la description sur les caractéristiques générales du réseau, et puis on a déterminé les débits, les diamètres et les pertes de charge qui nous assurent l'écoulement dans ces conduites à des diamètres normalisés.

CHAPITRE VII

Evaluation du cout du projet

Introduction

Les devis proposés à l'irrigant sont actuellement très fluctuants pour une même parcelle ; ceci est dû :

- ☞ A l'importance de l'installation de tête : filtration selon la nature des eaux et matériel de fertilisation ;
- ☞ Au coût du matériel selon les entreprises ;
- ☞ Aux services fournis par l'entreprise.

Certains devis ne comportent que la fourniture et parfois des fouilles, la pose, le montage du réseau et parfois des différentes pièces des goutteurs étant à la charge de l'exploitant.

D'autre part, prévoient non seulement une part de l'installation, mais aussi une certaine assistance de maintenance du réseau.

L'objectif de ce chapitre est donc l'évaluation du coût estimatif de notre projet.

VII.1. Devis du réseau d'irrigation à goutte à goutte

VII.1.1. Dépenses des équipements

c

Tableau VII.1. Facture des pièces de réseau d'irrigation localisée :

| Pièces | Prix unitaire (DA) | Unité de mesure | Quantité | Total |
|-------------------|--------------------|-----------------|----------|------------|
| Tube Ø20 PEBD | 35.10 | m/l | 100000 | 3510000 |
| Tube Ø 110 PEBD | 631.80 | m/l | 2000 | 1263600 |
| Tube Ø200 PEHD | 1310.40 | m/l | 371,32 | 486577.728 |
| Tube Ø 250 PEHD | 3194.10 | m/l | 732 | 2338081.2 |
| Coude 160° Ø160 | 500 | Un | 1 | 500 |
| Filtre | 25926 | Unité | 1 | 25926 |
| Vanne Ø110 | 7430 | Unité | 8 | 59440 |
| Vanne Ø 200 | 13877 | Unité | 1 | 13877 |
| Vanne Ø250 | 20860 | Unité | 1 | 20860 |
| Pompe doseuse | 33377 | Unité | 1 | 33377 |
| Colle PEHD | 858 | Unité | 3 | 2574 |
| Bouchon Ø20 | 46 | Unité | 400 | 18400 |
| Bouchon Ø110 | 215 | Unité | 8 | 1720 |
| Bouchon Ø200 | 300 | Unité | 1 | 300 |
| Bouchon Ø 250 | 360 | Unité | 1 | 360 |
| Réduction 200-110 | 120 | Unité | 8 | 960 |
| Venteuse | 3000 | Unité | 1 | 6000 |
| Robinet vanne | 2000 | Unité | 2 | 4000 |
| Fertiliseur | 8500 | Unité | 1 | 8500 |
| Goutteur réglable | 15 | Unité | 20000 | 300000 |
| Total | | | | 5270394 |

VII.1.2. Dépenses des travaux

Le prix de terrassement est égal à :

Pour le déblai : $F_{\text{deb}} = V_{\text{deb}} \cdot K_{\text{deb}}$

K_{deb} : prix de 1 m^3 de déblai=300 DA

V_{deb} : volume total de déblai

Pour le remblai : $F_{\text{rem}} = V_{\text{rem}} \cdot K_{\text{rem}}$

K_{rem} : prix de 1 m^3 de remblai=100 DA

V_{rem} : volume total de remblai

- Calcul du volume de déblai et remblai

La pose en terre des conduites s'effectue dans un tranché dont la largeur de fond B sera donnée par la formule suivante :

$$B = D + 2 \times 0,3$$

D : diamètre de la conduite (m)

La profondeur de fouille est en fonction du diamètre de la conduite, de la température du lieu (max, min) et les sollicitations des charges mobiles.

$$H \geq D + 0,8$$

$$\text{Déblai} = L \cdot H \cdot B$$

$$\text{Remblai} = \text{déblai} - \left(\pi \frac{D^2}{4} \right) \cdot L$$

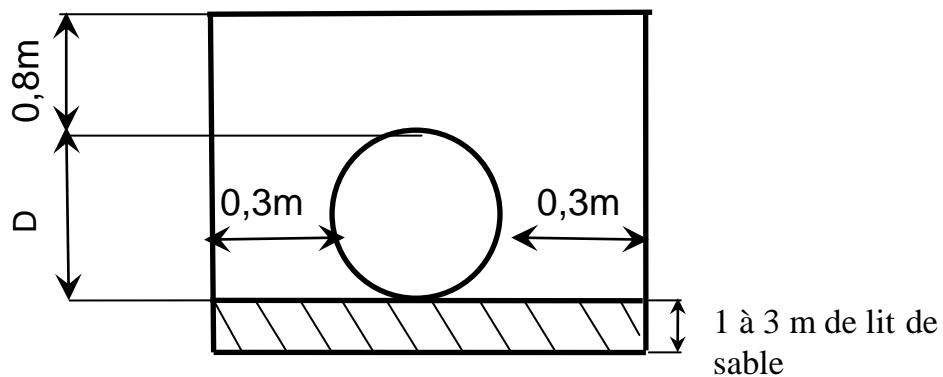


Tableau VII.2.Calcul de terrassement :

| Paramètres | Ø (mm) | B (m) | H (m) | L(m) | Déblai (m ³) | Remblai (m ³) |
|-------------------------|--------|-------|-------|--------|--------------------------|---------------------------|
| Conduite de refoulement | 250 | 0.85 | 1.05 | 731 | 652.42 | 616.56 |
| Conduite Principale | 200 | 0.8 | 1 | 371,32 | 297.06 | 285.40 |
| Les porte-rampes | 110 | 0.71 | 0.91 | 4000 | 2584.4 | 2546.41 |

Donc pour le déblai:

$$F_{\text{deb}} = 3533.08 \times 100 = 353308 \text{ DA}$$

Pour le remblai :

$$F_{\text{rem}} = 3448.37 \times 300 = 1034511 \text{ DA ;}$$

$$F_{\text{bassins}} = 34,8 \times 20000 = 696000 \text{ DA ;}$$

Le salaire des ouvriers est égal à 800000DA ;

Les autres frais 500000 DA ;

Donc : le total de terrassement est de 2687819 DA ;

Donc le totale de projet est de 7958213 DA.

Conclusion

On constate que le coût de la projection du réseau d'irrigation localisée est élevé, comme c'était déjà cité cette élévation de coût est due aux équipements très chers (système de fertilisation et filtration...etc.).

CHAPITRE VIII

Protection et sécurité de travail

Introduction

Dans le monde, des millions d'accidents de travail se produisent chaque année. Certains sont mortels, d'autres ont pour conséquence une incapacité permanente, totale ou partielle.

Pour la plupart, les accidents de travail n'entraînent toutefois qu'une incapacité temporaire, qui peut néanmoins durer plusieurs mois.

Certes, des progrès ont été réalisés dans la prévention des accidents de travail, mais la sécurité de travail reste aujourd'hui un très grand sujet de préoccupation.

Mais, mettre en œuvre de la prévention ne peut être le seul fait de la direction, du service de protection ou du médecin attaché à l'entreprise. Il importe de donner à l'ensemble du personnel un véritable « esprit de sécurité » qui lui permettra de prévoir et d'agir d'une façon efficace.

La lutte contre les accidents est essentiellement une œuvre de solidarité humaine, réunissant tous ceux qui, du manœuvre au chef de l'entreprise, participent à la production. Convaincre, enseigner et exploiter intelligemment ce bon sens.

