

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'HYDRAULIQUE- ARBAOUI Abdellah -

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 drainage

THEME :

**DIMENSIONNEMENT D'UN RESEAU D'IRRIGATION
LOCALISEE SOUS VERGER D'AGRUMES A PARTIR
DES EAUX USEES EPUREES DE LA STEP DE
HADJOUT**

Présenté par :

M^r BELHADJ HAMZA

DEVANT LES MEMBRES DU JURY

Nom et Prénom	Grade	Qualité
M^r T.KHETTAL	M.C.A	President
M^{me} O.AZIEZ	M.A.A	Examinatrice
M^{me} D.DJODAR	M.A.A	Examinatrice
M^r D.KOLIAI	Ing. En chef	Examineur
M^{me} S.LEULMI	M.A.A	Examinatrice
M^r M.N.CHABACA	M.C.A	Promoteur

Septembre-2013

REMERCIEMENTS

Au terme de cette étude, fruit de mes années de labeur, je tiens à remercier sincèrement Dieu, de m'avoir octroyé les moyens et les personnes qui m'ont aidé dans son élaboration, ainsi que ceux qui ont bien voulu l'évaluer :

Je tiens à remercier du fond du cœur :

Mon promoteur M^r **M. N. CHABACA**, qui m'a énormément aidé à achever ce travail, que ce soit par ses conseils, ses orientations, sa disponibilité, ou même avec sa sympathie et son éternel sourire qui nous redonnent à chaque fois la volonté et la force de travailler ;

Je tiens à remercier tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin dans la réalisation de ce mémoire.

J'adresse mes remerciements à :

Tous les enseignants de l'E.N.S.H

Mon respect aux membres de jury qui me feront l'honneur de juger ce travail, je les remercie vivement

Dédicaces

Je dédie ce travail à ma mère et à mon père, envers lesquels

Je ne saurai exprimer ma reconnaissance et ma gratitude,

Que dieu tout puissant les garde pour moi.

A mes frères : ABD Salam, Ahmed, Ali, et Khaled ainsi que mes sœurs pour leur amour et leur soutien inconditionnel,

A tous mes amis, surtout seif, Mohamed, tounsi, Yacine, talal, Mourad, Youcef (elmur), Bilal, charf, Sofiane, moussa, rami, minour, nour, boualam

Sans oublier zaki et Abd errahmane (pihom) et Walid (cha3A) et Bilal (mez3ach).

A l'équipe Etihad char9 (hamza, Yacine, Mahfoud, l3id, mos3ab, zaki, hcen, Boubaker, Bilal, nadjib, 3atya)

.....*Belhadj hamza*

ملخص:

في هذه المذكرة قمنا بدراسة كيفية تزويد الاراضي الزراعيه بالمياه باستخدام تقنية السقي بالتقطير إنطلاقا من محطة تصفية المياه المستعملة لمدينة حجوط ولاية تيبازة. لهذا الغرض قمنا بدراسة عامة لمختلف خصائص المنطقة من حيث المناخ و من حيث الخصائص المتعلقة بنوعية التربة و نوعية المياه المستعملة.

Résumé :

L'objectif de ce mémoire est la conception du réseau d'irrigation par le système goutte à goutte qui vas alimenter en eaux usées épurées partir de la station d'épuration de HADJOUT (W.TIPAZA).

Pour cela nous avons fait une étude générale sur les caractéristiques climatiques ainsi que les caractéristiques des sols et des qualités des eaux épurées de la région.

Abstract:

The objective of this study is the conception of the irrigation newt work using drop by drop irrigation technique used waters treated in the station of HADJOUT (wilaya of TIPAZA).

For this we made a general survey on the climatic feature, as well as the characteristic of the soils and the waters treated of the region.

SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE.....	1
Chapitre I : analyse des conditions naturelles et agricoles de la zone d'études	
I.1 .Localisation de la zone d'étude	2
I.2.Donneés naturelles et agricoles du site.....	4
I.2.1.Situation topographique.....	4
I.2.2.Géologie	4
I.2. 3.Réseau hydrographique	4
I.2.4.Sismicité	5
I.2.5.Situation climatique.....	5
I.2.5.1.Pluviométrie.....	5
I.2.5.2.Températures.....	6
I.2.5.3.Humidité	7
I.2.5.4.Les vents.	7
I.2.5.5.Evaporation	8
I.2.5.6.Gel.....	8
I.2.5.7.Insolation	9
I.2.6.Classification du climat	9
I.2.6.1.Classification du climat selon l'indice de MARTON.....	9
I.2.6.2.Classification du climat selon le diagramme d'EMBERGER.....	10
I. 3) Climogramme pluvio-thermique de BAGNOULS ET GAUSSEN.....	11
I. 4) Hydrologie	12
I. 4.1) Réseau pluviométrique	13
I -4-2) Homogénéité de la Série Pluviométrique	15
I. 4.3). Etude de l'échantillon et choix du type de loi.....	17

I-4-3-1)- Traitement des données	17
I .4.3.2. Ajustement de la série pluviométrique.....	18
I.4.3.2.1.Ajustement de la série pluviométrique à la loi log-Normale.....	18
I .4.3.2.2.Ajustement de la série pluviométrique à la loi Normale.....	19
I .4.3.2.3.Test de validité d'un ajustement	21
I .4.3.2.3.1.Test de validité de l'ajustement à la loi log-Normale	21
I .4.3.2.3.2.Test de validité de l'ajustement à la loi Normale	22
I.5.5 détermination de l'année de calcul	22
I-5 .Ressource en sol	23
Conclusion	26

Chapitre II : Présentation de la station d'épuration de Hadjout

INTRODUCTION.....	27
II.1. Présentation de la station d'épuration de Hadjout	27
II.1.1.Situation géographique de la commune de Hadjout.....	27
II.1.2. localisation de la STEP de HADJOUT.....	27
II.1.3.OBJECTIFS DE LA STEP DE HADJOUT	29
II.2-Données de base	29
II.2.1. Caractéristiques de l'influent.....	29
II.2.1.1.Charge Hydraulique.....	29
II.2.1.2.Caractéristiques de l'effluent final	30
II.3. Les ouvrages de la station.....	30
II.3.1. Prétraitement	33
II.3.1.1. dégrillage grossier.....	33
II.3.1.2. Station de relevage	33
II.3.1.3. Dégrillage fin	34
II.3.1.4.Dessableur/Déshuileur	34

II .3.2. Traitement biologique	34
II .3.3. Décanteurs secondaires	36
II.3.4.Traitement des boues	36
II.4.Qualité des eaux	37
II.4.1.Eaux usées brutes (Entrée de la STEP)	37
II.4.2.Eaux usées épurées (Sortie de la STEP)	37
II.1.2.3.Mesure des débits (Sortie de la STEP)	38
II.5. Avantages et inconvénients de la réutilisation des eaux usées épurées dans l'irrigation	39
II.6.Lutte contre la salinité et la toxicité	40
II.6.1) Pour le problème de la salinité il faut	40
II.6.2) Pour le problème de la toxicité il faut	40
II.7. Etude physico-chimique des eaux de la STEP de Hadjout.....	40
II.7.1. Considérations générales sur la qualité d'eau d'irrigation.....	40
II.7.2. Classification des eaux d'irrigation.....	41
II.7.2.1.Classification mondiale (F.A.O)	42
II.7.2.2. Classification Russe.....	43
II.7.2. 3.Classification Américaine	43
II.8. Evaluation de la qualité de l'eau usée épurée de la STEP de HADJOUT.....	44
II.8.1. Normes de rejets.....	44
II.8.2. Résultats d'analyses et interprétation	45
Conclusion	48

Chapitre III : Régime d'irrigation

III .1. Introduction	49
III .2.Définition d'un régime d'irrigation.....	49
III .3. Besoins en eau des cultures.....	49
III .3. 1. Définition	49

III .3. 2. L'évapotranspiration.....	49
III .3. 2.1. Méthodes d'évaluation de l'évapotranspiration.....	50
III .3. 2.1.1. Méthodes directes	50
III .3. 2.1.2. Méthodes indirectes.....	51
1) Formule de Blaney et Criddle	51
2) Formule de Turc	51
3) Formule de Penman	52
III .3.2.2. Calcul de l'évapotranspiration	53
III.4.L'occupation des sols et le choix des cultures.....	53
III .5. Détermination des besoins en eau d'irrigation	56
III .5.1. Définition	56
III .5.3) Pluies efficaces (Pe)	56
III .5.4) <i>Les besoins en eau des cultures</i>	57
Conclusion	59

IV. Techniques d'arrosage utilisée

IV.1. Introduction.	60
IV. 2.Les différentes techniques d'irrigation.	60
IV.3. Choix de la technique d'irrigation convenable.....	60
IV.4. Mode d'arrosage.....	61
IV.5.La micro irrigation (irrigation localisée).....	61
IV.5.1. Définition.....	61
IV.5.2. Dispositions générales	62
IV.5.3. Avantages.....	63
IV.5. 4. Inconvénients.....	64
IV.5.5. Composition d'une installation d'irrigation goutte à goutte.....	64
a). Groupe de pompage.....	65
b). Filtre à sable.....	65
c). Borne d'irrigation.....	65

d). Régulateur de pression.....	65
f). la conduite principale.....	65
g) portes rampes.....	65
h). les rampes.....	66
i). les distributeurs.....	66
i.1). Différents types de distributeurs.....	66
1. Goutteurs.....	66
2. Gaines.....	67
3. Tubes poreux.....	67
4. Mini diffuseurs.....	67
5. Ajutages calibrés (procédé Bas-Rhône).....	67
IV.5.6. Choix d'un distributeur dans l'irrigation en goutte à goutte.....	67
a)la qualité de l'eau.....	67
b) la nature du sol.....	68
c)la nature des cultures.....	68
Conclusion	68

Chapitre V : Réseau d'irrigation

V.1 Dimensionnement d'un îlot type.....	69
V.1.1Choix de l'îlot type	69
V.1.1.1. Prise d'irrigation	69
V.1.2. Taille de l'îlot	69
V.2. Données générales.....	70
V.2.1. Calcul du débit maximum journalier	70
V.2.2. Besoins d'irrigation des cultures en irrigation localisée.....	71
V.2.2.1. Influence du taux de couverture du sol	71
V.2.2.2 Besoins d'irrigation brute Bbrut	72
V.2.2.3 Pourcentage de sol humidifié.....	72
V.2.2.4 Fréquence d'arrosage.....	73
V.2.2.5. Durée d'arrosage.....	73
V.2.2.6.Calcul du nombre de postes	74
V.2.2.7. Surface d'un poste.....	74
V.2.3. Choix des goutteurs dans notre zone d'étude la densité des cultures	74
V.2.3.1. Nombre des goutteurs.....	74

V.2.3.3. Nombre des rampes	74
V.2.3.4. Débit de poste	74
V.2.4. Calcul hydraulique.....	75
V.2.4.1. Débit.....	75
V.2.4.2. perte de charges	75
V.2.4.3 Conditions hydrauliques.....	77
V.2.4.3.1 Position de porte rampe.....	77
V.2.4.3.2 Détermination des portes rampes.....	77
V.2.4.4 Calcul de la canalisation principale.....	77
V.2.4.5 Calcul de la pression en tête de la parcelle	78
V.3.Capacité du bassin d'irrigation.....	79
V.3.1.Dimensionnement du bassin d'irrigation.....	80
Conclusion.....	80

Chapitre VI : Évaluation économique du projet

VI-1) Introduction	81
VI-2) Coût Des Conduites	81
VI-3) Devis Estimatif Des Equipements	81
VI-4) Devis Global	82
VI-5) Conclusion	82
Conclusion générale	83

LISTE DES TABLEAUX

Chapitre I : analyse des conditions naturelles et agricoles de la zone d'études

Tableau I.1 - Répartition de la superficie équipée du périmètre d'irrigation Sahel Algérois Ouest.	2
Tableau I-02 : Pluviométrie moyenne mensuelle	5
Tableau I-03 : températures moyenne mensuelles et annuelles	6
Tableau I-04 : Humidités moyennes mensuelles (station de Tipaza).....	7
Tableau I-05 : Vitesses moyennes mensuelles des vents	7
Tableau I-06: Moyenne mensuelle de l'évaporation.....	8
Tableau I-07 : Nombre moyen de jours de gelée.....	8
Tableau I-08 : Moyenne mensuelle de l'insolation	9
Tableau I -09 : classification de climat selon MARTON.....	9
Tableau I-10 : Caractéristiques de la station pluviométrique.....	13
Tableau I-11 Pluviométrie moyenne.....	13
Tableau I-12 : teste de wilcoxon.....	16
Tableau I-13: Ajustement à une loi Log-normal.....	18
Tableau I-14Ajustement à une loi –normal.....	20
Tableau I-15 : Pluviométrie moyenne pour chaque mois en mm.....	23
Tableau I-16: les valeurs de $P_{moy 80 \%}$	23
Tableau I.17: Classes de sols.....	24

Chapitre II : Présentation de la station d'épuration de Hadjout

Tableau II.1 : Les normes appliqué dans la STEP	29
Tableau II.2: données de la charge Hydraulique.....	29
Tableau II.3 : Les caractéristiques de la pollution à traiter.....	30
Tableau II.4: les paramètres physico-chimiques des eaux usées brutes.	37
Tableau II. 5 : Paramètres physicochimiques des eaux usées épurées.....	37
Tableau II.6.: Rendement d'élimination.....	38
Tableau II.7: les débits et les volumes épurés durant l'année 2012(STEP de HADJOUT).	38
Tableau II.10 : Normes de rejets pour l'irrigation (Normes Algériennes).....	45

Tableau II.11 : Spécifications physico-chimiques des eaux usées épurées de la STEP DE Hadjout en 2012 (entré et sortie).....	45
---	----

Chapitre III : Régime d'irrigation

Tableau III.1 : Les résultats de l'ET0 obtenir à l'aide du logiciel CROPWAT.....	53
Tableau III .2: surface occupée par les différentes cultures.....	54
Tableau III.3: Représentation de l'assolement choisi.....	57
Tableau III .4: pluviométries moyennes et efficaces pour chaque mois en mm.....	57
Tableau III.5 : répartition mensuelle d'agrumes.....	57
Tableau II.6: Besoins en eau des cultures en mm.....	58
Tableau III.7 : Récapitulatif des besoins totaux en eau pour toute la surface de la culture	59

Chapitre V : Réseau d'irrigation

Tableau V .1 : Débits normalisés des prises	69
Tableau V .2 : caractéristique de la rampe.....	77
Tableau V.3 : caractéristique de la porte rampe.....	77

Chapitre VI : Évaluation économique du projet

Tableau VI.1 : les prix des conduites.....	81
Tableau VI.2 : Devis estimatif des équipements.....	81
Tableau VI.3 : Devis estimatif global.....	82

LISTE DES FIGURES

Chapitre I : analyse des conditions naturelles et agricoles de la zone d'études

Figure .I.01 : localisation de la zone d'étude (Extrait de carte topographique de Tipaza à l'échelle 1/250000).....	3
Figure. I.02 : La répartition mensuelle de la pluie moyenne annuelle	6
Figure. I.03 : Graphes de température.....	7
Figure. I.04 : La répartition mensuelle de l'Evaporation moyenne annuelle	8
Figure I-5 : Diagramme bioclimatique.....	11
Figure. I.6 : Climogramme pluviothermique.....	12
Figure. I.7 : Ajustement à une loi log-normale.....	19
Figure. I.8 : Ajustement à une loi normale	21

Chapitre II : Présentation de la station d'épuration de Hadjout

Figure II. 1. localisation de SETP de Hadjout.....	28
Figure II.02 : Organigramme de la station de traitement.....	32
Figure II.3: Le dégrilleur grossie.....	33
Figure II.4: Station de relevage.	33
Figure II.5: Dégrillage fin	34
Figure II. 6: Dessableur /déshuileu.....	34
Figure II. 7: Compartiment Anaérobique - Traitement biologique	35
Figure II. 8: Compartiment Anoxique - Traitement biologique	35
Figure II. 9: Compartiment Aérobie - Traitement biologique.....	35
Figure II.10: Décanteur secondaire.	36
Figure II.11 : Déshydratation par presse à bandes (à gauche) Epaisseur de boues (à droite)	36
Figure II.12 : la variation du volume durant l'année 2012(STEP de Hadjout).....	39
Figure II.13 .Diagramme de classification des eaux d'irrigation.....	47

IV. Techniques d'arrosage utilisé

Figure. IV.1 : irrigation localisée	61
Figure. IV.2 : Zone humidifié par le goutteur.....	62
Figure. IV.3 : schéma général d'une installation d'irrigation localisée.....	63
Figure. IV.4 : goutteur	66

Chapitre V : Réseau d'irrigation

FigureV.01 : La pression en tête de l'installation théorique.....	79
---	----

Liste des planches

PlancheN°01 : Plan de situation du secteur IV et notre parcelle

(W.TIPAZA)

PlancheN°02 : profil en long de la conduite principale

PlancheN°03 : plan du réseau de distribution

PlancheN°04 : Schéma explicatif des profils pédologique du

périmètre du sahel algérois Ouest secteur IV (W.TIPAZA)

INTRODUCTION GENERALE

La réutilisation et le recyclage des eaux usées sont essentiels au développement de politiques de gestion durable de l'eau et de l'environnement. Dans les régions arides et semi-arides, la réutilisation des eaux usées est un élément essentiel de développement, car elle assure une ressource alternative durable en eau, la réduction de la pollution de l'environnement et la protection de la santé publique

L'Algérie est confrontée à une irrigation mal conduite qui présente un risque de causer de fortes pertes d'eau et le lessivage des principaux éléments nutritifs du sol ; et de réduire de ce fait la productivité du sol. De même un apport destiné à l'irrigation ou à d'autres usages est un élément de plus en plus précieux en raison de coût croissant des travaux d'irrigation, et du volume limité des ressources hydriques de bonne qualité. Il importe par conséquent de savoir utiliser rationnellement les eaux d'irrigation de manière à éviter qu'un excès d'arrosage ne dégrade les sols et améliorer ces derniers.

Donc pour satisfaire un ensemble d'impératifs, tel que l'utilisation judicieuse des ressources hydriques, l'efficacité économique et la conservation de la fertilité du sol ; elle doit cependant être bien maîtrisée, et raisonnée. Ainsi c'est dans ce sens que s'insère la présente étude. Elle consiste à projeter un réseau d'irrigation par goutte à goutte sur une parcelle située dans le secteur de la vallée de Nador secteur (IV) du périmètre Sahel Algérois Ouest.

Chapitre I

Analyse des conditions naturelles et agricoles de la zone d'études

I.1 .Localisation de la zone d'étude :

Notre zone d'étude est localisée dans la Wilaya de Tipaza, elle est située dans le secteur de la vallée de Nador secteur (IV) du périmètre Sahel Algérois Ouest à environ 65 Km à l'Ouest d'Alger et elle est limitée :

- ❖ Au Nord par le Chef-Lieu de Tipaza.
- ❖ Au Sud, par la commune de Nador.
- ❖ À l'Est par le Dour bel oundja
- ❖ .À l'Ouest par l'Oued El Nador.

Tableau I.1 - Répartition de la superficie équipée du périmètre d'irrigation Sahel Algérois Ouest.

périmètre	Secteur		superficie h
Sahel Algérois Ouest	I	Sidi ghiles	656
	II	Vallée de l'oued el hachem	818
	III	Vallée de sidi moussa	782
	IV	Vallée du Nador	333
	V	Hadjout	299
Total			2888

Source: [DHW] TIPAZA

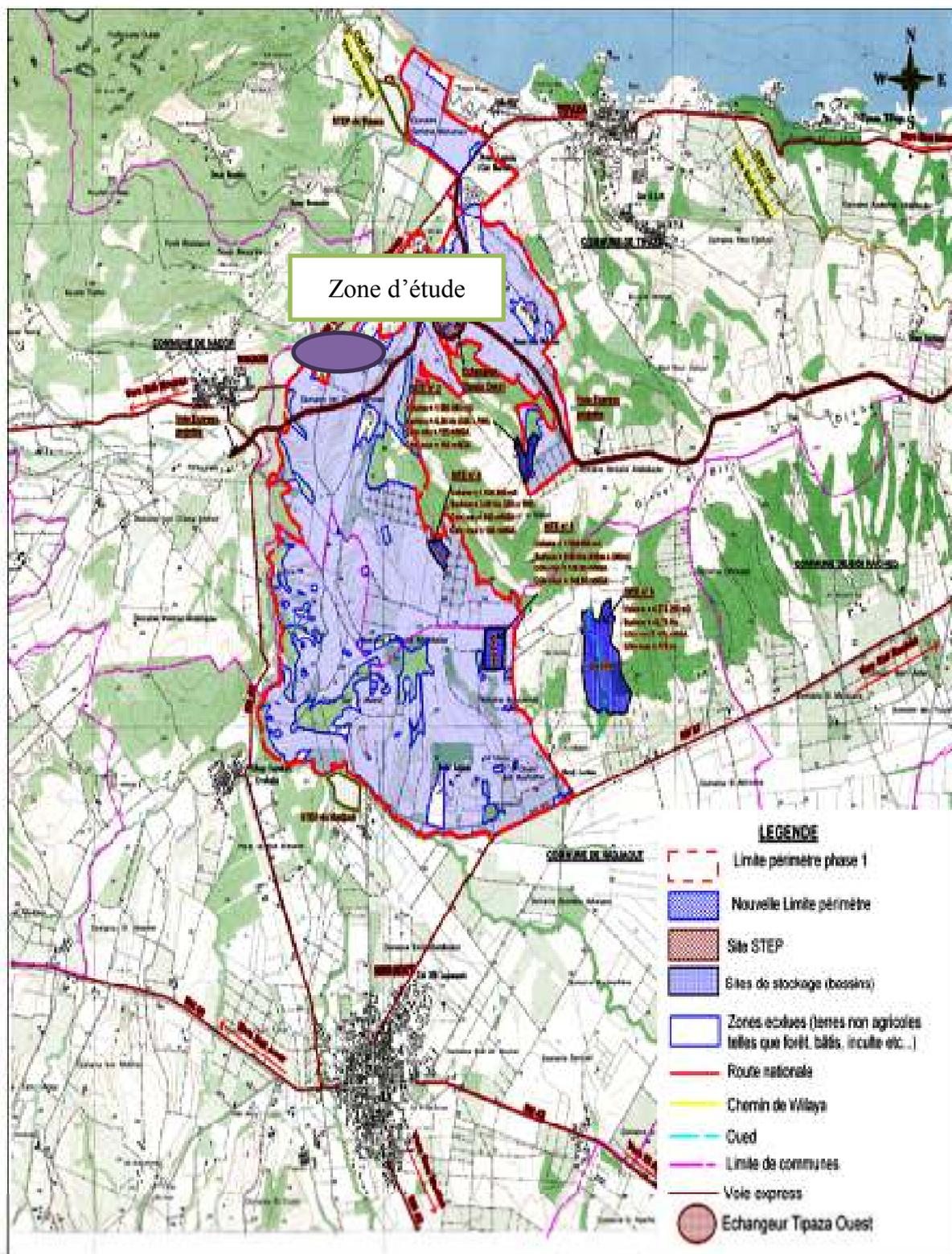
Les exploitations agricoles touchées par le projet sont situées dans les communes de Hadjout et Nador et de Tipaza.

Les coordonnées de la parcelle sont :

Longitude : X=2°24'11'' Est du méridien international.

Latitude : Y=36°34'19'' Nord

Altitude Z=20m



Source : [DHW] TIPAZA

La figure .I.1 : localisation de la zone d'étude (Extrait de carte topographique de Tipaza à l'échelle 1/250000).

I.2. Données naturelles et agricoles du site :

I.2.1. Situation topographique :

La plaine qui occupe une partie importante de la commune présente une pente de 0 % à 5 %. La pente va du Sud vers le Nord jusqu'aux environs de l'Oued de Bourkika pour progresser ensuite vers les collines. En allant vers le Sud de la ville l'altitude augmente et atteint une cote de 100 mètres

I.2.2. Géologie :

En général, la structure morphologique ne date pas du quaternaire mais a été modulée au cours du miocène, et la sédimentation fut ici essentiellement continentale.

D'après la carte géologique de Tipaza, le terrain comporte un faciès limoneux à argileux constitué d'alluvions récentes qui occupent de grandes surfaces le long des principaux oueds et de leurs affluents ainsi que des flancs collinaires.

Elles sont essentiellement constituées par des limons très fins dont les caractéristiques pétrographiques et pétro physiques sont plutôt celles des argiles.

Donc on peut dire que notre région convient à toutes les cultures, en particulier aux cultures pérennes (vignes et agrumes).

I.2. 3. Réseau hydrographique :

Les principaux oueds traversant la région sont :

- Oued Meured qui a une direction Sud Nord, prend naissance à 300 m d'altitude, il traverse le village de Meured par l'ouest.
- Oued Bourkika qui est formé par la confluence de plusieurs oueds dont oued Sidi moussa, Soumate et oued Azib, est de direction sud-ouest.

La confluence de ces deux oueds à la sortie Nord de la ville de Hadjout donne naissance à l'oued Nador à une altitude de 50 m, et continue son cours jusqu'à la mer.

I.2.4.Sismicité.

La zone de l'étude se trouve dans la zone territoriale où l'intensité sismique est non négligeable, car elle se situe au-dessus de la faille tectonique qui sépare le continent Africain du continent Européen.

I.2.5.Situation climatique :

La zone de l'étude est caractérisée par un climat de type méditerranéen :

- humide et pluvieux en hiver.
- Chaud et sec en été.

D'après les stations d'observations mises en place par l'ANRH et par l'ONM, les données sont les suivantes :

I.2.5.1.Pluviométrie.

Pluviométrie moyenne mensuelle sur une période d'observation de 31ans à la station de Hadjout est donnée par le tableau suivant

Tableau I-02 : Pluviométrie moyenne mensuelle (1980 à 2011)

Mois	Sept	Oct	nov	Dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout	année
p (mm)	20,6	57,2	66,6	72,7	73,7	66,4	63,4	51,0	36,2	8,4	1,3	1,0	518,7

Source : [ANRH] Blida

D'après le tableau précédent ; on remarque que la pluviométrie annuelle moyenne est répartie comme suit :

- Saison pluvieuse Octobre à Mars.
- Saison sèche de juin à aout.
- Saison moyenne septembre, Mai et Avril.

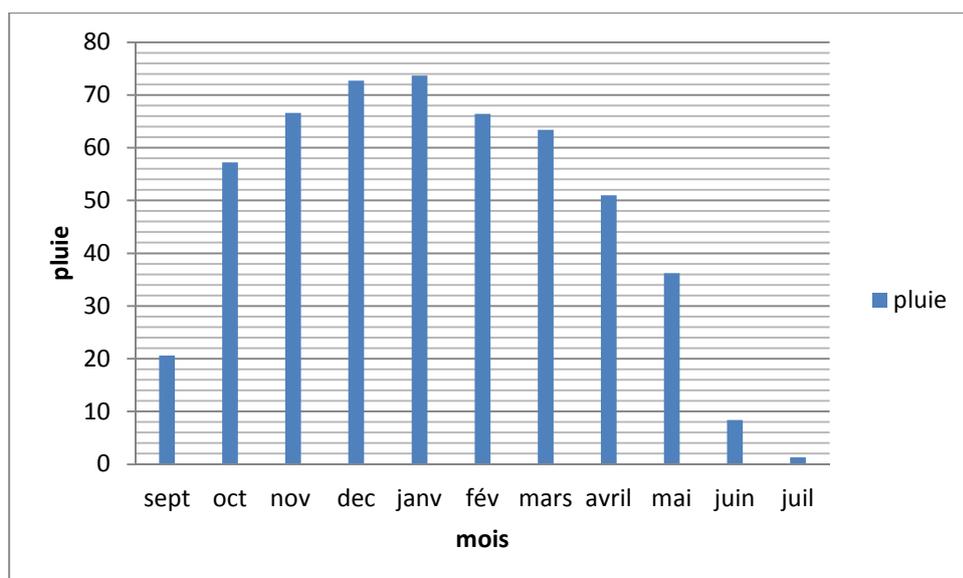


Figure. I.2 : La répartition mensuelle de la pluie moyenne annuelle

I.2.5.2. Températures :

Relevés mensuels moyens des températures sur une période de 23 ans est donnée par le tableau suivant

Tableau I-03 : températures moyenne mensuelles et annuelles (1988à2011).

Mois	Janv	Fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout	sept	oct	nov	dec	Moyenne annuelle
Tmin°C	5,81	6,35	8,55	10,14	12,98	17,48	20,32	19,95	17,50	13,35	9,97	8,21	12,55
Tmax°C	17,31	17,94	20,11	21,61	25,88	30,02	33,16	33,60	29,21	26,88	21,33	17,67	24,56
Tmoy°C	11,21	11,84	13,94	15,64	18,98	22,92	26,38	26,76	22,95	19,63	15,41	12,75	18,20

Source : [ANRH] Blida

D'après les résultats portés au tableau précédent ; on trouve que :

- La moyenne du mois le plus froid est de 11,21°C correspondant au mois de janvier.
- La moyenne du mois le plus chaud est de 26,76 °C correspondant au mois d' Août.
- La température moyenne annuelle est de 18,20°C.

A partir du tableau I.03 on trace les graphes des températures (Figure:I.03)

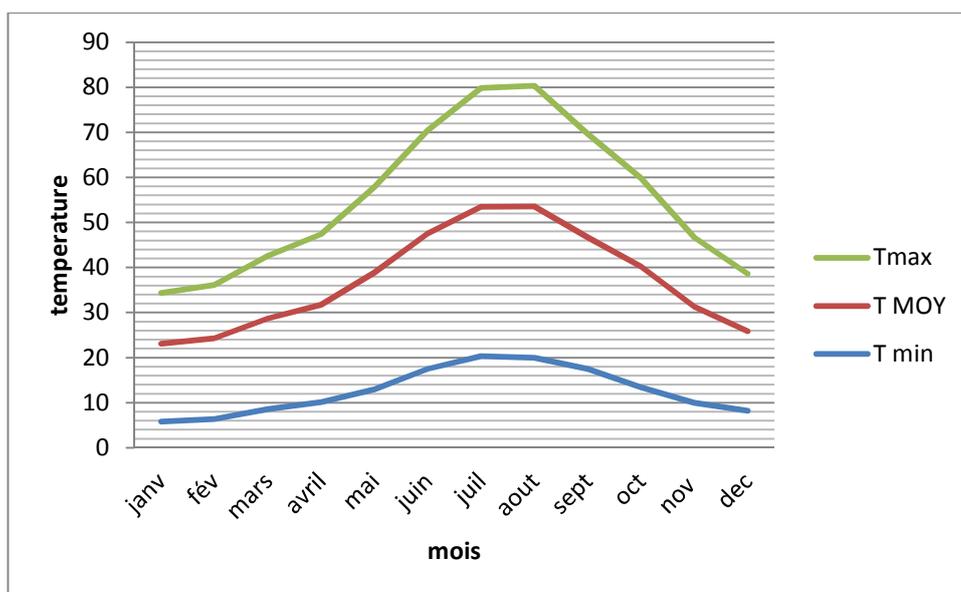


Figure. I.03 : Graphes de température

I.2.5.3.Humidité :

L'humidité de l'air est donnée par le tableau suivant :

Tableau I .04 : Humidités moyennes mensuelles (station de Tipaza)

Mois	janv	fév	mars	avril	mai	juin	juil	aout	sept	oct	nov	dec
Humidité %	64,45	62,15	68,19	65,12	71,26	79,12	80,12	70,36	71 ,30	75,67	79,13	78,25

Source: [ANRH] Blida

I.2.5.4.Les vents.

Les directions dominantes des vents sont celles de l'Ouest au Nord-Est. Les vents de l'Ouest sont dominants pendant l'automne, l'hiver et le début du printemps. La vitesse des vents est donnée par le tableau I .05 :

Tableau I.05 : Vitesses moyennes mensuelles des vents

Mois	janv	fév	mars	avril	mai	juin	juil	aout	sept	oct	Nov	Dec
V (m/s)	3,84	4,00	3,62	4,60	5,00	4,61	4,76	4,51	4,42	3,01	4,55	3,98

Source : [ANRH] Blida

I.2.5.5. Evaporation:

L'évaporation est un problème physique qui croît avec la température et la sécheresse de l'air. La quantité d'eau évaporée pendant un temps donné dépend de plusieurs facteurs liés d'une part à l'état de l'atmosphère, d'autre part à la surface évaporant.