VIII.1. Organisation de la prévention des accidents de travail

L'organisation de la prévention se présente à travers les activités professionnelles du pays comme une immense chaîne de solidarité, composée de multiples maillons, correspondant chacun aux différents services ou personnes intéressées figurés dans l'organigramme présenté dans la Figure VIII.1.

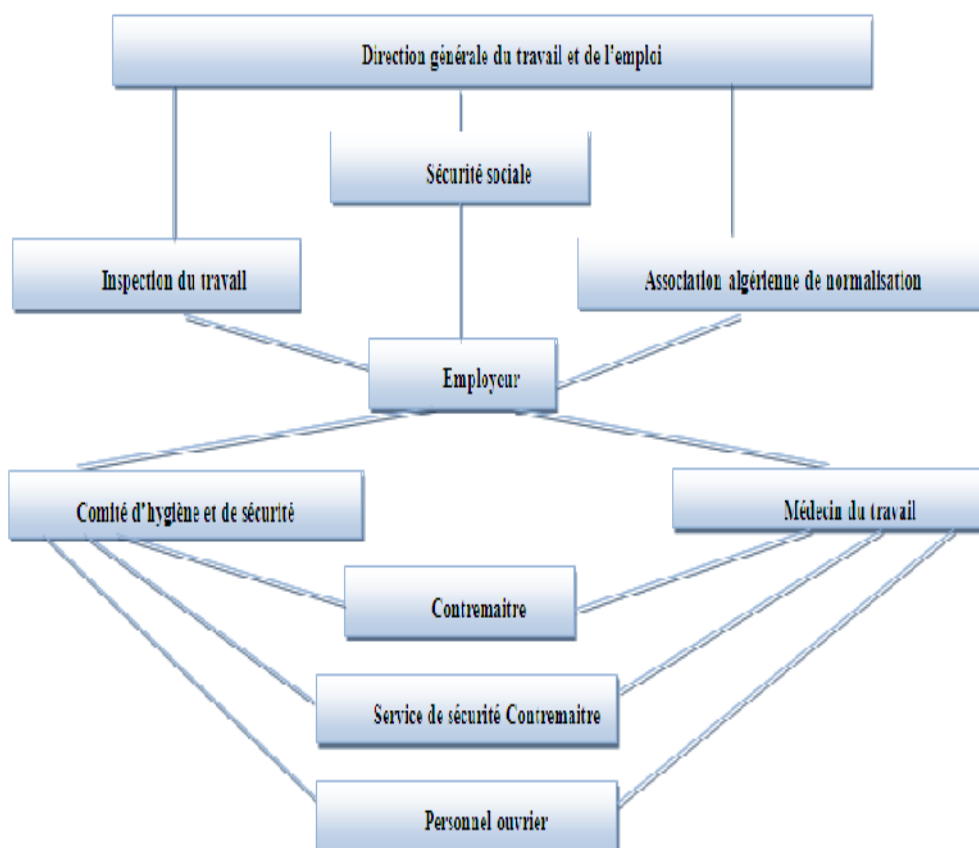


Figure VIII.1. Organigramme de la prévention.

Le contremaître constitue le maillon essentiel de la chaîne de prévention des accidents de travail. Vu sous l'angle de la protection du personnel, le rôle du contremaître revêt trois aspects importants qui sont la pédagogie, la surveillance et la suggestion.

VIII.2. Comité de sécurité

L'agent de sécurité fait la patrouille périodiquement dans le chantier et rapporte le résultat de la patrouille à la réunion tenue à cet égard.

VIII.3. Instructions structurelles sur la sécurité

VIII.3.1. Instructions à donner aux travailleurs et aux visiteurs du chantier

Quoiqu'il en soit, algérien ou étranger; la personne qui travaille ou pénètre dans le site doit être informée en matière de sécurité d'une façon qu'il respecte les normes de sécurité du chantier.

VIII.3.2. Instructions à donner au chef d'équipe

Le chef d'équipe doit vérifier périodiquement les mesures préventives contre les accidents.

a. Réunion matinale en matière de sécurité

Le contremaître de chaque poste préside tous les matins une réunion pour expliquer les détails des travaux à exécuter en précisant les instructions sur la sécurité.

b. Mise en ordre du chantier

L'effectif de chaque poste s'engage à la mise en ordre du chantier une fois par mois à la date préalablement fixée.

VIII.4. Contrôle et entretien du matériel

Les engins ne peuvent être utilisés sur le site qu'avec le bon de mise en service, qui sera émis à la suite du contrôle mécanique. Les engins utilisés doivent être soumis au contrôle journalier dont le résultat sera enregistré dans le rapport journalier.

Les engins doivent également être soumis au contrôle périodique dont le résultat sera enregistré dans le carnet d'entretien.

Les travailleurs doivent faire attention aux différents risques auxquels ils sont exposés, en l'occurrence les échafaudages, la plate-forme, la passerelle, le boisage, le coffrage et autres.

Les installations, les dispositifs et le matériel ou les engins utilisés doivent avoir notamment une résistance suffisante pour supporter les charges et les efforts auxquels ils sont soumis.

En outre, la stabilité des installations et des engins de toute nature mis en œuvre sur des chantiers doit être assurée d'une manière efficace.

VIII.5. Principales fonctions du service de sécurité

Les principales fonctions du service de sécurité sont résumées comme suit :

VIII.5.1. Etudes

- Participation au comité d'hygiène et de sécurité.
- Analyse des postes de travail « Etude Sécurité ».
- Suggestions du personnel.
- Statistique (élaboration et commentaire).
- Rapport avec l'administration.

VIII.5.2. Exécution

- Mesures légales d'hygiène et de sécurité (code de travail).
- Réalisations pratiques des suggestions et des études.

VIII.5.3. Contrôle

- Enquêtes à la suite des accidents.
- Inspections des installations.
- Visites périodiques effectuées par les organismes de contrôle.
- Contrôle éventuel des moyens de transport du personnel.

VIII.5.4. Animation

- Lutte contre l'incendie et les accidents de trajet.
- Equipes de secours.
- Formation spéciale concernant certaines professions.

VIII.5.5. Fonctions humaines**a. Sociale**

- Renseignements.
- Conseils.

b. Physiologique

- Etude physiologique du travail.
- Affectation et mouvement de la main-d'œuvre suivant l'avis du médecin du travail et en collaboration avec le service du personnel.

c. Psychologique

- Relations publiques intérieures de l'entreprise.
- Journal d'entreprise.
- Accueil des nouveaux embauchés.

- Développer l'esprit de sécurité.
- Causeries et expositions.

VIII.6. Causes des accidents de travail

L'analyse des accidents les plus fréquents fait apparaître des causes à la fois humaines et techniques (industrielle).

VIII.6.1. Causes humaines

Les facteurs concernent les actions dangereuses dans le travail dues au comportement humain qui nécessitent dans certains cas l'intervention d'un médecin et d'un psychologue tel que :

- La négligence des travailleurs.
- La fatigue excessive.
- La distraction.
- Les gestes néfastes.
- Inaptitude mentale ou physique.
- Adoption de la solution de facilité.
- Manque de concentration.
- L'agitation.
- La nervosité.

VIII.6.2. Causes techniques

Les causes d'accident d'origine matérielle évoluent généralement pendant l'exécution des travaux. Elles proviennent :

- Des mauvaises conditions de travail.
- De l'encombrement du matériel dans les chantiers et le mauvais stockage.
- Des outils et engins utilisés (implantation, entretien).
- Des conditions d'hygiène et de sécurité (ventilation, production).