Tableau I.06: Moyenne mensuelle de l'évaporation

Mois	janv	fev	mars	Avril	mai	juin	juil	aout	sept	Oct	nov	dec
E (mm)	58,10	73,03	101,85	124,31	159,68	211,25	231,11	207,30	162,38	126,58	76,93	63,84

Source: [ANRH] Blida

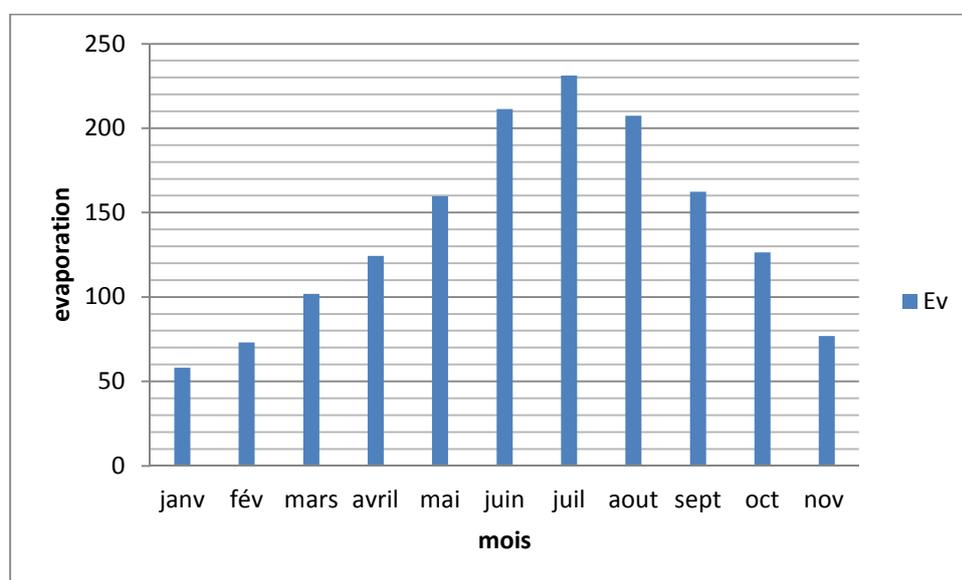


Figure. I.04 : La répartition mensuelle de l'Evaporation moyenne annuelle

I.2.5.6. Gel :

Les gelées apparaissent à partir du mois de décembre jusqu'au mois d'avril. Le nombre de jour de gelée enregistré est de 1,8 le maximum se trouve en janvier

Tableau I.07 : Nombre moyen de jours de gelée

Mois	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Dec
Nombre de jours	1,8	1,6	0,4	0,3	0	0	0	0	0	0	0	0,4

I.2.5.7.Insolation:

L'insolation est la période durant laquelle le soleil brille sur le sol.

Tableau I .08 : Moyenne mensuelle de l'insolation

Mois	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Dec
Moy(h/J)	5,6	6,4	7,7	7,9	8,3	10	10,6	9,8	8,3	7,4	5,8	4,5

I.2.6.Classification du climat :

I.2.6.1.Classification du climat selon l'indice de MARTON :

L'indice d'aridité ou de MARTON est un paramètre qui permet la classification du climat afin de nous renseigner sur la nécessité de l'irrigation par rapport au climat.

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

$$I_A = \frac{P}{T+10} \dots\dots\dots (I. 1)$$

Avec :

I : indice de MARTON

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

T : température moyenne annuelle en °c

Tableau I .09 : classification de climat selon MARTON

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

Pour : P=518,7mm

T=18,20°C

On aura :

$$I_A = \frac{518,7}{18,20 + 10} = 18,45$$

Selon l'indice d'aridité calculé, on constate d'après la classification ci-dessus que la région est soumise à un régime de climat SEC, et que l'irrigation est souvent indispensable.

I.2.6.2. Classification du climat selon le diagramme d'EMBERGER

La méthode est fondée sur un diagramme dressé par EMBERGER qui nous renseigne sur le type de climat, ainsi que la nature d'hiver dominant d'une région. Le quotient d'EMBERGER que nous avons projeté sur le diagramme bioclimatique est le suivant :

$$Q = \frac{1000 * P}{\frac{M+m}{2} * (M-m)} \dots\dots\dots (I. 2)$$

Avec :

P : précipitation moyenne annuelle de la région (mm)

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

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

Pour : P=518,7mm

$$M=33,6+273=306,6K^\circ$$

$$m=5,81 +273=278,81 K^\circ$$

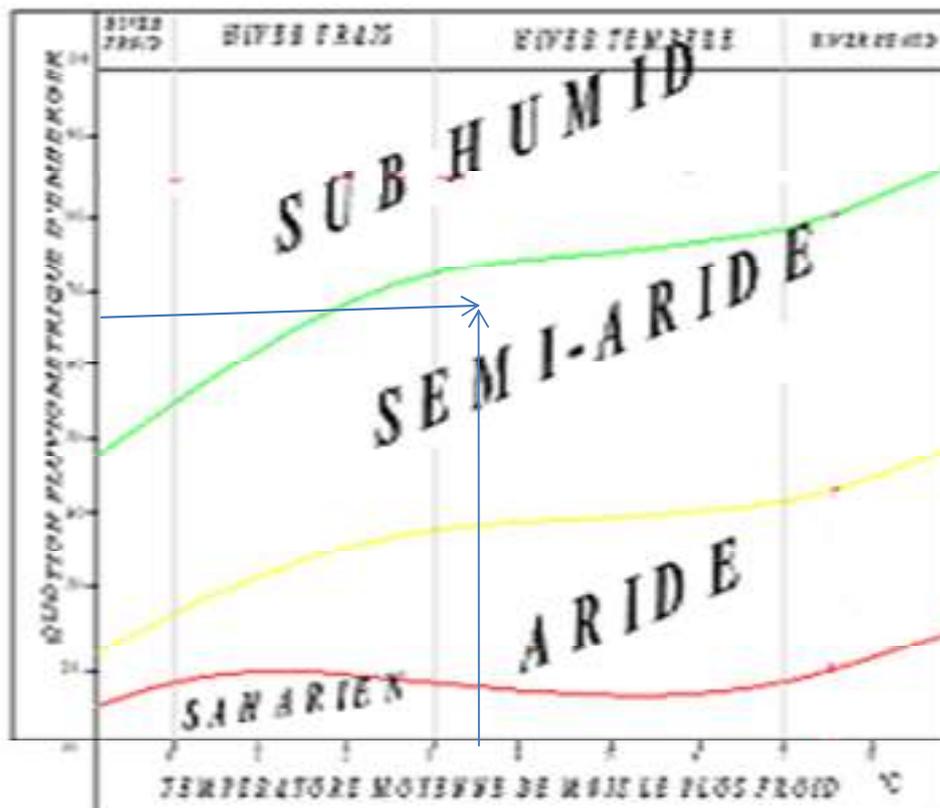


Figure I.5 : Diagramme bioclimatique

On aura :

$$Q = \frac{2 * 1000 * 518,7}{(33.6 + 273)^2 - (5.81 + 273)^2} = 63,77$$

D'après le diagramme bioclimatique, la zone de Hadjout jouit d'un climat semi-aride et caractérisé par des hivers Tempéré.

I. 3. Climogramme pluvio-thermique de BAGNOULS ET GAUSSEN :

Ces deux auteurs considèrent qu'un mois est sec quand le total de la précipitation **P** en millimètre est inférieur au double de la température **T**, c'est-à-dire quand le rapport $P/T < 2$ ou $P < 2 T$ (BAGNOULS G. et GAUSSEN H. 1953).

Le diagramme ombrothermique permet la détermination de la période sèche.

Sur le diagramme sont reportés :

- En abscisses : les mois de l'année.

- En ordonnées : les températures mensuelles d'un côté, et les précipitations moyennes mensuelles à une échelle double de celle des températures de l'autre.

Lorsque la courbe des précipitations passe au-dessous de la courbe des températures, la période qui s'étale entre les points d'interactions des deux courbes correspond à la durée de la période sèche.

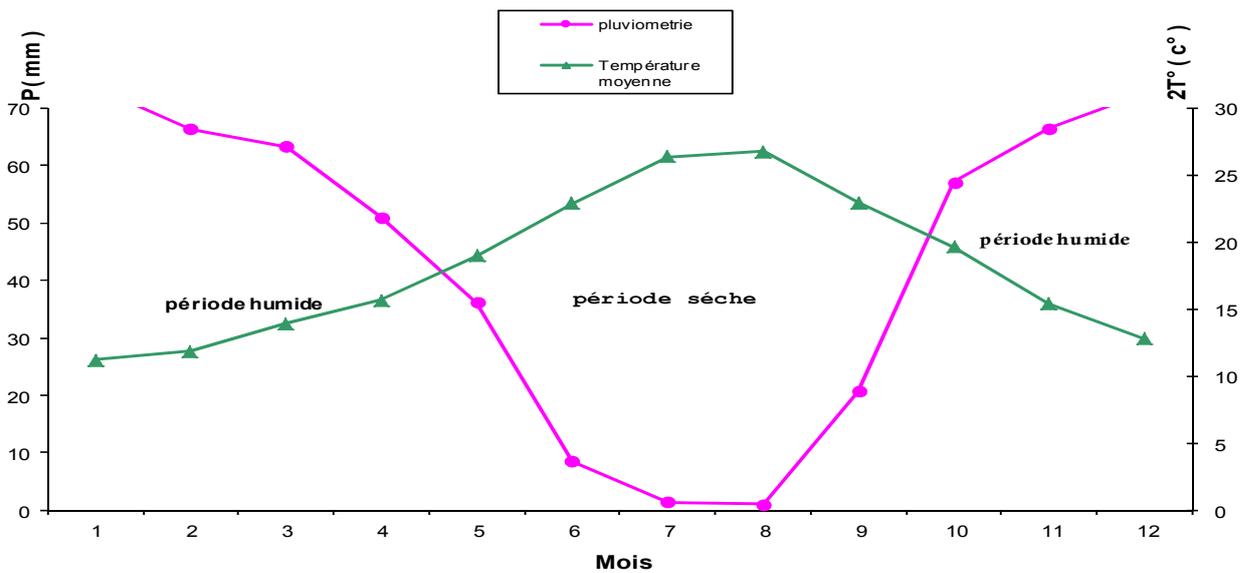


Figure. I.6 : Climogramme pluviothermique

Description du graphe

Le diagramme Ombrothermique de la région de Hadjout pour la période (1980-2011) révèle la présence d'une période sèche qui dépasse quatre mois, elle s'étale de mai à mois octobre de ce fait, il est indispensable d'apporter l'eau par l'irrigation à la zone d'étude notamment pendant cette période.

I.4. Hydrologie :

Pour déterminer les caractéristiques des pluies de fréquences données, qui conditionnent l'étude de notre projet d'irrigation, tels que : le calcul des besoins des cultures à projeter dans le périmètre, ainsi que le dimensionnement du réseau de distribution.

I.4.1) Réseau pluviométrique :

La région d'étude dispose d'une station pluviométrique gérée par l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (ANRH)

Le tableau I.10, décrit la position de cette station.

Tableau I-10 : Caractéristiques de la station pluviométrique

Nom de la station	Code	Coordonnées en Lambert		Altitude (m)	Période d'observation	Nombre d'années observées
		X(Km)	Y(Km)			
HADJOUT	020325	475.85	358.85	59	1980-2011	31

Les pluies mensuelles en mm de la station pluviométrique de Hadjout sont données dans le tableau I- 11.

Tableau I- 11. Pluies mensuelles en mm (1980-2011)

Année	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fevr	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill	Aout	Total
1980/81	5,3	54	16,1	70,2	132,7	95,2	34,9	27,5	90,5	0	0	1,2	527,6
1981/82	47,9	76,1	227,6	76,3	76,42	54,9	32,5	11,4	70,54	0	1,2	0,5	675,36
1982/83	0	78,34	30,8	96,9	159,6	114,7	53,6	33,7	60,6	19,8	0	1	649,04
1983/84	16,9	266,2	50,5	139,2	105,1	40,6	153,7	18,1	96,9	12	1	0	900,2
1984/85	7,9	30,8	91,7	38,8	38,2	50,6	123,5	15,9	11	26,4	5,8	0	440,6
1985/86	53,4	150,6	106	226,7	87,7	149,4	19,3	30,12	50,23	6,7	13,5	0,3	893,95
1986/87	51,8	60,12	77	57,6	29,2	18,8	39,5	24,8	44,4	34,4	0	0	437,62
1987/88	74,6	46,4	42,4	113,5	23,5	90,34	73,4	71,6	12,6	7,9	0	2,4	558,64
1988/89	17	6,2	24,9	22,6	68,9	17,65	74,2	27,7	45,1	0	0	0	304,25
1989/90	7,6	31,5	47,7	82,6	77,2	48,1	63,3	9,3	20,5	6,4	0	1,6	395,8
1990/91	5,8	123,7	10,8	51	154,1	19,9	64	51,5	47,6	7,9	0,9	0,2	537,4
1991/92	0	78	31,5	95,9	15,1	91,1	13,9	61,9	6,3	0	0	0	393,7
1992/93	3,3	43	54,9	31	107,2	24,6	34,6	73,9	6,4	0	0	1,4	380,3
1993/94	69,3	28,1	44,5	42,2	98,4	55,5	80,4	16,8	12,33	4,1	0	2,1	453,73
1994/95	10,4	69	67,87	80,23	77,45	67,8	58,6	197,1	17,5	12,1	2,3	0	660,35
1995/96	11,6	79,8	10,7	22,3	26,4	18,7	77,77	83,7	9,5	0	0	1,2	341,67
1996/97	26,2	51,2	76,3	41,6	45,23	32,2	62,7	90,3	96,7	5,6	0	0	528,03
1997/98	6,2	20,8	88,4	50,2	68	135,9	92,2	87,34	12,1	0	10,12	1,4	572,66
1998/99	0	13,54	73,9	67,4	12,5	70,4	70,38	11,5	21,4	4,6	0	0	345,62
1999/00	2,3	41,9	59,8	24,5	105,4	23,1	54,73	62,1	10,7	0	2,54	2,3	389,37
2000/01	12,5	10,2	45,9	36,6	21,3	15,7	70,34	50,45	19,4	10,34	0	1,1	293,83
2001/02	3,2	12,7	46,1	22,8	159,3	122,2	100,1	46,5	5,3	0	0	0	518,22
2002/03	19,6	21,1	45,4	50,5	73,8	24,8	28,1	73,7	66,6	50,34	0	0	453,94
2003/04	9,4	12,3	77,4	101,2	87,8	101,9	90,9	10,4	30,6	0		0	521,9
2004/05	0	34,1	57,6	97,6	89,9	36,7	40,5	35	24,8	10	2	1,6	429,8
2005/06	11,2	45,2	67,8	153,3	80,23	42,4	73,3	59,5	54,34	10,13	0	0	597,4
2006/07	41,8	77,8	148,2	71,4	17,6	67,65	42,5	34	20	2,5	0	0	523,45
2007/08	29,8	62	96,2	79,7	79,8	11,5	73,7	62,9	31,7	0	0	0	527,3
2008/09	78,2	4,3	77,6	80,9	63,1	71,4	80	20,1	16,1	10,3	0	14,1	516,1
2009/10	1,4	97,6	62,2	57,8	81,4	111,1	31,9	81,2	96,7	19,4	2,2	0	642,9
2010/11	12,9	46,9	108,3	71,3	23,1	233,3	57,3	100,3	13,7	0,5	0	0	667,6

Source : [ANRH] Blida

Au vu du tableau I-11 la répartition des précipitations est irrégulière et variable suivant les mois et les années. Ces pluies sont nettement insuffisantes pour les mois de juin, juillet et août, elles sont moyennes au printemps et maximales en hiver.

L'étude de la série s'effectue avec le logiciel de l'hydrologie, ainsi que son diagramme de dispersion et son traitement. Le logiciel fait son ajustement aux lois théoriques (log normale et normale).

I.4.2. Homogénéité de la Série Pluviométrique :

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

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

- On divise la série complète en deux sous séries : x et y tel que : N_1 et N_2

Représentant respectivement les tailles de ces deux sous séries considérant généralement $N_1 < N_2$

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

Wilcoxon a montré que la série est homogène avec une probabilité de 95%, si la relation ci-dessous est vérifiée.

Avec : $W_{\min} < W_x < W_{\max}$ (I. 3)

$$W_x = |Rang|_x \dots\dots\dots (I. 4)$$

W_x : Somme des rangs de sous séries

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

$$W_{\max} = \left[(N_1 + N_2 + 1) \times N_1 - W_{\min} \right] \dots\dots\dots (I. 6)$$

Le tableau I-12 détaille le procédé de Test d'homogénéité pour la station de Hadjout

Tableau I-12 : teste de wilcoxon

Rang	Série d'origine P (mm)	Série x (mm)	Séries-y (mm)	TRI (mm)	x union y
1	527,6	527,6	341,67	293,83	Y
2	675,36	675,36	528,03	304,25	X
3	649,04	649,04	572,66	341,67	Y
4	900,2	900,2	345,62	345,62	Y
5	440,6	440,6	389,37	380,3	X
6	893,95	893,95	293,83	389,37	Y
7	437,62	437,62	518,22	393,7	X
8	558,64	558,64	453,94	395,8	X
9	304,25	304,25	521,9	429,8	Y
10	395,8	395,8	429,8	437,62	X
11	537,4	537,4	597,4	440,6	X
12	393,7	393,7	523,45	453,73	X
13	380,3	380,3	527,3	453,94	Y
14	453,73	453,73	516,1	516,1	Y
15	660,35	660,35	642,9	518,22	Y
16	341,67		667,6	521,9	Y
17	528,03			523,45	Y
18	572,66			527,3	Y
19	345,62			527,6	X
20	389,37			528,03	Y
21	293,83			537,4	X
22	518,22			558,64	X
23	453,94			572,66	Y
24	521,9			597,4	Y
25	429,8			642,9	Y
26	597,4			649,04	X
27	523,45			660,35	X
28	527,3			667,6	Y
29	516,1			675,36	X
30	642,9			893,95	X
31	667,6			900,2	X

N1	N2	W_{\min}	W_x	W_{\max}
15	16	189,92	260	290,08

$$189,92 < 260 < 290,08$$

La condition de M^r Wilson est vérifiée, donc la série des précipitations moyennes annuelles de la station de Hadjout est homogène.

Après avoir vérifié l'homogénéité de la série, il faudra choisir une loi de probabilité susceptible de s'ajuster à notre échantillon. C'est à partir de cette 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 de 5 ans, valeur à partir de laquelle nous pourrions estimer la pluie moyenne mensuelle de fréquence 80% sur la même période de retour.

I .4.3. Etude de l'échantillon et choix du type de loi :

La pluviométrie est souvent ajustable à des lois statistiques très nombreuses, on utilise pour notre projet celle qui garantit le meilleur ajustement possible. Les lois d'ajustement les plus communément employées sont les suivantes

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

I -4-3-1)- Traitement des données :

La simulation des apports annuels avec le logiciel Hyfran nous donne les résultats suivants :

Station de Hadjout

Statistiques de base

Nombre d'observations : 31

Minimum : 293

Maximum: 900

Moyenne : 518

Ecart-type: 147

Médiane : 521

Coefficient de variation (Cv) : 0 ,284

Coefficient d'asymétrie (Cs) : 0,897

Coefficient d'aplatissement (Ck) : 3,49

I.4.3.2. Ajustement de la série pluviométrique :

On soumet la série pluviométrique annuelle de la station retenue aux ajustements à la loi Normale et la loi log -normale

I.4.3.2.1. Ajustement de la série pluviométrique à la loi log-Normale :

Les résultats de l'ajustement de la série des pluies moyennes annuelles de la station de Hadjout sont regroupés dans le tableau I-13 et la figure I-7.

Tableau I.13: Ajustement à une loi Log-normal.

Taille n=	31	Moy.log(x- xo)=	2,6432433					
xo=	0	E.T. log(x- xo)=	0,1478684		I.C. à (en%)=	95	U Gauss=	1,96
Valeurs de départ	Valeurs classées	Ordre de classement	Fréquence expérimentale	Variable réduite	Valeur expérimentale	Valeur théorique	Borne inférieure	Borne supérieure
527,6	293,83	1	0,016	-2,142	293,83	276,773	220,568	321,210
675,36	304,25	2	0,048	-1,661	304,25	316,016	261,321	359,698
649,04	341,67	3	0,081	-1,401	341,67	339,525	286,066	382,904
900,2	345,62	4	0,113	-1,211	345,62	357,762	305,337	401,074
440,6	380,3	5	0,145	-1,057	380,3	373,283	321,740	416,703
893,95	389,37	6	0,177	-0,925	389,37	387,159	336,369	430,834
437,62	393,7	7	0,21	-0,807	393,7	399,949	349,801	444,020
558,64	395,8	8	0,242	-0,7	395,8	411,993	362,381	456,596
304,25	429,8	9	0,274	-0,6	429,8	423,517	374,339	468,789
395,8	437,62	10	0,306	-0,506	437,62	434,681	385,835	480,765
537,4	440,6	11	0,339	-0,416	440,6	445,607	396,992	492,653
393,7	453,73	12	0,371	-0,329	453,73	456,394	407,905	504,562
380,3	453,94	13	0,403	-0,245	453,94	467,128	418,652	516,588
453,73	516,1	14	0,435	-0,162	516,1	477,883	429,305	528,823
660,35	518,22	15	0,468	-0,081	518,22	488,73	439,925	541,353
341,67	521,9	16	0,5	0	521,9	499,741	450,575	554,271
528,03	523,45	17	0,532	0,081	523,45	510,999	461,326	567,689
572,66	527,3	18	0,565	0,162	527,3	522,598	472,258	581,733
345,62	527,6	19	0,597	0,245	527,6	534,63	483,442	596,535
389,37	528,03	20	0,629	0,329	528,03	547,204	494,965	612,253
293,83	537,4	21	0,661	0,416	537,4	560,451	506,931	629,082
518,22	558,64	22	0,694	0,506	558,64	574,538	519,466	647,272
453,94	572,66	23	0,726	0,6	572,66	589,683	532,735	667,151
521,9	597,4	24	0,758	0,7	597,4	606,176	546,962	689,166
429,8	642,9	25	0,79	0,807	642,9	624,431	562,453	713,951

La suite de tableau I.13

597,4	649,04	26	0,823	0,925	649,04	645,06	579,667	742,460
523,45	660,35	27	0,855	1,057	660,35	669,038	599,326	776,219
527,3	667,6	28	0,887	1,211	667,6	698,064	622,680	817,918
516,1	675,36	29	0,919	1,401	675,36	735,56	652,228	873,018
642,9	893,95	30	0,952	1,661	893,95	790,279	694,306	955,686
667,6	900,2	31	0,984	2,142	900,2	902,331	777,500	1132,264

Fréquence	U de Gauss	Valeur théo.	Borne inf.	Borne sup.	Valeur	Fréq. théo.	Pér. Ret.
0,2	-0,841	396,20273	345,8734	440,14118	396,203	0,2	1,3
0,5	0	499,74059	450,5746	554,27147	499,741	0,5	2
0,8	0,841	630,33548	567,4103	722,05803	630,335	0,8	5

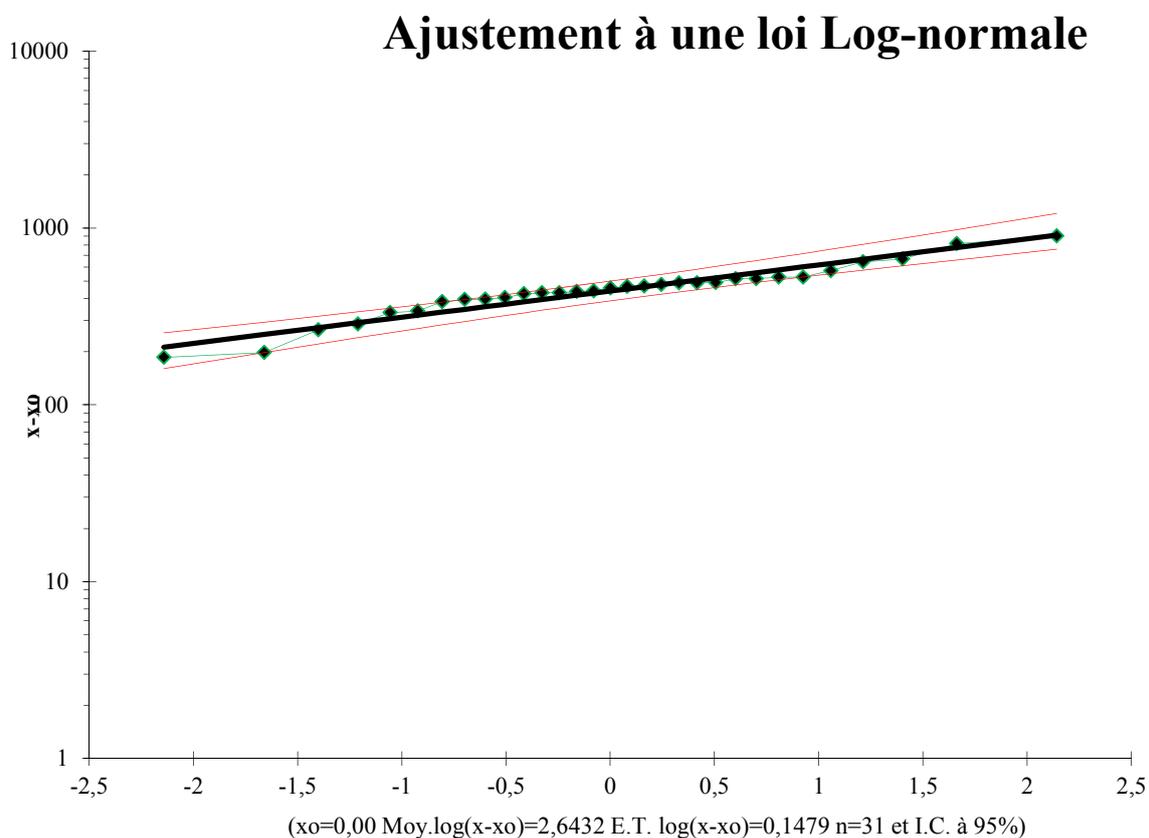


Figure. I.7 : Ajustement à une loi log-normale

I.4.3.2.2. Ajustement de la série pluviométrique à la loi Normale :

Les résultats de l'ajustement de la série des pluies moyennes annuelles de la station de Hadjout sont regroupés dans le tableau I-14 et la figure I-8.

Tableau I.14 Ajustement à une loi -normal

Taille n= 31		Moyenne= 518,655806 Ecart- type= 147,233495		I.C. à (en%)= 95			U Gauss= 1,96	
Valeurs de départ	Valeurs classées	Ordre de classement	Fréquence expérimentale	Variable réduite	Valeur expérimentale	Valeur théorique	Borne inférieure	Borne supérieure
527,6	293,83	1	0,0161	-2,142	293,83	203,33	82,20	282,79
675,36	304,25	2	0,0484	-1,661	304,25	274,09	172,68	343,18
649,04	341,67	3	0,0806	-1,401	341,67	312,38	220,96	376,55
900,2	345,62	4	0,1129	-1,211	345,62	340,30	255,75	401,29
440,6	380,3	5	0,1452	-1,057	380,3	362,97	283,67	421,69
893,95	389,37	6	0,1774	-0,925	389,37	382,44	307,40	439,48
437,62	393,7	7	0,2097	-0,807	393,7	399,79	328,29	455,57
558,64	395,8	8	0,2419	-0,700	395,8	415,62	347,15	470,47
304,25	429,8	9	0,2742	-0,600	429,8	430,34	364,47	484,54
395,8	437,62	10	0,3065	-0,506	437,62	444,23	380,62	498,00
537,4	440,6	11	0,3387	-0,416	440,6	457,47	395,83	511,03
393,7	453,73	12	0,3710	-0,329	453,73	470,24	410,30	523,78
380,3	453,94	13	0,4032	-0,245	453,94	482,64	424,18	536,35
453,73	516,1	14	0,4355	-0,162	516,1	494,79	437,58	548,84
660,35	518,22	15	0,4677	-0,081	518,22	506,77	450,63	561,34
341,67	521,9	16	0,5000	0,000	521,9	518,66	463,39	573,92
528,03	523,45	17	0,5323	0,081	523,45	530,54	475,97	586,69
572,66	527,3	18	0,5645	0,162	527,3	542,52	488,47	599,73
345,62	527,6	19	0,5968	0,245	527,6	554,67	500,96	613,14
389,37	528,03	20	0,6290	0,329	528,03	567,07	513,53	627,01
293,83	537,4	21	0,6613	0,416	537,4	579,84	526,28	641,48
518,22	558,64	22	0,6935	0,506	558,64	593,09	539,31	656,70
453,94	572,66	23	0,7258	0,600	572,66	606,97	552,77	672,84
521,9	597,4	24	0,7581	0,700	597,4	621,69	566,84	690,16
429,8	642,9	25	0,7903	0,807	642,9	637,52	581,74	709,02
597,4	649,04	26	0,8226	0,925	649,04	654,87	597,83	729,91
523,45	660,35	27	0,8548	1,057	660,35	674,34	615,63	753,64
527,3	667,6	28	0,8871	1,211	667,6	697,01	636,03	781,56
516,1	675,36	29	0,9194	1,401	675,36	724,93	660,77	816,35
642,9	893,95	30	0,9516	1,661	893,95	763,22	694,13	864,63
667,6	900,2	31	0,9839	2,142	900,2	833,98	754,52	955,11

Fréquence	U de Gauss	Valeur théo.	Borne inf.	Borne sup.	Valeur	Fréq. théo.	Pér. Ret.
0,2	-0,841	394,77	322,268947	450,887444	394,77	0,200	1,3
0,5	0,000	518,66	463,389554	573,922091	518,66	0,500	2,0
0,8	0,841	642,55	586,424168	715,042666	642,55	0,800	5,0

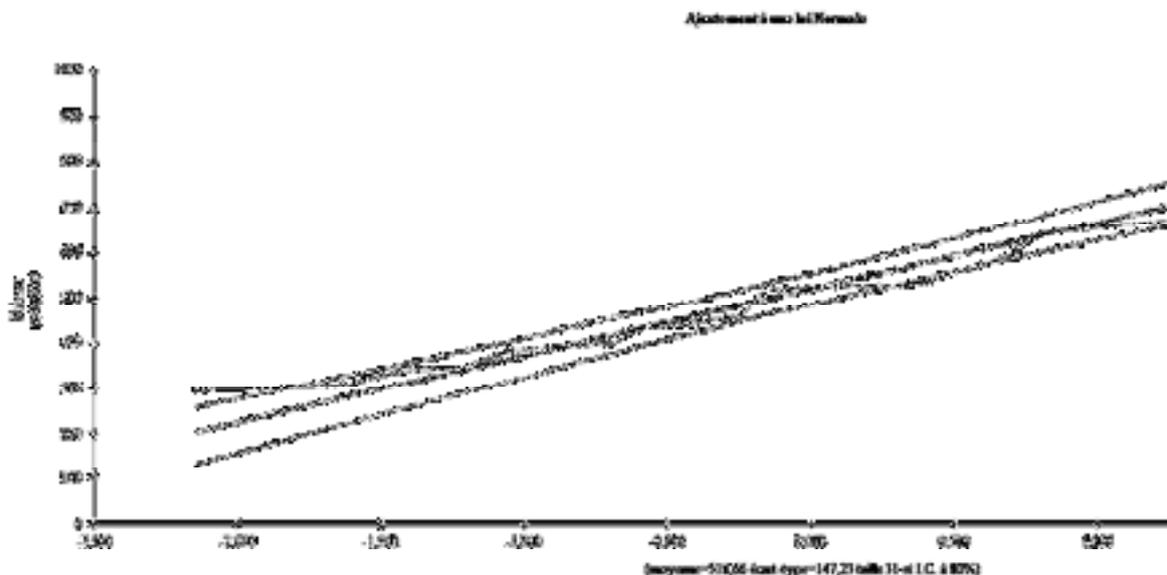


Figure. I.8 : Ajustement à une loi normale

I .4.3.2.3. Test de validité d'un ajustement :

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

I .4.3.2.3.1. Test de validité de l'ajustement à la loi log-Normale :

Le test de validité de Khi carrée pour l'ajustement à la loi log-Normale est fait par le logiciel HYFRAN

Station de Hadjout

Test d'adéquation : Loi log-Normale

Résultats

Khi carré = 1.29

P-value $p = 0,8630$

Degrés de liberté : 4

Nombre des classes 7

I.4.3.2.3.2. Test de validité de l'ajustement à la loi Normale :

Station : Hadjout

Test d'adéquation : Loi Normale

Résultats

Khi carré = 4,90

P-value $p = 0,2974$

Degrés de liberté : 4

Nombre des classes 7

REMARQUE

Les Figure N (I.7) ; (I.8) montrent que la loi Log-Normale présente une adéquation meilleure que la loi de Normale.