VIII.7. Causes des maladies professionnelles

VIII.7.1. La poussière

Par son inhalation, la poussière est l'un des facteurs qui cause le plus de maladies graves. Parmi ces maladies, nous pouvons citer la silicose due aux poussières de silicium qui est l'une des plus grave et des plus fréquentes des maladies professionnelles. Notons également l'asbestose due aux poussières d'amiante, ainsi que la sidérose due aux poussières d'oxyde de fer.

Ces maladies se traduisent par un certain nombre de symptômes tels que :

- **Dyspnée** : au début difficulté de respirer, c'est une dyspnée d'effort, puis cela aboutit à une insuffisance respiratoire plus importante.

- **L'hémoptysie** : expectoration sanglante avec risque de tuberculose.

VIII.7.2. Le bruit

Les surdités professionnelles surviennent par traumatismes sonores dus à la nocivité du bruit pour l'oreille interne, surtout les bruits impulsifs inférieurs à une seconde et aigus, c'est une surdité de perception parce qu'elle se situe au niveau de l'oreille interne.

Nous pouvons citer comme exemple le marteau piqueur qui donne une surdité de perception avec une notion à clarifier : une durée minimale d'exposition de deux années, provoque un déficit Audiométrique bilatéral par lésions cochléaire irréversible, c'est-à-dire ne s'aggravant plus après cessation d'exposition aux risques, le marteau piqueur donne également des tendinites aux niveaux des coudes et des poignets par microtraumatismes dus aux vibrations.

VIII.8. Actions dangereuses dans le chantier

Les actions dangereuses sur le chantier sont :

- Intervenir sans précaution sur des machines en mouvement.
- Agir sans prévenir ou sans autorisation.
- Ne pas utiliser l'équipement de protection individuelle.
- Neutraliser les dispositifs de sécurité.
- Imprudence durant le travail, surtout lors des opérations de stockage et manutention.
- Adopter une position peu sûre.
- Travailler dans une altitude inappropriée.
- Suivre un rythme de travail inadapté.
- Plaisanter et manquer de concentration.
- Mauvaise utilisation d'un outillage ou d'un engin.
- Intervenir sans précaution sur des installations sous tension, sous pression ou contenant des substances toxiques ou inflammables.

VIII.8.1. Méthodes et moyens de prévention

Les méthodes et les moyens de prévention au niveau du chantier sont :

- Demander l'autorisation d'agir et avertir.
- La protection individuelle est obligatoire.
- Développer l'esprit de sécurité et d'hygiène.
- L'intervention à une meilleure utilisation.
- Veiller à une meilleure utilisation.
- Eviter toute cadence de travail supérieure à la normale.
- Veiller à être toujours concentré lors du travail notamment, lors de manipulation des engins dangereux.

VIII.9. Conditions dangereuses dans le chantier

Les conditions dangereuses sur le chantier sont :

- Installation non protégée ou mal protégée.
- Outillages, engins et équipements en mauvais état.
- Matière défectueuse, stockage irrationnel.
- Protection individuelle inexistante.
- Défauts dans la construction.
- Eclairage défectueux.
- Facteur d'ambiance impropre.
- Conditions climatiques défavorables.
- Mauvaise disposition des lieux.

La protection du personnel doit être assurée d'une manière bien satisfaisante par les services appropriés. Les mesures à prendre sont :

- Les appareils de levage doivent être établis sur une surface présentant une résistance suffisante.
- Les câbles et les chaînes de levage ne doivent pas être soumis à des charges supérieures aux charges admissibles.
- Les travaux ne doivent être exécutés que lorsque l'installation est mise hors tension et hors danger.
- Les abris doivent être aérés et chauffés.
- Assurer une protection individuelle.
- Assurer un entretien continu.
- Assurer un stockage rationnel.

VIII.10. Moyens employés pour promouvoir la sécurité de travail

Nous pouvons classer les différents moyens, généralement employés pour promouvoir la sécurité du travail comme suit:

a) L'action législative et réglementaire

Il s'agit de l'adoption des dispositions obligatoires sur les conditions générales de travail, la construction, l'entretien, l'inspection, les essais et l'utilisation du matériel et de l'outillage industriels, les devoirs des employeurs et des travailleurs, la formation professionnelle, la surveillance médicale, les premiers soins, etc.

b) La normalisation

La normalisation consiste en l'établissement des normes, officielles ou non officielles, relatives à la construction du matériel et de l'outillage industriels, aux normes de sécurité et d'hygiène, aux moyens de protection individuelle, etc.

c) L'inspection

L'inspection sur le chantier consiste à contrôler l'application des dispositions obligatoires.

d) La recherche technique

La recherche technique consiste à étudier les dispositifs de protection des machines, les méthodes de prévention des explosions, les matériaux et les modèles les meilleurs pour l'équipement et l'outillage industriels, la recherche de substances de remplacement des substances nocives, etc.

e) La recherche médicale

La recherche médicale est consacrée à l'étude des effets physiologiques et pathologiques du milieu et des techniques utilisées, des particularités constitutionnelles qui prédisposent l'individu aux accidents, etc.

f) La recherche psychologique

La recherche psychologique consiste à étudier les particularités psychologiques qui prédisposent l'individu aux accidents.

g) La recherche statistique

La recherche statistique permet d'établir le nombre, la nature et les causes des accidents, les catégories de personnes qu'ils touchent, les opérations au cours desquelles ils surviennent, etc.

h) L'éducation

L'éducation consiste en l'enseignement de la sécurité dans les écoles techniques et professionnelles, etc.

i) La formation

La formation assure l'enseignement pratique de la sécurité aux travailleurs, et surtout aux travailleurs débutants.

j) La persuasion

La persuasion consiste à employer diverses méthodes de propagande et d'appel aux intéressés, pour faire naître «l'esprit de sécurité».

k) Les avantages financiers accordés par les assurances pour promouvoir la prévention

Par exemple, la réduction des primes pour les entreprises qui prennent des mesures de sécurité.

l) L'action de prévention dans l'entreprise

La prévention des accidents exige la collaboration de toute sorte de gens ; détenteurs du pouvoir législatif et réglementaire, fonctionnaires, ingénieurs et techniciens, médecins, psychologues, statisticiens, enseignants, et celle, bien entendu, des employeurs et des travailleurs eux-mêmes.

VIII.11. Le coût des accidents de travail

Les accidents de travail peuvent avoir plusieurs types de coûts, il s'agit du «coût global des accidents», ou des « coûts directs et indirects », ou encore le coût «subjectif» (préjudice subi par la victime et sa famille considéré relativement à la valeur intangible de la vie humaine et de la santé) et le coût pour l'économie (frais médicaux, perte de production, dégâts matériels, frais administratifs, etc.).

Les principaux paramètres qui entrent en jeu dans le calcul du coût de l'accident de travail sont :

- Coût du temps perdu par la victime de l'accident.
- Coût du temps perdu par les autres salariés qui ont interrompu leur travail:
- Coût du temps perdu par les agents de maîtrise, les chefs de service et autres cadres:
- Coût du temps des secouristes et du personnel des services hospitaliers, lorsque ce coût n'est pas pris en charge par une compagnie d'assurance.
- Dommmages subis par les machines, l'outillage ou d'autres biens, perte de matières ou de fournitures.
- Coûts qu'entraîne la désorganisation de la production, les retards de livraison, la perte des bonus d'assurance, le paiement des dommages intérêts.
- Coût supporté par l'employeur au titre des régimes de prestations.
- Coût de la baisse de productivité de la victime à son retour au travail relativement au salaire (le salarié est payé intégralement même si les services qu'il peut fournir avant d'être complètement rétabli n'atteignent peut-être que la moitié de leur valeur normale)
- Manque à gagner sur la productivité de la victime et de l'équipement (moins bien utilisé).
- Coût dû à l'agitation causée par l'accident ou à rabatement qui peut lui succéder.
- Coût afférent aux frais généraux (les frais de loyer, de chauffage, d'éclairage, etc. continuent à courir alors que la victime n'est plus productive).

Conclusion

En dépit de ce qu'on vient de citer dans ce chapitre, on attendait à une fréquence des accidents de travaux amoindrie, si les consignes et les dispositifs vont être pris au sérieux.

L'environnement de travail contribue au développement et à une bonne gestion et exploitation des ouvrages, il est impératif de savoir les causes des accidents et éviter les actions dangereuses. Ainsi donc on peut gagner sur le plan financier et offrir une meilleure condition de travail pour les personnels et une bonne performance de fonctionnement des ouvrages.

CONCLUSION GENERALE

Au terme de ce modeste travail, il vient de signaler que l'alternative de la réutilisation des eaux usées épurées en agriculture irriguée doit attirer toute l'attention des décideurs vu les avantages qu'elle puisse présenter en termes d'économie de l'eau premièrement, ainsi que la qualité des fertilisants et des éléments nutritifs qu'on peut extraire à partir des boues produites.

Tandis que son utilisation à longs termes pour alimenter les réseaux équipés de micro-irrigation exige quelques précautions à l'amont vu que ces eaux peuvent être chargées ce qui pourra provoquer éventuellement des colmatages et des obturations du système.

Ce projet a consisté, en effet à dimensionner un réseau d'irrigation en goutte à goutte du périmètre Chaabat El Lham à partir de la STEP de Ain Timouchent.

Pour ce faire, nous avons commencé par l'évaluation des besoins des cultures qui sont l'olivier et les céréales dans notre cas. Et il s'avère que les céréales ne présentent aucun déficit, d'où la non nécessité d'un quelconque réseau d'irrigation. Par contre nous déduit après calcul un débit total de 44.4 l/s à amener à la parcelle de l'olivier.

Ce débit est distribué par le réseau dimensionné qui comporte huit postes. Ceux-ci sont desservis par le même réservoir de 350 m³.

Le calcul du réseau en question a révélé que tous les point défavorables sont satisfaits en termes de pression, d'où la non nécessité d'une pompe de soutien.

La conduite de refoulement qui relie la STEP au réservoir est de longueur de 731 m et de diamètre économique de 200 mm

Enfin, même si le cout de revient du projet est relativement élevé, son importance pour les citoyens et l'agriculture dans la région de Chaabat El Lham est capitale.

BIBLIOGRAPHIE

Ayes. R.S.; Westcot. DW : Water quality for agriculture. Irrigation and Drainage.1988

BECHAC.J, BOUTIN.P, MERCIER.B, BUER.P : Traitement des eaux usées.

Rev 1 Rome FAO (1984). p 29.

CARLOZ.A ; ROUSSELLE .R : L'irrigation par aspersion. Mise en œuvre de l'eau au niveau de la parcelle. Bull. Techn. Inform. Ministère Agriculture (F), (1970). p 247

Encarta2009: histoire d'irrigation.

FAO : Irrigation practice and water management. (1971) .p 84.

Internet : www.ingdz.com.

PHOCAIDES.A : MANUEL DES TECHNIQUES D'IRRIGATION SOUS PRESSION
ORGANISATION DES NATIONS UNIES POUR L'ALIMENTATION ET
L'AGRICULTURE. Rome, (2008)

René CLÉMENT ; Alain GALAND ; Jacques MEYLAN ; Techniques de l'ingénieur ; p
C5250 -20 a C5250-60.

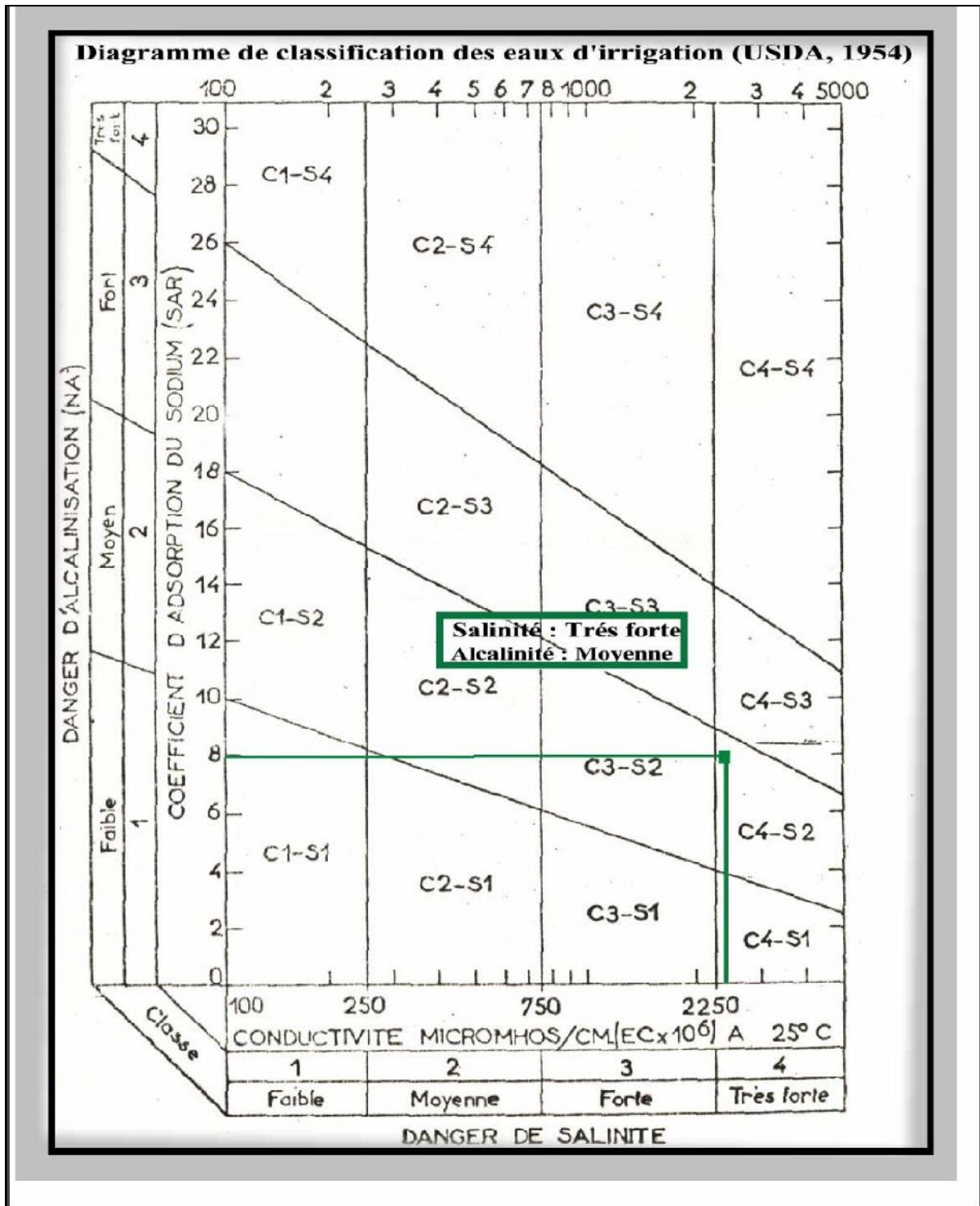
Dr TOUAIBIA.B ; Manuel Pratique d'Hydrologie. (Mars 2004) ; P 1-120.