I.5.5 détermination de l'année de calcul :

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

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

$$P_{\text{moy } 80 \% \text{ de chaque mois}} = P_{\text{moy de chaque Mois}} \frac{P_{\text{théorique (80 \%) annuelle}}}{P_{\text{théorique (50 \%) annuelle}}} \dots\dots\dots (I. 7)$$

$$P_{\text{théorique (80 \%) annuelle}} = 630,335 \text{ mm}$$

$$P_{\text{théorique (50 \%) annuelle}} = 499,741 \text{ mm}$$

$$P_{\text{théorique (20 \%) annuelle}} = 396,203 \text{ mm}$$

Tableau I-15 : Pluviométrie moyenne pour chaque mois en mm

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
P _{moy} mm/mois	73,7	66,4	63,4	51,0	36,2	8,4	1,3	1,0	20,6	57,2	66,6	72,7

$$P_{\text{moy } 80 \%} = \frac{396,203}{499,741} P_{\text{moy .mensuelle}} = 0,79 P_{\text{moy .mensuelle}}$$

Les valeurs $P_{\text{moy } 80 \%}$ pour chaque mois représentées dans le tableau suivant

Tableau I-16 : les valeurs de $P_{\text{moy } 80 \%}$ en mm

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
$P_{\text{moy } 80 \%}$	58,22	52,46	50,09	40,29	28,60	6,64	1,03	0,79	16,27	45,19	52,61	57,43

I.5.Ressource en sol :

L'étude agro-pédologique a pour but de définir les sols destinés à l'irrigation ou de localiser les zones aptes à la mise en valeurs en irrigation ainsi que les caractéristiques hydrodynamiques de ces sols indispensables pour le calcul des doses d'arrosages et l'emplacement des réseaux d'irrigation et de drainage. Les principales contraintes et critères pris en considération pour la classification des sols sont : la texture, le critère d'hydromorphie, la présence et la profondeur de la nappe, la porosité, la salinité et le calcaire actif, bien qu'ils sont localisés dans des zones précises Pour cerner les problèmes morphologiques et physicochimiques des sols, Il a été procédé au découpage du périmètre d'étude comme suit:

➤ Zone de Tipaza - Nador

Son territoire couvre une superficie de 2 244 Ha. Il comprend :

- Le plateau vallonné de Nador qui s'étend de part et d'autre de la route nationale entre les villages de Nador et de Sidi Moussa.
- La vallée relativement étroite de l'oued Nador.
- La plaine côtière de Tipaza. Située à l'Est de la ville.

La majorité des sols du plateau de Nador appartiennent à la classe des sols fersiallitiques. Ils sont principalement situés sur des versants à pente moyenne à forte.

Dans la vallée de l'oued Nador, les sols peu évolués d'apport sont nettement dominants. Les sols hydromorphes sont peu étendus, ils sont situés dans des zones éparses subhorizontales, parfois légèrement dépressionnaires. Quant aux sols calcimagnésiques, ils sont peu représentés. Nous donnons ci-après les différentes classes de sols dans la zone de Tipaza-Nador :

Tableau I.17 : Classes de sols.

zone	Classe des sols de contrôle	superficiel (HA)
TIPAZA- Nador	sols peu évolués	456
	Sols calcimagnésiques	243
	Vertisols	9
	Sols fersiallitiques	1478
	Sols hydromorphes	200
	Total	2386

Tous ces sols sont généralement profonds et leurs contraintes sont d'ordre physico-chimique : ce sont des sols de texture fine, dont les caractères vertiques sont attestés par la présence de face de glissement souvent très développées ; l'hydromorphie se manifeste soit par la couleur gris -bleuâtre de l'ensemble des profils, soit par la présence de tache d'oxydoréduction dans les horizons profonds (sols divers à caractère d'hydromorphie). D'autres contraintes d'ordre chimique sont à noter que le niveau de labour – les teneurs en calcaire actif peuvent être élevées dans les sols calcimagnésiques et surtout dans les horizons profonds des sols ferralitiques (teneur supérieure à 7% pouvant atteindre 16%). Les résultats de mesure de la conductivité hydraulique ont montré que les sols appartiennent à la classe de drainage P1 très faible ($K < 10$ cm/j). Les conductivités hydrauliques sont très lentes, en particulier dans la tranche de sol 100 – 200 cm de profondeur avec des valeurs de K de quelques dixièmes de cm seulement. Les valeurs de vitesse d'infiltration obtenues sont faibles à moyenne soit 1,8 à 12,3 cm/h. La carte de mise en valeur a dégagé quatre (04) catégories de sols qui sont:

▪**Catégorie I** : les sols couvrent 618 Ha, leur pente est inférieure à 3% sur le plateau du Nador, ce sont des sols non fersiallitiques qui s'observent de part et d'autre de la route joignant Nador à Sidi Moussa. Dans la vallée de l'oued Nador ce sont des sols peu évolués. Ils ne représentent que des contraintes mineures telles que la texture fine et localement des caractères peu accentués d'hydromorphie en profondeur. Pour de tels sols, le labour profond voire le sous solage sont recommandés afin d'améliorer la structure et l'assainissement de surface.

▪**Catégorie II** : Ces sols sont principalement situés sur des versants à pente moyenne (3 à 5%), ils couvrent 323 Ha. Ce sont des sols de texture fine présentant souvent des caractères d'hydromorphie, leur charge caillouteuse est localement forte. Pour améliorer la structure de surface et accroître la réserve utile, on pratiquera des labours profonds ou des sous solages ; les zones les plus caillouteuses seront épierrées. Un drainage retardé peut être envisagé dans les portions de parcelles les plus humides afin que leur hydromorphie ne pénalise pas les rendements de cultures sensibles.

▪**Catégorie III** : Ces sols s'observent sur des versants situés au sud de Tipaza ou au nord de la route Nador – Sidi Moussa. Ils occupent une superficie étendue de 1 038 Ha. Ce sont principalement des sols fersiallitiques situés sur des versants dont la pente varie de 5 à 12,5 %.

Ces sols présentent les mêmes contraintes que ceux de la catégorie II, en plus accentuées ; à savoir : la texture fine à très fine et le caractère d'hydromorphie qui sont associés aux caractères vertiques. A l'inverse des précédents, ils peuvent présenter des teneurs notables en calcaires actifs sur l'ensemble du profil ou bien en profondeur seulement.

▪**Catégorie IV** : D'une superficie de 155 Ha, ce sont des sols bien caractérisés : situés dans des zones subhorizontales, légèrement dépressionnaires, ce sont des sols hydromorphes de texture fine à très fine. Ces sols seront valorisés par des cultures résistantes à l'hydromorphie, à moins qu'ils ne soient drainés.

Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons voulu montré les principales caractéristiques de notre région d'étude concernant la climatologie. La pédologie et topographie et Géologie et l'hydrologie.

Nous considérons ces dernières comme des données de base pour l'établissement de notre projet d'irrigation.

Notre zone d'étude est d'un régime continental, caractérisée par une moyenne Pluviométrie concentrée sur quelques mois de l'année, dont le mois le plus pluvieux est le mois de Janvier avec une moyenne de 73, 7 mm, et la période sèche étalée de début du mois de mai jusqu'à mois octobre.

Ainsi, notre région d'étude sera classée dans un étage bioclimatique semi-aride.

Chapitre II

Présentation de la station d'épuration de Hadjout

INTRODUCTION

La station d'épuration de Hadjout est fonctionnelle depuis juin 2006. Pour apprécier la qualité des eaux en général et exactement à la sortie de notre station, les différents paramètres de pollution qui les caractérisent doivent être mesurés et comparés par la suite avec les principales normes nationales d'abord et mondiales ensuite de réutilisation des eaux usées épurées à des fins agricoles.

II.1. Présentation de la station d'épuration de Hadjout

II.1.1. Situation géographique de la commune de Hadjout

La commune de Hadjout est située au pied d'un « amphithéâtre » montagneux à 18 km du chef-lieu de la wilaya de Tipaza et à environ 80 km à l'Ouest de la capitale.

Elle est limitée :

- Au Nord-Ouest, par la commune de Nador ;
- Au Sud, par la commune de Meurad ;
- A l'Est par la commune de Bourkika ;
- Au Nord, par la commune de Tipaza ;
- Au NordEst, par la commune de Sidi Rached ;
- A l'Ouest par la commune de Sidi Amar ;

La ville de Hadjout, chef-lieu de la commune de Hadjout, occupe une superficie de 230,75 ha et elle est traversée par la RN 42.

II.1.2. localisation de la STEP de HADJOUT.

La station d'épuration des eaux usées urbaine de Hadjout (Willaya de Tipaza) de type boue activée faible charge, est située au nord-est de l'agglomération de Hadjout à 2 kilomètres de la ville de Hadjout dans la zone industrielle (figure II.1), la région de MEURAD et HADJOUT.

Les coordonnées de la STEP sont :

Longitude : $X=2^{\circ}24'38''$ □ Est du méridien international.

Latitude : $Y=36^{\circ}32'10''$ □ (Nord)

Altitude $Z=50\text{m}$



Figure II.1. Localisation de SETP de Hadjout (Extrait de carte topographique de Tipaza à l'échelle 1/250000).

II.1.3.OBJECTIFS DE LA STEP DE HADJOUT :

Elle est destinée à épurer les eaux résiduaires avant rejet dans l'oued BOURKIKKA, cette station prend en charge les rejets des villes de HADJOUT, MEURAD, et ARAHABA.

La construction et la mise en place des équipements de cette dernière permettent d'épurer les eaux usées résultants d'une population de 70.000 équivalents-habitants.

L'objectif cible et requis en sortie de station doit être conforme aux caractéristiques de l'effluent final après les traitements, qui sont représenté dans le tableau suivant :

Tableau II.1 : Les normes appliquées dans la STEP :

Paramètres	Normes
DBO5	< 30mg/l sur 24h
MES	< 30mg/l sur 24h
DCO	< 90mg/l sur24h
NTK	< 40mg/l sur 24h
Ph	entre 6.5 et 8.5
Coliformes totaux	< 20 000 /100ml

II.2.Données de base :

Les paramètres ci-après serviront de base aux calculs de dimensionnement de la station. Ils sont tirés du Cahier des Clauses des Prescriptions Techniques et Spéciales.

II.2.1. Caractéristiques de l'influent :

II.2.1.1.Charge Hydraulique

Les charges hydrauliques qui sont représenté dans le tableau suivant :

Tableau II.2: données de la charge Hydraulique

	A l'horizon 2010	A l'horizon 2020
Débit journalier	11 200 m ³ /j	16 800 m ³ /j
Débit horaire moyen	467 m ³ /h	700 m ³ /h
Débit de pointe	803 m ³ /h	1 176 m ³ /h

Source : STEP de HADJOUT

La station sera dimensionnée du point de vue hydraulique de façon à prendre le débit de pointe à l'horizon 2020, soit 1 176 m³/h. Cela signifie qu'à ce débit là les divers ouvrages ne vont pas déborder, mais il est entendu que la qualité de l'effluent n'est alors pas garantie.

Pour les calculs du processus de traitement, temps de séjour et autres, nous adoptons les valeurs suivantes :

- Pour les ouvrages de prétraitement et de chloration : Le débit de 1 176 m³/h puisqu'il n'est pas prévu d'extension future pour ces ouvrages.
- Pour tous les autres ouvrages : Le débit de 467 m³/h et une pointe de deux heures au débit de 803 m³/h.

II.2 .1.2.Caractéristiques de l'effluent final

Les caractéristiques de l'eau à traiter sont représentées dans le tableau suivant :

Tableau II.3 : Les caractéristiques de la pollution à traiter

Paramètres	caractéristiques
DBO5 journalières	4200kg/j soit 375mg/l
MES journalières	4900kg/j soit 438mg/l
SDBO (DBO soluble)	187mg/l
Ph	entre 6.5 et 8.5
DCO totale	825 mg/l
DCO biodégradable	600 mg/l
DCO soluble	305 mg/l
DCO biodégradable immédiatement	140 mg/l
NTK	40mg/l
P totale	10mg/l
Température	20°C

Source : STEP de HADJOUT.2012

II.3. Les ouvrages de la station

La station est conçue pour traiter la charge organique à l'horizon 2010, soit 70 000 Equivalent Habitant, et la charge hydraulique correspondante au débit de pointe en temps sec

à l'horizon 2020, soit 1 176 m³/h. il a été prévu les réservations nécessaires pour faciliter la connexion de l'extension future.

Les ouvrages principaux de la station sont :

- Une station de relevage en tête de station.
- Un traitement physique, pour l'élimination des huiles, sable....
- Un traitement anaérobie pour la diminution du taux de phosphore dans l'effluent. Le phosphore est dû à la présence de détergents dans l'eau.
- Un traitement aérobie.
- Un traitement anoxie pour l'élimination de l'azote par voie biologique (nitrification / dénitrification). Ceci améliore considérablement la qualité de l'effluent rejeté dans l'Oued, et présente l'avantage de réduire la consommation d'énergie et de chlore.
- Des équipements de déshydratation par presses à bandes, qui remplacent avantageusement les lits de séchages. Pour le traitement des boues.

L'organigramme suivant, présente le système d'épuration de la station :

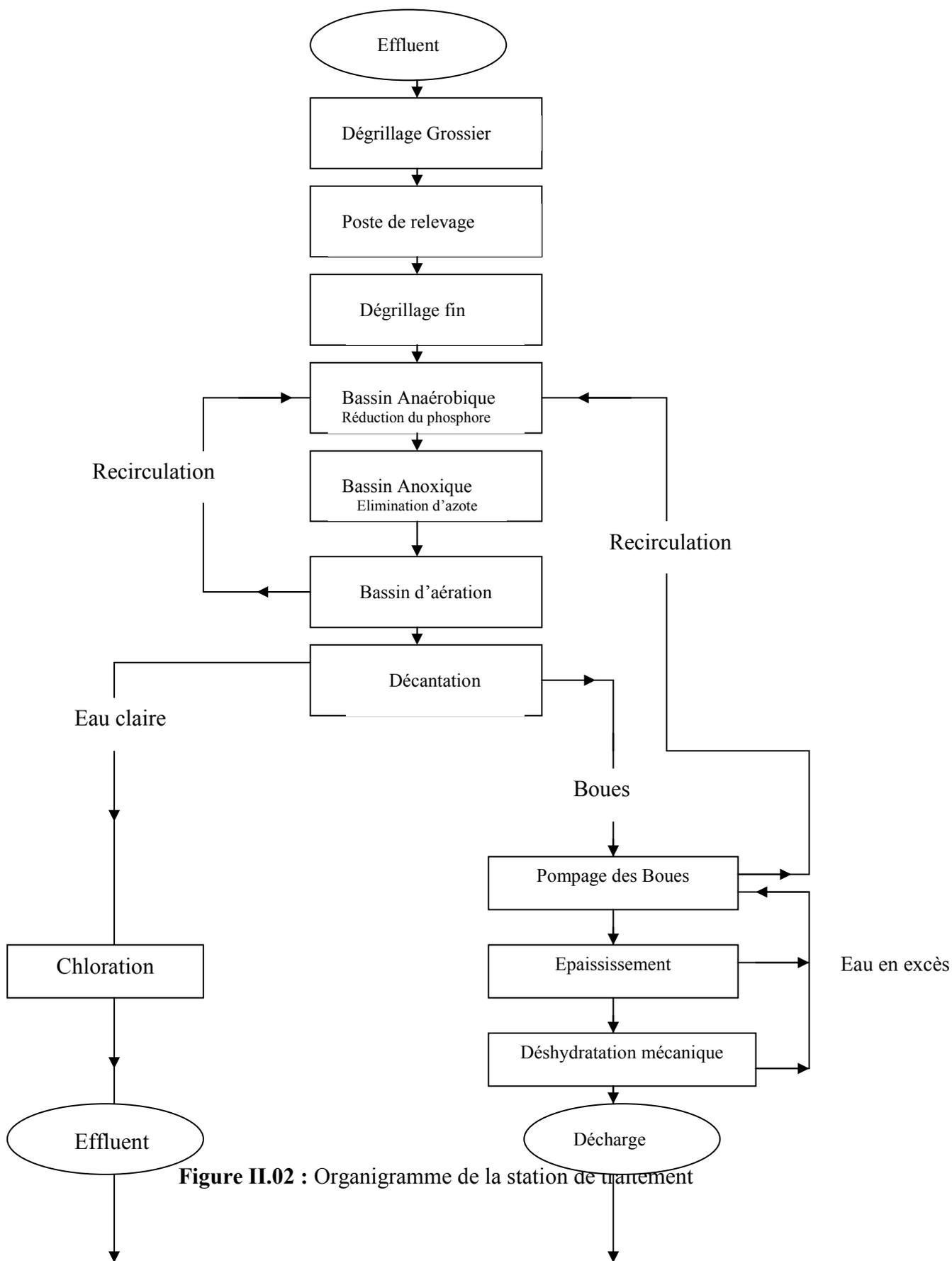


Figure II.02 : Organigramme de la station de traitement

II.3.1. Prétraitement :

II.3.1.1. dégrillage grossier :

Au moyen d'une grille grossière à nettoyage manuel.