Annexes

ANNEXE.I Concentration maximum recommandée d'éléments traces dans l'eau d'irrigation

| Élément trace | Concentration maximum recommandée (mg/l) | Utilisation allant jusqu'à 20 ans sur les sols à texture fine ayant un pH de 6 à 8.5 (mg/l) | Remarque |
|---------------|--|---|---|
| Aluminium, Al | 5.0 | 20.0 | Peut causer une absence de productivité en sols acides (pH <5.5), mais les sols plus alcalins au pH > 7.0 précipitation et élimination de la toxicité |
| Arsenic, As | 0.10 | 2.0 | Toxicité pour les plantes (de 12.0 mg/l – herbes du Soudan à <0.05mg/l pour le riz) |
| Bore, B | 0.5 - 15 | 2.0 | Toxicité pour les plantes (< 0.5mg/l – citron ; 1 .0mg/l - blé , 6.0mg/l – tomate et 15 mg/l – coton) |
| Béryllium, Be | 0.10 | 0.5 | Toxicité pour les plantes (de 5.0mg/l - chou frisé à 0.5mg/l - haricots de buisson) |
| Cadmium, Cd | 0.01 | 0.05 | Toxicité pour les haricots, betteraves et navets aux concentrations autour de 0.1mg/l. Limites conservatrices recommandées en raison de son potentiel d'accumulation dans les plantes et les sols aux concentrations qui peuvent nuire à la santé. |
| Cobalt, Co | 0.05 | 1.0 | Toxicité pour la tomate à 0.1 mg/l. Tendances à d'être inactivé dans les sols alcalins et neutres |
| Chrome, Cr | 0.10 | - | Non connu en tant qu'élément essentiel pour la croissance des plantes. Limites conservatrices recommandées en raison du peu d'information sur sa toxicité |
| Cuivre, Cu | 0.20 | 5.0 | Toxique à certaines plantes de 0.1 à 1.0mg/l. |
| Fluorure, F | 1.0 | 15.0 | Inactivé dans les sols neutres et alcalins |
| Fer, Fe | 5.0 | 20.0 | Non toxique aux plantes dans les sols aérés, mais peut contribuer à l'acidification des sols et l'indisponibilité du phosphore et molybdène. l'arrosage aérien (aspersion) peut avoir comme conséquence des dépôts sur les plantes, l'équipement et les bâtiments |
| Lithium, Li | 2.5 | 2.5 | Toléré par la plupart des cultures jusqu'à 5.0mg/l, mobilité dans le sol. Toxique aux agrumes à faible concentration (>0.075mg/l). Similarité avec le Bore. |
| Manganèse, Mn | 0.20 | 10.0 | Toxique à un certain nombre de cultures de quelques dixièmes de mg/l à quelques mg/l, mais généralement seulement dans les sols acides. |
| Molybdène, Mo | 0.01 | 0.05 | Non toxique aux plantes à des concentrations normales dans le sol et l'eau. Peut être toxique au bétail si le fourrage est cultivé dans des sols aux concentrations élevées de molybdène. |
| Nickel, Ni | 0.20 | 2.0 | Toxique à un certain nombre de plantes de 0.5mg/l à 1.0mg/l ; la toxicité est réduite pour des pH neutres et alcalins. |
| Plomb, Pb | 5.0 | 10.0 | Peut inhiber la croissance des cellules des plantes à des concentrations très élevées. |
| Sélénium, Se | 0.02 | 0.02 | Toxique aux plantes à des concentrations proches de 0,025 mg/l et toxique au bétail si le fourrage est cultivé dans des sols avec des concentrations élevées de sélénium. C'est un élément essentiel aux animaux mais à de faibles concentrations |
| Vanadium, V | 0.10 | 1.0 | Toxique à beaucoup de plantes à des concentrations relativement faibles. |
| Zinc, Zn | 2.0 | 10.0 | Toxique à beaucoup de plantes à des concentrations considérablement variables ; toxicité réduite à des pH > 6.0 et des sols de texture fine ou des sols organiques. |

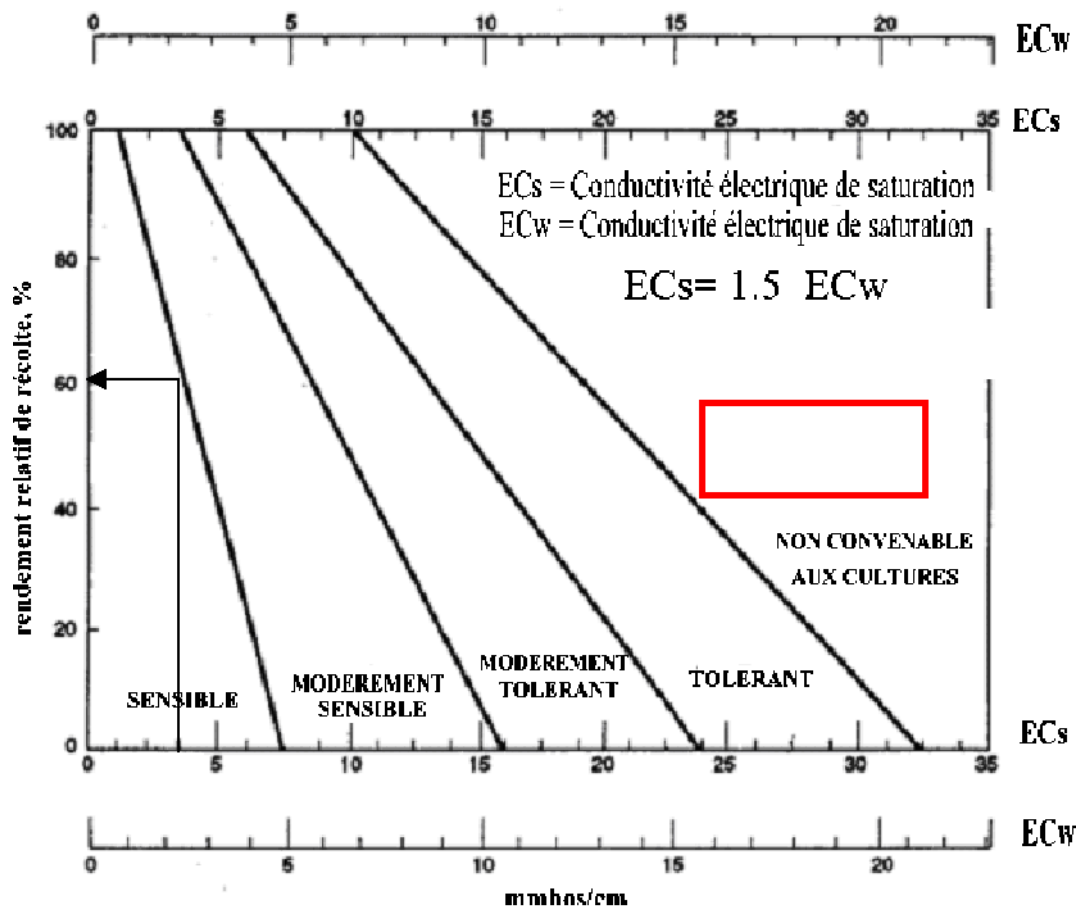
ANNEXE.II.1 diagramme USDA



ANNEXE.II.3 La qualité de l'eau pour l'irrigation Source : (Ayers & Westcot, 1985)