Pré dégrillage : espace entre barreaux de 30 à 100 mm

Dégrillage moyen : espace entre barreaux de 10 à 25 mm



Figure II.3: Le dégrilleur grossier.

II .3.1.2. Station de relevage :

Elle est indispensable car la conduite d'amenée de l'effluent se trouve approximativement à 3,5 m de profondeur



FigureII.4: Station de relevage.

-les pompes fonctionnent à vitesse variable en cascade, en fonction du débit entrant un détecteur de niveau relié à un automate contrôlera la vitesse de rotation des pompes pour maintenir le niveau d'eau dans le puisard constant. Au fur et à mesure que le débit entrant augmente l'automate, mettra en marche la seconde pompe, puis la troisième et inversement quand le débit diminue.

-pour assurer une usure égale aux quatre pompes, une permutation cyclique de l'ordre de démarrage est commandée par un interrupteur horaire.

-si les variateurs de vitesse sont hors service, le système peut fonctionner en mode manuel et les pompes seront commandées par des détecteurs de niveaux. Le nombre de démarrages par heure des pompes est fonction du volume d'eau dans le puisard et des réglages des seuils des poires de niveau.

II .3.1.3. Dégrillage fin :

En amont du dessableur-déshuileur est installée une grille fine, à nettoyage automatique, et d'une grille fine à nettoyage manuel, installées en parallèle, la grille manuelle servant de secours



Figure II.5: Dégrillage fin

II.3.1.4. Dessableur/Déshuileur :

Pour éviter la décantation des sables dans le bassin biologique, et pour éliminer les huiles et graisses contenues dans l'eau brute, un dessableur-déshuileur est installé en aval du dégrilleur fin. Cette double opération se fait dans un ouvrage circulaire, à effet centrifuge.



Figure II 6: Dessableur /déshuileur

II .3.2. Traitement biologique :

Deux bassins de traitement biologique ont été réalisés, chacun est divisé en trois compartiments :

- Un compartiment anaérobique, pour la réduction du taux de phosphore, par voie biologique, d'un volume de 500 m³ et de 5m de profondeur.



Figure II.7: Compartiment anaérobique - Traitement biologique

- Un compartiment anoxique pour l'élimination de l'azote, d'un volume de 1.000 m³.



Figure II.8: Compartiment anoxique - Traitement biologique

- Un compartiment d'aération proprement dit d'un volume de 6.000m³.



Figure II.9: Compartiment aérobie - Traitement biologique

Les boues accumulées au fond du décanteur sont dirigées vers un poste de reprise des boues. Une partie est recyclée par pompage dans le bassin d'aération de façon à maintenir une concentration adéquate en bactéries épuratrices, et les boues en excès sont refoulé vers l'épaississeur et de là vers les filtres à bande pour déshydratation et évacuation. Deux bassins d'aération et deux décanteurs indépendants sont réalisés, reliés par un ouvrage de répartition permettant de maximaliser la flexibilité et la facilité de maintenance et d'exploitation.

II .3.3. Décanteurs secondaires :

Circulaires de 32m de diamètre, à pont racleur tournant.



FigureII.10: Décanteur secondaire.

II.3.4.Traitement des boues :

Le traitement des boues issues de la décantation clarification comporte deux étapes :

- Un **épaississement** statique ;
- Une **déshydratation** mécanique.

Les boues épaissies sont déshydratées par filtres à bande pour garantir une opération continue même pendant les périodes de maintenance, deux filtres complètement indépendants sont installés en parallèle.



Figure II.11 : Déshydratation par presse à bandes (à gauche) ; Epaisseur de boues (à droite)

II.4. Qualité des eaux :

Pour apprécier la qualité des eaux de notre station, toutes les mesures des paramètres physico chimiques ont, été effectuées à l'aide des échantillons représentatifs de la journée, Les résultats d'analyses sont présentés comme suit :

II.4.1. Eaux usées brutes (Entrée de la STEP) :

A l'entrée de la STEP, les concentrations moyennes obtenues des eaux usées brutes concernant les différents paramètres physicochimiques s'élèvent :

Tableau II.4: les paramètres physico-chimiques des eaux usées brutes.

<i>paramètres chimiques</i>	<i>MES mg/l</i>	<i>DBO-5 mg/l</i>	<i>DCO mg/l</i>	<i>NO2-N mg/l</i>	<i>NO3-N mg/l</i>	<i>NTK mg/l</i>	<i>NH3-N mg/l</i>	<i>PO4-3 mg/l</i>
<i>les concentrations</i>	247,05	212,32	439,96	0,02	0,5	54,84	41,9	3,65

Source : STEP de HADJOUT.2012

II.4.2. Eaux usées épurées (Sortie de la STEP) :

A la sortie de la STEP, les teneurs moyennes enregistrées des eaux usées épurées concernant les deux paramètres chimiques précédemment cités, sont :

Tableau II.5 : les paramètres physicochimiques des eaux usées épurées

<i>paramètres chimiques</i>	<i>MES mg/l</i>	<i>DBO-5 mg/l</i>	<i>DCO mg/l</i>	<i>NO2-N mg/l</i>	<i>NO3-N mg/l</i>	<i>NT K mg/l</i>	<i>NH3-N mg/l</i>	<i>PO4-3 mg/l</i>
<i>les concentrations</i>	8,47	2,16	30,13	0,29	8,92	2,5	2,2	1,63

♦Le rendement épuratoire de la station d'épuration des paramètres physicochimiques cités précédemment est présent dans le tableau suivant :

Tableau II.6.: Rendement d'élimination.

paramètres chimiques	MES kg/j	DBO-5 kg/j	DCO kg/j
Rendement (%)	94	97,7	92,9

Source : STEP de HADJOUT.2012

D'Après les résultats obtenues on constate que le rendement d'élimination des : **MES**, **DBO-5** et **DCO** est plus élevé, qu'il signifie qu'un bon traitement de ces paramètres dans cette station.

II.1.2.3.Mesure des débits (Sortie de la STEP) :

Durant l'année 2012, les débits d'eaux usées épurées et les volumes épurés sont représentés dans le tableau suivant :

TableauII.7: les débits et les volumes épurés durant l'année 2012(STEP de HADJOUT).

Mois	Débit (m3/j)	Volume épuré (m3)
<i>Janvier</i>	7561,2	226836,3
<i>Février</i>	6308,0	189240,0
<i>Mars</i>	6500,3	195009,9
<i>Avril</i>	8337,9	250136,7
<i>Mai</i>	6787,2	203617,4
<i>Juin</i>	5921,6	177647,9
<i>Juillet</i>	6049,8	181494,5
<i>Aout</i>	5837,7	175130,2
<i>Septembre</i>	6127,7	183830,3
<i>Octobre</i>	6514,8	195443,3
<i>Novembre</i>	6534,1	196022,4
<i>Décembre</i>	6108,5	183255,9

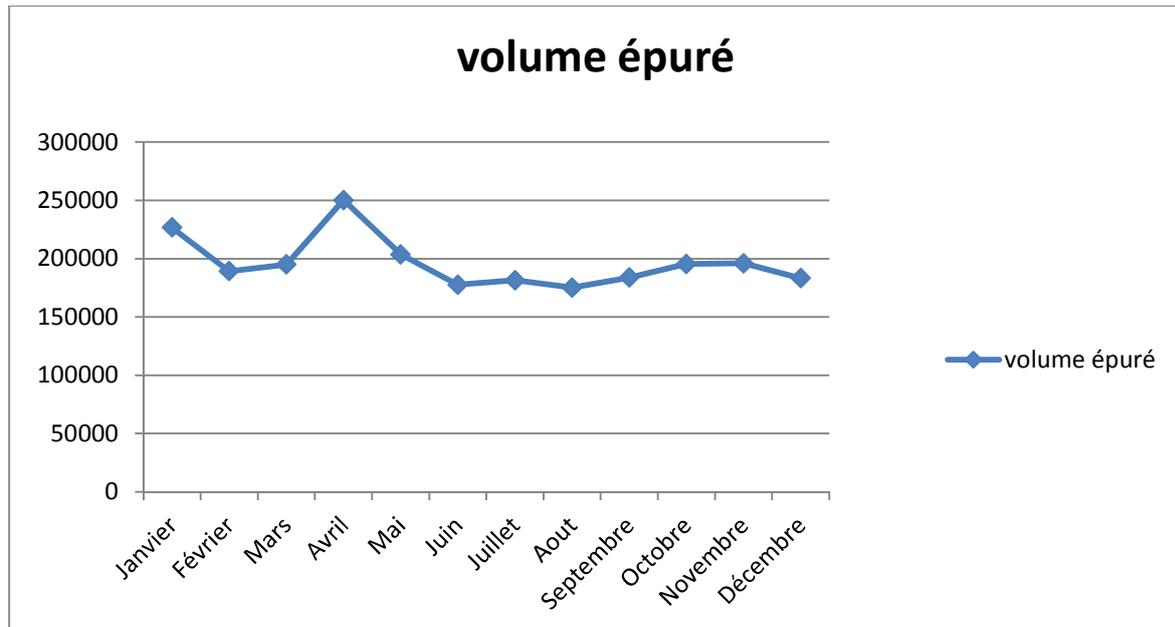


Figure II.12 : la variation du volume durant l'année 2012 (STEP de Hadjout).

II.5. Avantages et inconvénients de la réutilisation des eaux usées épurées dans l'irrigation :

☞ **Avantage :**

- Bénéfices environnementaux : l'utilisation de l'eau usée épurée dans l'irrigation présente les avantages :
 - Libération des ressources en eau douce pour l'approvisionnement
 - Domestique et autres usages prioritaires
 - Protection des milieux récepteurs tels que les oueds, les ouvrages de stockage (barrages), ainsi les eaux littorales des risques de pollution.
 - Exploitation des substances nutritives, contenues dans les eaux usées par les cultures agricoles qui impliquent une réduction des quantités d'engrais à apporter. < 1 >

☞ **Inconvénients :**

. Problèmes de salinité

L'eau d'irrigation doit être de bonne qualité parce qu'une eau de mauvaise qualité peut avoir des incidences graves sur le développement des plantes. < 1 >

II.6.Lutte contre la salinité et la toxicité :

II.6.1 .Pour le problème de la salinité il faut :

- 1) Choisir des cultures tolérantes à une salinité existante ou éventuelle.
- 2) Prévision et surveillance de la dynamique des sels et de l'évolution des sols sous l'effet de l'irrigation avec une telle eau.
- 3) Irriguer plus fréquemment pour améliorer l'approvisionnement en eau de la culture.
- 4) Appliquer régulièrement un supplément d'eau pour satisfaire le besoin de lessivage.
- 5) Changer de méthode d'irrigation, en adopter une qui permette de mieux lutter contre la salinité.
- 6) Modifier les pratiques culturales. < 1 >

II.6.2) Pour le problème de la toxicité il faut :

- 1) Arroser plus fréquemment.
- 2) Prévoir un supplément d'eau pour le lessivage.
- 3) En cas de toxicité par le sodium, utiliser des amendements tels que le gypse et le soufre.

II.7. Etude physico-chimique des eaux de la STEP de Hadjout:

II.7.1. Considérations générales sur la qualité d'eau d'irrigation:

Étant une pratique particulière, l'irrigation avec les eaux usées traitées exige, en plus des paramètres communs d'une irrigation avec des eaux conventionnelles, la maîtrise d'autres paramètres liés à la qualité physico-chimique et microbiologique des effluents (microorganismes pathogènes, éléments toxiques, salinité, matières en suspension, etc.).

Rien ne nous empêche de procéder à différents tests de contrôle et de surveillance. La notion de « surveillance continue » implique des mesures quantitatives périodiques de certains paramètres physiques et chimiques dans des échantillons d'eau prélevés à la station d'épuration.

Les indices de qualité de l'eau qui doivent être mesurés sont interprétés à la base des différentes organisations et laboratoires parmi lesquelles :

- United State Salinity Laboratory ;

✓ Guide de l'U.S Salinity Laboratory :

L'eau utilisée pour irriguer contient toujours des quantités mesurables de substances dissoutes qui, selon une terminologie collectivement admises sont les sels, on a trouvé des quantités relativement faibles mais ayant des effets importants.

Une eau convient ou non à l'irrigation selon la quantité et le type de sels qu'elle contient.

Avec une eau de qualité médiocre on peut s'attendre à divers problèmes pédologiques et agronomiques, il faut alors mettre en œuvre des méthodes d'aménagement spéciales afin de maintenir une pleine productivité agricole.

Les problèmes qu'entraîne l'utilisation d'une eau de médiocre qualité varient tant en nature qu'en gravité, les plus communes sont les suivantes :

Salinité ; perméabilité ; toxicité.

Un guide pour l'évaluation de la qualité de l'eau usée traitée, utilisée à des fins d'irrigation, en termes de constituants chimiques tels que les sels dissous, le contenu en sodium et les ions toxiques.

Contraintes chimiques :

Selon les recommandations du Conseil Supérieure de l'Hygiène Publique de France la qualité chimique à laquelle doivent répondre ces eaux est la suivante:

Les effluents à dominante domestique [(le rapport **DCO/DBO5 < 2,5**, **DCO < 75mg/l** et **NTK (Azote total Kjeldhal <100 mg/l)**] peuvent être utilisés, après épuration, pour l'irrigation des cultures et l'arrosage des espaces verts. L'utilisation d'effluents à caractère non domestique, du fait de la présence possible (en quantité excessive) de micropolluants chimiques minéraux ou organiques, reste assujettie à un examen particulier de leur qualité chimique; dans certains cas, elle pourra être interdite.

II.7.2. Classification des eaux d'irrigation:

Parmi les différents paramètres physico-chimiques d'une eau d'irrigation la salinité en constitue l'aspect le plus important. L'irrigation conduite avec des eaux chargées en sels entraîne une accumulation de ces sels dans le sol susceptible de ralentir la croissance des végétaux avec baisse des rendements pouvant aller jusqu'au dépérissement, parallèlement un excès de sodium peut engendrer l'alcalinisation et la dégradation de la structure du sol. Deux paramètres permettent d'apprécier, pour une étude sommaire les risques dus à la salinité :

- Conductivité électrique exprimée en CE (mmhos/cm) ;
- Le SAR (% de Na échangeable).

✓ **Définition de la salinité d'une eau :**

La salinité d'une eau est un terme utilisé pour faire référence à la concentration totale d'ions inorganiques majeur (Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , HCO_3^- , SO_4^{2-} et Cl^-) dissous dans cette eau. Elle exprime la concentration totale des cations ou anions en solution et non la somme des concentrations de ces cations et anions.

Pour des raisons de commodité analytique, un indice pratique de salinité électrique Ce exprimée en decisiemens par mètre (**ds/m**) ou en **mmhos/cm**.

La mesure de la salinité d'une eau se fait comme celle d'un extrait saturé à l'aide d'un conductimètre à une température standard de 25°C.

Les eaux d'irrigations, en fonction des dangers que peuvent entraîner leur utilisation, sont réparties en plusieurs classes. Plusieurs auteurs ont proposé différentes classes d'eau salée comme nous allons voir.

II.7.2.1. Classification mondiale (F.A.O)

Pour CE égal ou compris entre :

- 1g/l → bonne pour l'irrigation
- 1-3g/l → faiblement salée
- 3-5g/l → moyennement salée
- 5-10g/l → fortement salée
- >10 g/l → extrêmement salée

Si le sol et l'eau d'irrigation sont pauvres en calcium (Ca), une alcalinisation du sol peut se produire du fait de l'adsorption de Na^+ par le complexe adsorbant du sol surtout dans les proportions dépassant 3-1 g/l. Généralement au-delà de 1 g/l il est nécessaire d'avoir un bon drainage du sol, un régime de lessivage et une technique élevée des travaux agro-techniques du sol. < 2 >

II.7.2.2. Classification Russe

Elle distingue trois classes qui sont basées sur la concentration des sels

- 0,2-0,5g/l l'eau est de meilleure qualité
- 1,0-2,0g/ l'eau comportant des risques de salinité
- 3,0-7,0g/l l'eau ne peut être utilisée pour l'irrigation qu'avec
Un lessivage et un drainage

II.7.2. 3. Classification Américaine

La classification est basée sur deux paramètres C.E (conductivité électrique) à 25°C et S.A.R (Sodium Adsorption Ratio).

A- Classification selon la salinité de l'eau CE :

Selon la salinité de l'eau, exprimée par sa conductivité électrique CE 25°C, on distingue cinq (5) classes :

- ✓ **C2** : $0,25 < CE < 0,75$ mmhos/cm : l'eau à salinité moyenne, peu de danger si elle est utilisée avec un léger lessivage pour les plantes modérément tolérantes aux sels.
- ✓ **C3** : $0,75 < CE < 2,25$ mmhos/cm : l'eau à forte salinité, inutilisable pour les sols à drainage restreint.
- ✓ **C4** : $2,25 < CE < 5$ mmhos/cm : l'eau à très forte salinité et inutilisable pour les conditions normales, elle n'est autorisée que si on pratique un lessivage intense et sur des cultures très tolérantes.
- ✓ **C5** : $CE > 5$ mmhos/cm : l'eau est inutilisable sauf sur des sables lessivés et drainés et pour des cultures extrêmement tolérantes (ex : palmiers et dattiers). **< 2 >**

B-coefficient d'adsorption du sodium S.A.R :

S.A.R: Sodium Adsorption Ratio

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

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

Avec : Na^+ , Ca^{++} et Mg^{++} en meq / l

Le risque d'alcalinisation d'un sol par l'eau d'irrigation est apprécié selon le sodium adsorbable par ce sol. Ainsi, selon le taux adsorbable de sodium (SAR) d'irrigation, on distingue quatre (4) classes :

S1 : $SAR < 10$: L'eau contenant une faible quantité de sodium, peut être utilisée pour l'irrigation de presque tous les sols sans qu'il y ait à craindre que des difficultés ne surgissent du point de vue alcalinisation.

S2 : $10 < SAR < 18$: Les eaux contenant une quantité moyenne de sodium, peuvent présenter quelques difficultés dans les sols à texture fine, à moins qu'il n'y ait du gypse dans le sol. Ces eaux peuvent être utilisées sur des sols à texture grossière ou sur des sols organiques qui absorbent bien l'eau.

S3 : $18 < SAR < 26$: Les eaux contenant une quantité de sel élevée, peuvent provoquer des difficultés dans la plupart des sols et ne peuvent être employées qu'avec des précautions spéciales : bon drainage, lessivage important et addition de matières organiques. S'il y a une forte quantité de gypse dans le sol, il peut ne pas surgir de difficultés pendant quelques temps.

S4 : $SAR > 26$: Les eaux contenant une quantité très élevée de sodium, sont généralement impropres à l'irrigation, sauf pour un degré de salinité très faible et si on ajoute du gypse ou autre source de Ca soluble pour améliorer le bilan ionique. **< 2 >**

Commentaire :

Ces types de classification et d'autres sont rigides et dans plusieurs cas, elles ne tiennent pas compte des facteurs spécifiques qui sont importants pour la détermination de l'utilisation potentielle d'une eau donnée. La qualité d'une eau d'irrigation doit être évaluée en fonction des conditions spécifiques dans lesquelles elle est utilisée c'est à dire la nature des cultures, le type de sol, les modes d'irrigations, les pratiques culturales et les conditions climatiques. En raison de toutes ces réserves les classifications existantes doivent être utilisées comme indicateurs et être vérifiées en fonction des conditions locales d'utilisation.

II.8. Evaluation de la qualité de l'eau usée épurée de la STEP de HADJOUT:

II.8.1. Normes de rejets:

Pour une meilleure protection de l'environnement, aquatique, l'eau traitée doit satisfaire certaines normes de rejet; qui sont données dans le tableau suivant :

Tableau II.10 : Normes de rejets pour l'irrigation (Normes Algériennes)

Paramètre	unité	Valeurs seuil
Température	°C	< 30
Ph	-	6.5 à 8.5
Oxygène dissout(*)	mg O2/l	> 5
MES	mg/l	< 30
DBO5	mg/l	< 40
DCO	mg/l	< 90
Azote total	mg/l	< 50
Phosphore (PO4)	mg/l	< 02
Huile et graisse	mg/l	< 20
Coliformes fécaux(*)	nombre de CF/100mL	<1000 CF/100MI

Source : ANRH (ALGER)

II.8.2. Résultats d'analyses et interprétation :

Les valeurs moyennes des paramètres physicochimiques à l'entrée et à la sortie de la STEP sont tirées du bilan annuel 2012 de la STEP, elles sont présentées dans le tableau II.11

Tableau II.11: Spécifications physico-chimiques des eaux usées épurées de la STEP de Hadjout en 2012 (entrée et sortie).

Paramètres		Unités	Eaux Brutes	Eaux épurées
Potentiel d'hydrogène	PH	---	7,28	7,82
Température	T°	(C°)	21,1	17,5
conductivité électrique	CE	dS/m	1,819	1,677
Demande Chimique en Oxygène	DCO	mg/l	439,96	30,13
Matière en Suspension	MES	mg/l	247,05	8,47
Demande Biologique en Oxygène	DBO5	mg/l	212,32	2,16
Othophosphates	PO43-	mg/l	3,65	1,63
Azote ammoniacal	N-NH4	mg/l	41,9	2,2
Nitrate N-NO3	NO3-	mg/l	0,5	8,92
Nitrite N-NO2	NO2-	mg/l	0,02	0,29

Suite le tableau II.11

l'azote KEJELDAHL	NTK	mg/l	54,84	2,5
Magnésium	Mg ⁺⁺	méq/l	---	5,25
Calcium	Ca ⁺⁺	méq/l	---	5,42
Sodium	Na ⁺	méq/l	---	3,7

Source : STEP DE HADJOUT 2012

✓ **Interprétation :**

D'après les résultats du tableau V.17 on constate que :

- ✓ La température et le pH de l'eau épurée correspondent aux normes de rejet :

L'eau épurée est moyennement dure, donc le problème d'entartage de canalisation est à prendre en considération dans le cas de l'utilisation dans le domaine d'agriculture.

- ✓ Les valeurs de DCO et DBO5 et MES répondent aux normes de rejets :

Le rendement d'élimination de la DCO est efficace (plus de 90 %) et pour la DBO5 il est de l'ordre de plus de 97%. La bonne élimination de la DBO5 s'explique par le fait du bon ajustement du pH du milieu ambiant, ainsi l'absence des matières inhibitrices, la présence des nutriments (phosphore, azote), bonne aération de l'ouvrage qui a pour conséquent la reproduction du floc bactérien.

Le rapport DCO/DBO5 donne une estimation de la biodégradabilité des eaux usées. Ce rapport est égal à 2,07, signifie que l'effluent de la station est biodégradable.

Pour le coefficient d'adsorption du sodium S.A.R

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

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

Avec : Na⁺, Ca⁺⁺ et Mg⁺⁺ en meq / l

$$S.A.R = \frac{3,7}{\sqrt{\frac{5,42 + 5,25}{2}}} = 1,6$$

Interprétation des résultats des analyses:

D'après les résultats, on peut dire que :

*C.E(Hadjout) = 1,677 mmhos/cm; fait partie de la classe C3, elle ne convient qu'a des sols bien drainés.

*S.A.R(Hadjout)= 1.6, c'est-à-dire appartient à la classe S1 Les eaux sont de faible alcaline et peuvent être utilisées du point de vue alcalin pour tous les sols avec un peu de danger par le donner d'un taux de Na échangeable qui est nocif pour les sols et pour les plantes.

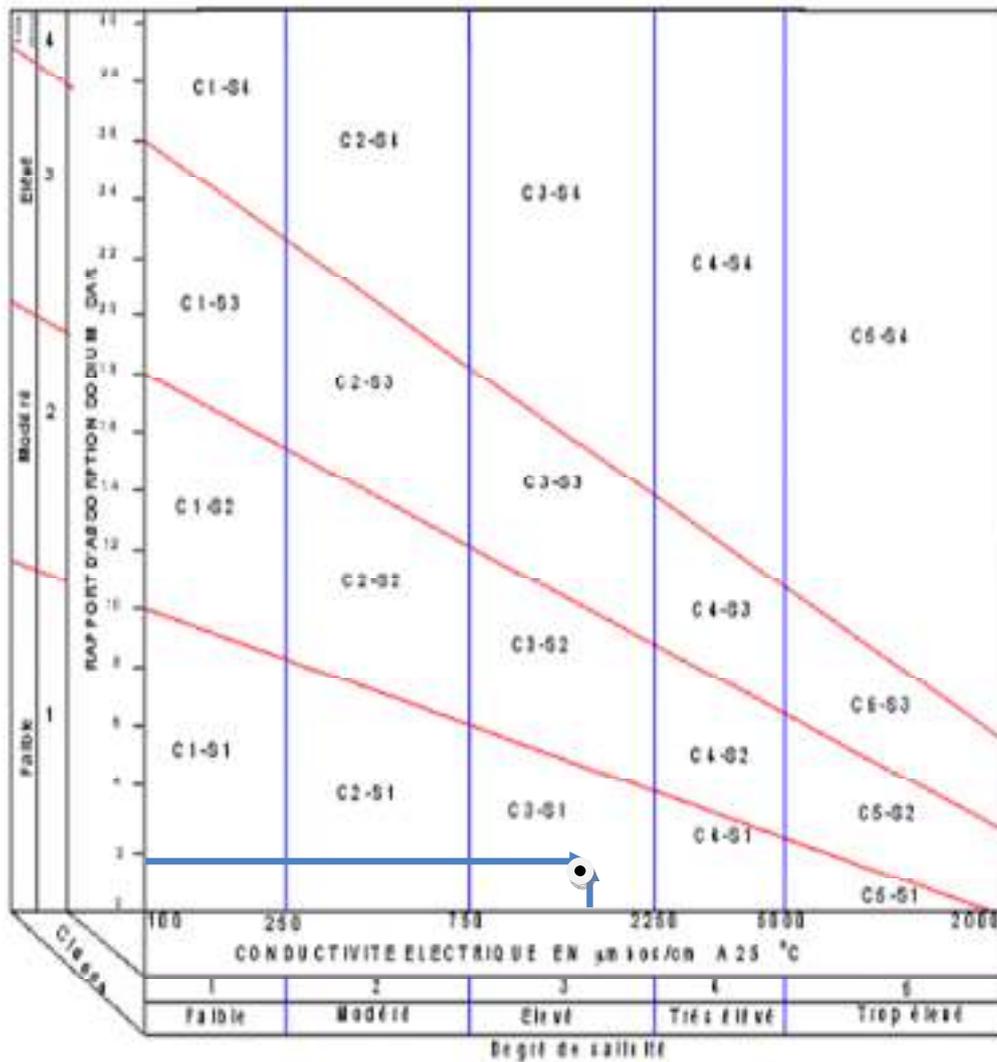


Figure II.13 .Diagramme de classification des eaux d'irrigation

Donc les eaux sont de classe C3SI d'après le diagramme.

Conclusion :

L'étude faite au niveau de ce chapitre nous a permis de connaître les ouvrages de la station d'épuration (Dégrillage, relevage, dessablage déshuilage...) et les équipements utilisés, ainsi que les analyses obtenues à l'entrée et à la sortie de la station d'épuration de Hadjout.

D'après les résultats qui ont été obtenus avant et après le traitement on remarque que le traitement effectuée par la STEP de Hadjout est efficace (rendement est de l'ord de 90%), et que les normes des rejets sont respectées donc il n'y a pas de risque sur le milieu récepteur.

CHAPITRE III

Régime d'irrigation

III .1. Introduction

Soixante à quatre-vingt-dix pour cent du matériel végétal de la plante est constitué d'eau. C'est l'eau qui permet l'absorption et la translocation des sels minéraux contenus dans le sol.

Dans ce chapitre on va déterminer les besoins en eau de la culture ainsi que leur régime d'irrigation.

III .2.Définition d'un régime d'irrigation

Le régime d'irrigation est défini comme étant l'ensemble du nombre de doses d'arrosage qu'il faut appliquer aux cultures au cours de toute leur période de végétation dans le but de compenser le déficit hydrique dans la couche active du sol.

III .3. Besoins en eau des cultures

III .3. 1. Définition

En termes généraux, le besoin en eau d'une culture est équivalent au niveau d'évapotranspiration nécessaire à sa croissance optimale.

De façon précise, le besoins en eau est défini comme le niveau d'évapotranspiration d'une culture indemne de maladie et poussant dans une parcelle d'une surface supérieure à un hectare dans des conditions optimales de sol. Ces dernières consistent en une fertilité et une humidité suffisantes pour atteindre le potentiel de production de la culture dans le milieu considéré. < 3 >

III .3. 2. L'évapotranspiration

L'évapotranspiration représente la quantité d'eau perdue sous forme de vapeur à partir d'une surface couverte de végétation. Cette quantité est généralement exprimée par unité de surface et par unité de temps, en $m^3/ha/jour$, en $m^3/ha/mois$ ou en $m^3/ha/an$. Bien entendu, l'évapotranspiration peut également s'écrire en $mm/jours$ par mois ou par an.

On distingue : l'évapotranspiration de référence (ET_0), l'évapotranspiration potentielle (ETP) et l'évapotranspiration réelle (ETR).



➤ **L'évapotranspiration potentielle ou de référence:**

C'est l'évapotranspiration d'une culture bien fournie en eau où le sol est à sa capacité de retentions, autrement dit c'est la limite maximale de l'évapotranspiration.

Donc pour mieux prédire l'évapotranspiration, on a introduit une valeur de référence que l'on définit comme étant le taux d' l'évapotranspiration d'une surface du Gazon vert, ayant une hauteur uniforme de 8 à 15cm, poussant activement, ombrant complètement le sol et ne manquant pas d'eau.

➤ **L'évapotranspiration réelle**

Pendant une période déterminée (jour, mois, cycle végétatif complet), chaque parcelle va perdre, par transpiration et évaporation directe, une certaine quantité d'eau appelée évapotranspiration réelle ETR : celle-ci pourra bien sûr être inférieure ou égale à l'ETP selon que les conditions de celle-ci sont réunies ou non.

III 3. 2.1. Méthodes d'évaluation de l'évapotranspiration

Il n'est pas question ici de présenter en détail toutes les méthodes utilisées pour le calcul de l'évapotranspiration des cultures.

On distingue généralement deux types :

- Les méthodes directes.
- Les méthodes indirectes.

III 3. 2.1.1. Méthodes directes

- **L'évapotranspiromètre ou cuve lysimétrique**

Comme son nom l'indique, l'appareil sert à mesurer l'évapotranspiration en un lieu donné du sol nu ou plus généralement d'un couvert végétal

- **Le bac évaporant**

Cet appareil très simple permet de mesurer directement l'évapotranspiration d'une nappe d'eau libre. Sous réserve qu'il soit correctement installé, il permet d'obtenir une bonne estimation de l'ETP.

- **L'évaporomètre piche**

Il s'agit d'un tube de verre rempli d'eau et fermé à son extrémité inférieure par une rondelle de papier buvard. La tranche d'eau évaporée à partir de celle-ci se lie directement sur les graduations du tube.

III .3. 2.1.2. Méthodes indirectes

Ces méthodes permettent de calculer l'ETP à partir de formules ne comportant que des données climatiques.

1) Formule de Blaney et Criddle

A la suite de nombreuses expérimentations, Blaney et Criddle ont estimé que la température et la durée du jour étaient les facteurs déterminants de l'évapotranspiration potentielle. Ils ont proposé la formule suivante :

$$ETP=K (0,46t+8,13) P. \dots\dots\dots(III.1)$$

Dans laquelle :

ETP : Evapotranspiration potentielle en mm/jour.

t : température moyenne (en degré Celsius) durant la période considérée (généralement le mois).

P : pourcentage de la durée moyenne du jour pendant la même période, par rapport à la durée moyenne du jour pour l'année.

K : Coefficient dépendant du stade végétatif de la culture et de la température moyenne (de la zone climatique). **< 4 >**

2) Formule de Turc

- Si l'humidité relative est supérieur à 50%, l'évapotranspiration potentielle est donnée par :

$$ETP=0,40(Ig+50) \times \frac{T}{T+15} \dots\dots\dots(III.2)$$

en (mm/mois)

Dans laquelle :

ETP : Evapotranspiration mensuelle (mm).

T : Température moyenne mensuelle (°C).

Ig : Radiation globale mensuelle (cal/cm²/jour).

Remarque

Le coefficient 0,40 est réduit à 0,37 pour le mois de février.

- Si l'humidité relative de l'aire est inférieure à 50%. L'évapotranspiration potentielle est

donnée par : $ETP=0,40(Ig+50) \cdot \left(\frac{T}{T+15}\right) \left(1+\frac{50-Hr}{70}\right)$ (III.3)

T : Température moyenne mensuelle (°C).

Ig : Radiation globale en (cal/cm²/jour).

Hr : L ;'humidité de l'air en %.

$Ig = Iga (0,18 + 0,62) \cdot \frac{h}{H}$ (III.4)

Ig_a : Radiation maximale théorique.