| Contraintes majeures liées à l'irrigation | Niveau de restriction de réutilisation | | | |
|---|--|--------------------|------------------|--------|
| | Unité | Aucune restriction | Minime à modérée | Sévère |
| Salinité | | | | |
| - Conductivité (CE) | mmhos/cm | < 0.7 | 0.7 – 3.0 | >3.0 |
| - TDS | mg/l | < 450 | 450 – 2000 | >2000 |
| Infiltration | | | | |
| SAR = 0 - 3 CE = | mmhos/cm | >0.7 | 0.7 – 0.2 | < 0.2 |
| = 3 - 6 CE = | mmhos/cm | >1.2 | 1.2 – 0.3 | < 0.3 |
| = 6 -12 CE = | mmhos/cm | >1.9 | 1.9 – 0.5 | < 0.5 |
| = 12 - 20 CE = | mmhos/cm | >2.9 | 2.9 – 1.3 | < 1.3 |
| = 20 - 40 CE = | mmhos/cm | >5.0 | 5.0 – 2.9 | < 2.9 |
| Toxicité | | | | |
| Sodium (Na) | | | | |
| Irrigation à la raie | SAR | < 3 | 3 – 9 | >9 |
| Irrigation par aspersion | méq/l | < 3 | >3 | >10 |
| Chlore (Cl) | | | | |
| Irrigation à la raie | méq/l | < 4 | 3 – 10 | |
| Irrigation par aspersion | méq/l | < 3 | >3 | |
| Bore (B) | | | | |
| Eléments trace | méq/l | < 0.7 | 0.7 – 3.0 | >3.0 |

ANNEXE.II.2 Montre l'influence de la salinité sur le rendement relatif des cultures



Classification des estimations du rendement relative des cultures agricoles d'après leur tolérance au sel

Source : Maas, 1984

ANNEXE.III.1.Tolérance relative des cultures à la salinité

| Tolérant | Modérément Tolérant | Modérément Sensible | Sensible |
|--|--|--|---|
| <u>fibres, graines et cultures sucrières</u> Orge Coton Jojoba Betterave à sucre <u>légumes</u> Asperges <u>Fruits</u> Dattes | <u>fibres, graines et cultures sucrières</u> dolique de Chine avoine seigle carthame sorgho soja blé blé dur <u>légumes</u> artichaut betterave rouge courgette <u>Fruits</u> figue jujube olive papaye ananas grenade | <u>fibres, graines et cultures sucrières</u> fève graine de ricin Mais lin textile Millet arachide Riz Cane à sucre Tournekol <u>légumes</u> broccoli pousses chou chou-fleur Céleri maïs doux concombre aubergine chou frisé chou-rave laitue cantaloup radis poivron pomme de terre potiron épinards courge patate (douce) tomate navet pastèque <u>Fruits</u> Raisin | <u>fibres, graines et cultures sucrières</u> haricot sésame <u>légumes</u> haricot carotte gombo oignon panais <u>Fruits</u> amande pomme abricot avocat mûre chérimolier cerise corinthe groseille à maquereau pamplemousse citron mango orange passiflore comestible pêche poire prune framboise pomme rose fraise mandarine |

ANNEXE.IV.1.Coefficients cultureux par région agricole

Wilaya de AinTemouchent Source : Etude Inventaire PMH 2008 et FAO

| | | | | Kc MENSUEL | | | | | | | | | | | |
|-------------------|----------------------------------|---|--------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Code culture | Culture | Code Region agricole | Coef d'atténuation | Sept | Oct | Nov | Dec | Jan | Fev | Mar | Avr | Mai | Juin | Juil | Aout |
| <i>Cod_Cul_Kc</i> | <i>Nom_Cul_Kc</i> | <i>Cod_Reg_Kc</i> | <i>Coef_Sat_Kc</i> | <i>Kc_Sep</i> | <i>Kc_Oct</i> | <i>Kc_Nov</i> | <i>Kc_Dec</i> | <i>Kc_Jan</i> | <i>Kc_Fev</i> | <i>Kc_Mar</i> | <i>Kc_Avr</i> | <i>Kc_Mai</i> | <i>Kc_Jui</i> | <i>Kc_Jul</i> | <i>Kc_Aou</i> |
| Cer_Irr | Céréales irriguées | COTES LITTORALES DU TLEMCAANAIS-ORANAIS | 1,00 | - | 0,02 | 0,16 | 0,40 | 0,64 | 0,89 | 1,07 | 0,77 | 0,21 | - | - | - |
| Fou_Irr | Fourrage irrigué | COTES LITTORALES DU TLEMCAANAIS-ORANAIS | 1,00 | - | 0,02 | 0,21 | 0,48 | 0,70 | 0,92 | 1,09 | 1,08 | 0,57 | 0,06 | - | - |
| Mar_Pri | Maraichage primeur | COTES LITTORALES DU TLEMCAANAIS-ORANAIS | 1,00 | - | 0,03 | 0,17 | 0,34 | 0,45 | 0,48 | 0,50 | 0,50 | 0,52 | 0,44 | 0,23 | 0,02 |
| Mar_Sai | Maraichage saison | COTES LITTORALES DU TLEMCAANAIS-ORANAIS | 1,00 | 0,05 | 0,08 | 0,10 | 0,10 | 0,04 | - | 0,16 | 0,53 | 0,72 | 0,77 | 0,46 | 0,05 |
| Mar_ArS | Maraichage arrière saison | COTES LITTORALES DU TLEMCAANAIS-ORANAIS | 1,00 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Mar_Ser1 | Maraichage sous serres - 1 | COTES LITTORALES DU TLEMCAANAIS-ORANAIS | 1,00 | - | - | 0,20 | 0,53 | 0,83 | 1,04 | 0,96 | 0,51 | 0,09 | - | - | - |
| Mar_Ser2 | Maraichage sous serres - 2 | COTES LITTORALES DU TLEMCAANAIS-ORANAIS | 1,00 | - | - | 0,20 | 0,53 | 0,83 | 1,04 | 0,96 | 0,65 | 0,92 | 1,08 | 0,90 | 0,30 |
| Agr_JPI | Agrumes - jeunes plantations | COTES LITTORALES DU TLEMCAANAIS-ORANAIS | 1,00 | 0,32 | 0,33 | 0,34 | 0,34 | 0,35 | 0,35 | 0,35 | 0,35 | 0,34 | 0,33 | 0,32 | 0,32 |
| Agr_Prd | Agrumes - en production | COTES LITTORALES DU TLEMCAANAIS-ORANAIS | 0,45 | 0,65 | 0,66 | 0,67 | 0,69 | 0,70 | 0,70 | 0,70 | 0,69 | 0,68 | 0,66 | 0,65 | 0,65 |
| Ros_JPI | Rosacées - jeunes plantations | COTES LITTORALES DU TLEMCAANAIS-ORANAIS | 1,00 | 0,47 | 0,46 | 0,42 | 0,39 | 0,32 | 0,29 | 0,29 | 0,31 | 0,37 | 0,43 | 0,47 | 0,47 |
| Ros_Prd | Rosacées - en production | COTES LITTORALES DU TLEMCAANAIS-ORANAIS | 0,25 | 0,93 | 0,91 | 0,84 | 0,78 | 0,63 | 0,58 | 0,58 | 0,62 | 0,74 | 0,86 | 0,93 | 0,93 |
| Oli_Jpi | Oliviers - jeunes plantations | COTES LITTORALES DU TLEMCAANAIS-ORANAIS | 1,00 | 0,35 | 0,35 | 0,35 | 0,35 | 0,33 | 0,32 | 0,32 | 0,33 | 0,34 | 0,34 | 0,35 | 0,35 |
| Oli_Prd | Oliviers - en production | COTES LITTORALES DU TLEMCAANAIS-ORANAIS | 0,15 | 0,70 | 0,70 | 0,70 | 0,70 | 0,67 | 0,65 | 0,65 | 0,66 | 0,67 | 0,69 | 0,70 | 0,70 |
| Vit_JPI | Viticulture - jeunes plantations | COTES LITTORALES DU TLEMCAANAIS-ORANAIS | 1,00 | 0,07 | - | - | - | 0,15 | 0,29 | 0,43 | 0,43 | 0,43 | 0,43 | 0,39 | 0,29 |
| Vit_Prd | Viticulture - en production | COTES LITTORALES DU TLEMCAANAIS-ORANAIS | 0,25 | 0,15 | - | - | - | 0,30 | 0,58 | 0,85 | 0,85 | 0,85 | 0,85 | 0,78 | 0,58 |
| Cer_Irr | Céréales irriguées | MONTS DU TESSALA BENI CHOUGRANE | 1,00 | - | 0,02 | 0,16 | 0,40 | 0,64 | 0,89 | 1,07 | 0,77 | 0,21 | - | - | - |
| Fou_Irr | Fourrage irrigué | MONTS DU TESSALA BENI CHOUGRANE | 1,00 | - | 0,02 | 0,21 | 0,48 | 0,70 | 0,92 | 1,09 | 1,08 | 0,57 | 0,06 | - | - |
| Mar_Pri | Maraichage primeur | MONTS DU TESSALA BENI CHOUGRANE | 1,00 | - | 0,00 | 0,04 | 0,10 | 0,15 | 0,23 | 0,50 | 0,74 | 0,96 | 0,89 | 0,46 | 0,02 |
| Mar_Sai | Maraichage saison | MONTS DU TESSALA BENI CHOUGRANE | 1,00 | 0,13 | 0,23 | 0,29 | 0,27 | 0,10 | - | 0,13 | 0,44 | 0,59 | 0,64 | 0,38 | 0,05 |
| Mar_ArS | Maraichage arrière saison | MONTS DU TESSALA BENI CHOUGRANE | 1,00 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Mar_Ser1 | Maraichage sous serres - 1 | MONTS DU TESSALA BENI CHOUGRANE | 1,00 | - | - | 0,20 | 0,53 | 0,83 | 1,04 | 0,96 | 0,51 | 0,09 | - | - | - |
| Mar_Ser2 | Maraichage sous serres - 2 | MONTS DU TESSALA BENI CHOUGRANE | 1,00 | - | - | 0,20 | 0,53 | 0,83 | 1,04 | 0,96 | 0,65 | 0,92 | 1,08 | 0,90 | 0,30 |
| Agr_JPI | Agrumes - jeunes plantations | MONTS DU TESSALA BENI CHOUGRANE | 1,00 | 0,32 | 0,33 | 0,34 | 0,34 | 0,35 | 0,35 | 0,35 | 0,35 | 0,34 | 0,33 | 0,32 | 0,32 |
| Agr_Prd | Agrumes - en production | MONTS DU TESSALA BENI CHOUGRANE | 0,45 | 0,65 | 0,66 | 0,67 | 0,69 | 0,70 | 0,70 | 0,70 | 0,69 | 0,68 | 0,66 | 0,65 | 0,65 |
| Ros_JPI | Rosacées - jeunes plantations | MONTS DU TESSALA BENI CHOUGRANE | 1,00 | 0,47 | 0,46 | 0,43 | 0,39 | 0,32 | 0,30 | 0,30 | 0,32 | 0,37 | 0,43 | 0,47 | 0,47 |
| Ros_Prd | Rosacées - en production | MONTS DU TESSALA BENI CHOUGRANE | 0,25 | 0,94 | 0,92 | 0,85 | 0,79 | 0,64 | 0,59 | 0,59 | 0,63 | 0,75 | 0,86 | 0,94 | 0,94 |
| Oli_Jpi | Oliviers - jeunes plantations | MONTS DU TESSALA BENI CHOUGRANE | 1,00 | 0,35 | 0,35 | 0,35 | 0,35 | 0,33 | 0,32 | 0,32 | 0,33 | 0,34 | 0,34 | 0,35 | 0,35 |
| Oli_Prd | Oliviers - en production | MONTS DU TESSALA BENI CHOUGRANE | 0,15 | 0,70 | 0,70 | 0,70 | 0,70 | 0,67 | 0,65 | 0,65 | 0,66 | 0,67 | 0,69 | 0,70 | 0,70 |
| Vit_JPI | Viticulture - jeunes plantations | MONTS DU TESSALA BENI CHOUGRANE | 1,00 | 0,07 | - | - | - | 0,15 | 0,29 | 0,43 | 0,43 | 0,43 | 0,43 | 0,39 | 0,29 |
| Vit_Prd | Viticulture - en production | MONTS DU TESSALA BENI CHOUGRANE | 0,25 | 0,15 | - | - | - | 0,30 | 0,58 | 0,85 | 0,85 | 0,85 | 0,85 | 0,78 | 0,58 |
| Cer_Irr | Céréales irriguées | PLAINE ET COTEAUX D'AIN TEMOUCHENT-M'LETA | 1,00 | - | 0,02 | 0,16 | 0,40 | 0,64 | 0,89 | 1,07 | 0,77 | 0,21 | - | - | - |
| Fou_Irr | Fourrage irrigué | PLAINE ET COTEAUX D'AIN TEMOUCHENT-M'LETA | 1,00 | - | 0,02 | 0,21 | 0,48 | 0,70 | 0,92 | 1,09 | 1,08 | 0,57 | 0,06 | - | - |
| Mar_Pri | Maraichage primeur | PLAINE ET COTEAUX D'AIN TEMOUCHENT-M'LETA | 1,00 | - | 0,03 | 0,17 | 0,34 | 0,45 | 0,48 | 0,50 | 0,50 | 0,52 | 0,44 | 0,23 | 0,02 |
| Mar_Sai | Maraichage saison | PLAINE ET COTEAUX D'AIN TEMOUCHENT-M'LETA | 1,00 | 0,05 | 0,08 | 0,10 | 0,10 | 0,04 | - | 0,16 | 0,53 | 0,72 | 0,77 | 0,46 | 0,05 |
| Mar_ArS | Maraichage arrière saison | PLAINE ET COTEAUX D'AIN TEMOUCHENT-M'LETA | 1,00 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Mar_Ser1 | Maraichage sous serres - 1 | PLAINE ET COTEAUX D'AIN TEMOUCHENT-M'LETA | 1,00 | - | - | 0,20 | 0,53 | 0,83 | 1,04 | 0,96 | 0,51 | 0,09 | - | - | - |
| Mar_Ser2 | Maraichage sous serres - 2 | PLAINE ET COTEAUX D'AIN TEMOUCHENT-M'LETA | 1,00 | - | - | 0,20 | 0,53 | 0,83 | 1,04 | 0,96 | 0,65 | 0,92 | 1,08 | 0,90 | 0,30 |
| Agr_JPI | Agrumes - jeunes plantations | PLAINE ET COTEAUX D'AIN TEMOUCHENT-M'LETA | 1,00 | 0,32 | 0,33 | 0,34 | 0,34 | 0,35 | 0,35 | 0,35 | 0,35 | 0,34 | 0,33 | 0,32 | 0,32 |
| Agr_Prd | Agrumes - en production | PLAINE ET COTEAUX D'AIN TEMOUCHENT-M'LETA | 0,45 | 0,65 | 0,66 | 0,67 | 0,69 | 0,70 | 0,70 | 0,70 | 0,69 | 0,68 | 0,66 | 0,65 | 0,65 |
| Ros_JPI | Rosacées - jeunes plantations | PLAINE ET COTEAUX D'AIN TEMOUCHENT-M'LETA | 1,00 | 0,47 | 0,46 | 0,42 | 0,39 | 0,32 | 0,29 | 0,29 | 0,31 | 0,37 | 0,43 | 0,47 | 0,47 |
| Ros_Prd | Rosacées - en production | PLAINE ET COTEAUX D'AIN TEMOUCHENT-M'LETA | 0,25 | 0,93 | 0,91 | 0,84 | 0,78 | 0,63 | 0,58 | 0,58 | 0,62 | 0,74 | 0,86 | 0,93 | 0,93 |
| Oli_Jpi | Oliviers - jeunes plantations | PLAINE ET COTEAUX D'AIN TEMOUCHENT-M'LETA | 1,00 | 0,35 | 0,35 | 0,35 | 0,35 | 0,33 | 0,32 | 0,32 | 0,33 | 0,34 | 0,34 | 0,35 | 0,35 |
| Oli_Prd | Oliviers - en production | PLAINE ET COTEAUX D'AIN TEMOUCHENT-M'LETA | 0,15 | 0,70 | 0,70 | 0,70 | 0,70 | 0,67 | 0,65 | 0,65 | 0,66 | 0,67 | 0,69 | 0,70 | 0,70 |
| Vit_JPI | Viticulture - jeunes plantations | PLAINE ET COTEAUX D'AIN TEMOUCHENT-M'LETA | 1,00 | 0,07 | - | - | - | 0,15 | 0,29 | 0,43 | 0,43 | 0,43 | 0,43 | 0,39 | 0,29 |
| Vit_Prd | Viticulture - en production | PLAINE ET COTEAUX D'AIN TEMOUCHENT-M'LETA | 0,25 | 0,15 | - | - | - | 0,30 | 0,58 | 0,85 | 0,85 | 0,85 | 0,85 | 0,78 | 0,58 |

ANNEXE.IV.2.Reserve d'Humidite Facilement Utilisable (RFU)

5. RESERVE D'HUMIDITE FACILEMENT UTILISABLE (RFU)

| DONNEES GENERALES SUR LA PROFONDEUR D'ENRACINEMENT DES CULTURES EN PHASE DE PLEIN DEVELOPPEMENT, FRACTION DE L'EAU UTILISABLE (p) ET RESERVE FACILEMENT UTILISABLE (p.Sa) POUR DIFFERENTS TYPES DE SOLS (en mm/m de profondeur) QUAND ET _{cult} = 5-6 mm/jour | | | | | |
|--|---------------------------------|---|--|-----------|-------------|
| Culture | Profondeur d'enracinement (d) m | Fraction (p) de l'eau utilisable ¹ | Réserve d'eau facilement utilisable (p.Sa) mm/m ¹ | | |
| | | | T.fin | T.moyenne | T.grossière |
| Luzerne | 1.0-2.0 | 0.55 | 110 | 75 | 35 |
| Banane | 0.5-0.9 | 0.35 | 70 | 50 | 20 |
| Orge ² | 1.0-1.5 | 0.55 | 110 | 75 | 35 |
| Haricot ² | 0.5-0.7 | 0.45 | 90 | 65 | 30 |
| Betterave | 0.6-1.0 | 0.5 | 100 | 70 | 35 |
| Chou | 0.4-0.5 | 0.45 | 90 | 65 | 30 |
| Carotte | 0.5-1.0 | 0.35 | 70 | 50 | 20 |
| Céleri | 0.3-0.5 | 0.2 | 40 | 25 | 10 |
| Agrumes | 1.2-1.5 | 0.5 | 100 | 70 | 30 |
| Trèfle | 0.6-0.9 | 0.35 | 70 | 50 | 20 |
| Cacao | | 0.2 | 40 | 30 | 15 |
| Coton | 1.0-1.7 | 0.65 | 130 | 90 | 40 |
| Concombre | 0.7-1.2 | 0.5 | 100 | 70 | 30 |
| Datte | 1.5-2.5 | 0.5 | 100 | 70 | 30 |
| Fruitiers cadu. | 1.0-2.0 | 0.5 | 100 | 70 | 30 |
| Lin ² | 1.0-1.5 | 0.5 | 100 | 70 | 30 |
| Céréales ² | 0.9-1.5 | 0.6 | 120 | 80 | 40 |
| Céré. d'hiver ² | 1.5-2.0 | 0.6 | 120 | 80 | 40 |
| Vigne | 1.0-2.0 | 0.35 | 70 | 50 | 20 |
| Gazon | 0.5-1.5 | 0.5 | 100 | 70 | 30 |
| Arachide | 0.5-1.0 | 0.4 | 80 | 55 | 25 |
| Laitue | 0.3-0.5 | 0.3 | 60 | 40 | 20 |
| Maïs ² | 1.0-1.7 | 0.6 | 120 | 80 | 40 |
| Maïs-ensilage | | 0.5 | 100 | 70 | 30 |
| Melón | 1.0-1.5 | 0.35 | 70 | 50 | 25 |
| Olivier | 1.2-1.7 | 0.65 | 130 | 95 | 45 |
| Oignons | 0.3-0.5 | 0.25 | 50 | 35 | 15 |
| Palmier | 0.7-1.1 | 0.65 | 130 | 90 | 40 |
| Pois | 0.6-1.0 | 0.35 | 70 | 50 | 25 |
| Poivron | 0.5-1.0 | 0.25 | 50 | 35 | 15 |
| Ananas | 0.3-0.6 | 0.5 | 100 | 65 | 30 |
| Pomme de terre | 0.4-0.6 | 0.25 | 50 | 30 | 15 |
| Carthame ² | 1.0-2.0 | 0.6 | 120 | 80 | 40 |
| Sisal | 0.5-1.0 | 0.8 | 155 | 110 | 50 |
| Sorgho ² | 1.0-2.0 | 0.55 | 110 | 75 | 35 |
| Soja | 0.6-1.3 | 0.5 | 100 | 75 | 35 |
| Epinard | 0.3-0.5 | 0.2 | 40 | 30 | 15 |
| Fraisier | 0.2-0.3 | 0.15 | 30 | 20 | 10 |
| Betterave suc. | 0.7-1.2 | 0.5 | 100 | 70 | 30 |
| Canne à sucre ² | 1.2-2.0 | 0.65 | 130 | 90 | 40 |
| Tournesol ² | 0.8-1.5 | 0.45 | 90 | 60 | 30 |
| Patate douce | 1.0-1.5 | 0.65 | 130 | 90 | 40 |
| Tabac - init. | 0.5-1.0 | 0.35 | 70 | 50 | 25 |
| tard | | 0.65 | 130 | 90 | 40 |
| Tomate | 0.7-1.5 | 0.4 | 180 | 60 | 25 |
| Légumes | 0.3-0.6 | 0.2 | 40 | 30 | 15 |
| Blé | 1.0-1.5 | 0.55 | 105 | 70 | 35 |
| maturité | | 0.9 | 180 | 130 | 55 |
| Volume total d'eau du sol disponible (Sa) (mm/m) | | | 200 | 140 | 60 |

¹ Quand ET_{cult} < 3 mm/jour, augmenter les valeurs de 30 % ; quand ET_{cult} > 8 mm/jour, réduire les valeurs de 30 %. Ceci suppose des conditions non salines (CE < 2 dS/m).

² Des valeurs supérieures à celles indiquées ici sont observées durant la maturation.

Sources: Taylor (1965), Stuart et Hagan (1972), Salter et Goode (1967), Rijtema (1965), etc.

Source: Bulletin FAO d'Irrigation et Drainage N° 24, Tableau 39 (nouvelle version).