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

h : durée d'insolation de la station considérée en heure/mois .

$\frac{h}{H}$: Insolation relative en heures.

3) Formule de Penman

La formule donne les meilleures estimations de l'ETP, et ceci sous tous les climats. Son seul inconvénient est de nécessiter un nombre assez important d'informations climatiques, rarement toutes disponibles sur une même station.

La formule est la suivante : $ETP=p'(t) \frac{Rn}{L} + \sigma \cdot \frac{Ea}{P(t) + \sigma}$ (III.5)

Dans laquelle :

Rn : Rayonnement net « climatique ».

Ea : pouvoir évaporant de l'air, fonction du vent et du déficit de saturation de L'air.

L : Chaleur latente de vaporisation (2,5.10⁶ J/kg)

σ : Constante psychrométrique (0,65 h la/°C) p' (t) : Valeur de dérivée de la fonction de pression partielle de vapeur d'eau saturante en fonction de la pression de vapeur d'eau en fonction de la température, pour la température de l'air T.

III 3.2.2. Calcul de l'évapotranspiration :

Dans le tableau III 1, nous représentons l'évapotranspiration de référence ET_0 , calculée à l'aide du logiciel *CROPWAT. 8*, selon la formule de *Penman&Monteith*, modifiée.

Tableau III -1 : Les résultats de l' ET_0 obtenir à l'aide du logiciel CROPWAT

Pays : Algérie		Station climatique : HADJOUT						
Altitude : 59 m								
Mois	Temp min °C	Temp max °C	Humidité relative %	Vent (m/ S)	Insol (heurs)	Radiation (MJ/m2j)	ET0 (mm/jour)	ET0 (mm/mois)
J	5,81	17,31	74,45	3,84	5,60	9,5	2,18	67,58
Fe	6,35	17,94	70,15	4,00	6,4	12,5	2,77	85 ,87
M	8,55	20,11	68,19	3,62	7,70	16,9	3,50	108,5
A	10,14	21,61	72,12	4,60	7,90	19,90	4,18	129,58
Mai	12,98	25,88	71,26	5,00	8,30	22,00	5,34	165,54
Jun	17,48	30,02	82,12	4,61	10,00	24,90	5,63	174,53
Jlt	20,32	33 ,16	85,12	4,76	10,60	25,50	6,03	186,93
At	19,95	33,60	83,36	4,51	9,80	23,10	5,88	182,28
Sep	17,50	29,21	82,67	4,42	8,30	18,70	4,35	134,85
O	13,35	26,88	84,67	3,01	7,40	14,50	3,10	96,1
N	9,97	21,33	79,13	4,44	5,80	10,20	2,52	78,12
D	8,21	17,67	78,25	3,98	4,5	7,90	1,88	58,28
Année	12,55	24,56	77,5	3,95	7,32	17,10	3,95	122,45

III.4.L'occupation des sols et le choix des cultures:

Avant d'évaluer les besoins en eau des cultures de la zone d'étude, il faut d'abord définir l'occupation et la répartition culturelle dans le périmètre, en tenant compte des différentes contraintes (climatique, sociale, agro-pédologique).

Le choix des cultures à mettre en place doit concilier entre les critères suivant

- Les conditions climatiques de la région étudiée.
- La qualité et disponibilité de l'eau d'irrigation.
- L'aptitude culturale des sols basée sur l'étude pédologique.

Pour l'établissement du calendrier cultural adaptable aux diverses conditions du périmètre d'étude périmètre de Tipaza, nous avons tenu compte :

- De la vocation agro-alimentaire de la région.
- Du choix des services agricoles de la wilaya qui tendent vers la diversification et l'intensification des cultures pratiquées dans la région.
- D'un aperçu sommaire sur les qualifications de la main d'œuvre actuelle dans la conduite des cultures envisagées.
- Des disponibilités des moyens de production.
- De la demande commerciale traduisant les profils des agriculteurs.

Les cultures retenues doivent présenter une combinaison harmonieuse entre elles afin de bien conditionner la réussite technique et financière de notre système de culture.

La répartition culturale dans le périmètre est représentée dans le tableau suivant :

Tableau III 2: surface occupée par les différentes cultures

Type des Cultures	Surface occupée (ha)
tomate	20,12
pomme de terre	30,12
blé	21,11
orge	25,12
Maïs fourrager	14,34
Agrumes	90,12
Vignes	85,12
Pêcher	39,6
Olivier	11,35
surface totale	333

Tableau III -3: Représentation de l'assolement choisi.

Culture	Sep	Oct.	Nov.	Déc.	Jan	Fév.	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil.	Aout
Blé						←						→
Orge						←						→
Tomate							←					→
Pomme de terre									←			→
Maïs fourrager							←					→
Agrumes	←											→
Vignes	←											→
Pécher	←											→
Olivier	←											→

III .5. Détermination des besoins en eau d'irrigation

III .5.1. Définition

Le besoin en eau d'irrigation, B, est la quantité d'eau que l'on doit apporter à la culture pour être sûr qu'elle reçoit la totalité de son besoin en eau ou une fraction déterminée de celui-ci. Si l'irrigation est la seule ressource en eau, le besoin en eau d'irrigation sera au moins égal au besoins en eau de la culture et il est souvent plus important en raison des pertes à la parcelle (besoins de lessivage) percolation profonde, inégalité de répartition...etc). < 3 >

III .5.2. Calcul des besoins en eau d'irrigation des cultures

Les besoins en eau des cultures sont calculés par la formule :

$$B = (P_{eff} + RFU) - ETP. \dots\dots\dots (III.6)$$

Avec :

- B : Besoins en eau d'irrigation (mm);
- E.T.P : évapotranspiration (mm / jour)
- RFU : réserve facilement utilisable

$$RFU=Y (H_{cc} - H_{pf}).D.Z. \dots\dots\dots (III.7)$$

Avec :

- H_{cc} : Humidité à la capacité au champ;
- H_{pf} : humidité du sol au point de flétrissement ;
- Y : degré de tarissement
- Z : Profondeur d'enracinement (m) ;
- da : Densité apparente ;
- P_{eff} : Pluie efficace ; $P_{eff} = \alpha \cdot P \dots\dots\dots (III.8)$
- P : Précipitation de l'année de calcul en mm ;
- α : Coefficient tenant compte de l'efficacité des pluies. < 4 >

III .5.3) Pluies efficaces (Pe)

C'est la fraction des pluies totales réellement utilisée par la culture, elle dépend de la région concernée, de la nature de la pluie et du type de sol.

Plusieurs méthodes permettent de calculer ces pluies, mais ici nous retenons la méthode de pourcentage qui dit que :

Pluies efficaces (en mm/mois)= A. Pluies totales (mm/mois)

Avec : A : coefficient de correction est généralement égal à 0,8

Tableau III .4: pluviométries moyennes et efficaces pour chaque mois en mm

mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jil	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc
P_{moy}	58,22	52,46	50,09	40,29	28,60	6,64	1,03	0,79	16,27	45,19	52,61	57,43
P_e	46,58	41,97	40,07	32,23	22,88	5,31	0,82	0,63	13,02	36,15	42,09	45,94

III .5.4) Les besoins en eau des cultures

a)- Calcul du bilan hydrique pour les agrumes

TableauIII.5: répartition mensuelle d'agrumes

Mois	Pluie eff	ET0	Kc	ET0*kc	RFu	Besoin
Septembre	13,02	134,85	0,75	101,14	0	88,12
Octobre	36,15	96,1	0,60	57,66	0	21,51
Novembre	42,09	78,12	0,60	46,87	0	4,78
Décembre	45,94	58,28	0,50	29,14	0	0
Janvier	46,58	67,58	0,50	33,79	16,8	0
Février	41,97	85,87	0,60	51,52	112	0
Mars	40,07	108,5	0,60	65,1	102,45	0
Avril	32,23	129,58	0,65	84,23	77,42	0
Mai	22,88	165,54	0,65	107,6	25,42	59,30
Juin	5,31	174,53	0,70	122,17	0	116,86
Juillet	0,82	186,93	0,80	149,54	0	148,72
Août	0,63	182,28	0,80	145,82	0	145,19
total						584,49

Le résultat de calcul des différents cultures est résumé dans la Tableau III.6.

(pour le détail de calcul voir annexe VI)

Tableau III.6: Besoins en eau des cultures en mm.

Désignation	Pourcentage d'occupation	Besoins mensuel Mois											Total	
		S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J		A
Blé	21,11								8.94	134.38				143.33
Orge	25,12								3.76	140.24				140.24
Tomate	20,12								59.13	159.21	195.40	223.50		637.24
P. terre	30,12									29.0911	101.6485	163.7378	94.7958	389.27
Maïs fourrager	14,34									101.63	169.22			270.85
Pêcher	39,6	85.42	21.51	3.22						43.92	118.61	148.72	137.90	559.30
Agrumes	90,12	88.12	21.51	4.78						59.30	116.86	148.72	145.19	584.49
Vignes	85,12	74.63	11.90							39.74	137.80	167.42	172.54	604.03
Olivier	11,35	73.28	21.51	5,56				6.16	49.41	84.72	113.37	131.90	126.97	612.87
Total	333	321.45	76.43	13.56	0	0	0	6.16	121.24	792.24	952.91	984	677.39	3941.62

Tableau III.7. récapitulatif des besoins totaux en eau pour toute la surface de la culture

<i>Cultures</i>	<i>Surface occupée</i>	<i>besoins nets (m3)</i>	<i>Efficiencie</i>	<i>Besoins bruts (m3)</i>
Blé	21,11	30256.96	0.75	40342.6133
Orge	25,12	36172.8	0.75	48230.4
Tomate	20,12	128212.69	0.75	170950.253
pomme de terre	30,12	117248.12	0.75	156330.827
Maïs fourrager	14,34	38839.89	0.75	51786.52
Agrumes	90,12	526742.39	0.75	702323.187
Vignes	85,12	514150.33	0.75	685533.773
Pêcher	39,6	221482.8	0.75	295310.4
Olivier	11,35	69561.88	0.75	92749.1733
Besoins en eaux totaux (m3)		1682667.86		2243557.15

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

On considère une efficacité globale, produit entre les trois efficacités décrites ci-dessus égale à 0,75 (irrigation sous pression)

D'après le tableau précédent les besoins en eau pour l'irrigation de notre périmètre sont estimés à environ 2,24Hm³

Conclusion

L'étude faite au niveau de ce chapitre nous a permis de déterminer les besoins en eau d'irrigation pour la culture de notre parcelle.

CAPITRE IV

Technique d'arrosage Utilisé

IV.1. Introduction :

L'irrigation est l'application de l'eau au sol dans le but de rafraîchir le sol et l'atmosphère par ce moyen réalisé les conditions les plus favorables pour la croissance des plantes.

Mais quel que soit l'origine de l'eau (cours d'eau naturel, nappe souterraine, eau de STEP), et son mode de transport (canaux, conduite sous pression), le problème qui se pose est comment répartir cette eau sur le sol de façon que les plantes en tirent le maximum de profit.

IV.2. Les différentes techniques d'irrigation :

Selon le caractère de l'exécution de l'arrosage, on distingue :

- A. Irrigation de surface (par gravité): laisser couler l'eau à la surface, ou inonder le sol et le laisser saturer jusqu' à une certaine profondeur (submersion, par planches, à la raie).
- B. Irrigation par aspersion : pulvériser de l'eau dans l'air et la laisser retomber en pluie sur les plantes et sur le sol.
- C. Irrigation souterraine : élever la nappe d'eau par en dessous (dans les endroits où la nappe d'eau souterraine est peu profonde et contrôlable) de façon à ce que la rhizosphère soit mouillée par capillarité.
- D. Irrigation goutte à goutte : qui nous intéresse dans notre étude. < 5 >

IV.3. Choix de la technique d'irrigation convenable:

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

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

- la rentabilité de l'opération.

IV.4. Mode d'arrosage :

Le mode d'arrosage qui nous intéresse dans notre étude est l'irrigation localisée (micro-irrigation ou goutte à goutte).

IV.5. La micro irrigation (irrigation localisée) :

IV.5.1. Définition :

La micro-irrigation est une expression qui caractérise un certain nombre de techniques nouvelles, en particulier et principalement l'irrigation dite « goutte à goutte » qui ont en commun les caractéristiques suivantes :

- Une alimentation en eau à proximité immédiate du système racinaire des plantes cultivées.
- L'utilisation souvent répétée et, à la limite, continue de faibles débits instantanés.
- La limitation de la surface humectée du sol à ce qui semble strictement nécessaire, à l'exclusion de la portion du sol qui ne porte pas de plantes. (Limitation également du volume du sol humecté).

C'est d'ailleurs la faiblesse des débits et des doses qui a conduit les Anglo-saxons à désigner cette technique sous le vocable « Micro-irrigation ».



Figure. IV.1 : irrigation localisée

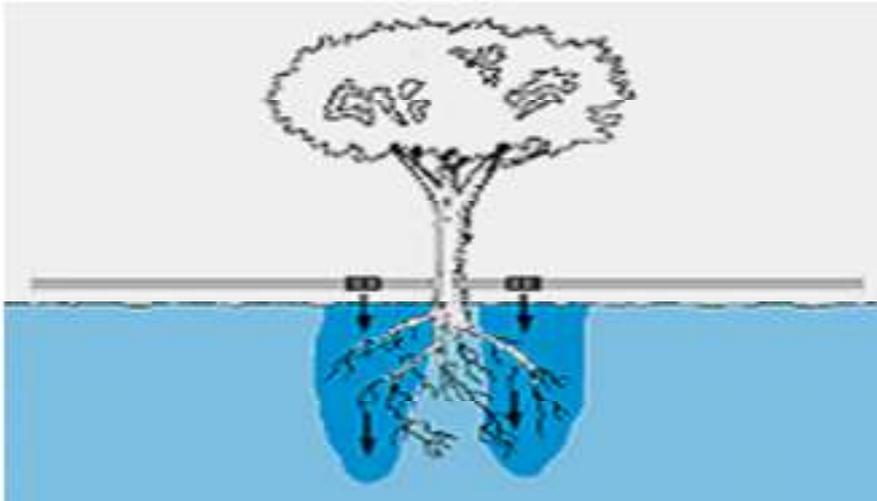


Figure. IV.2 : Zone humidifié par le goutteur

IV.5.2. Dispositions générales :

Bien que des dispositions un peu différentes puissent être envisagées, la disposition de principe de l'arrosage localisé est la suivante.

Une conduite principale (alimentée sous faible pression), alimente plusieurs lignes secondaires (rampes) qui sont ou disposés au fond de rigoles très peu profondes tracées parallèlement aux rangées de plantation ou posées simplement sur le sol, de même suspendues au palissage.

Ces rampes sont perforées ou poreuses ou bien comportent des orifices dont l'espacement adopté dépend de la plantation. Ces orifices comportent un ajutage calibré avec brise-jet que nous désignerons sous le nom de goutteurs et dont il existe différentes formes

- ❖ Raccourcit le cycle végétatif de la culture.
- ❖ Protection sanitaire plus efficace sur les feuillages: les produits phytosanitaires ne sont pas lessivés par l'irrigation.
- ❖ Le non sensibilité aux vents forts.

IV.5. 4. Inconvénients

- ❖ Coût globalement élevé qui fait réserver cette technique aux cultures à forte valeur ajoutée.
- ❖ Exige un haut degré de compétence à tous les niveaux : étude préliminaire agro pédologique, conception de l'installation, conduite des arrosages par l'irrigation.
- ❖ Nécessite une maintenance rigoureuse, en raison des risques liés à une éventuelle interruption des arrosages.
- ❖ Nécessite la filtration de l'eau d'irrigation.
- ❖ Fonctionne avec du matériel délicat à durée de vie relativement faible.
- ❖ Problème de salinisation (prévoir le lessivage).
- ❖ Le développement racinaire des cultures est limité : les racines se concentrent dans la zone humidifiée.
- ❖ Contrôle difficile des goutteurs.

IV.5.5. Composition d'une installation d'irrigation goutte à goutte :

Chaque parcelle doit être équipée d'un réseau composé d'une unité de tête qui est l'élément essentiel de tout réseau d'irrigation localisée. L'installation de tête a pour but de fournir de l'eau propre, éventuellement enrichie et traitée chimiquement, sous une pression régulée, et de la distribuer successivement vers tous les secteurs à irriguer.

Cette unité reliée au point de fourniture de l'eau, est généralement constituée des éléments suivants :

- ❖ Groupe de pompage.
- ❖ Vanne.
- ❖ Filtre à sable.
- ❖ Débit mètre : pour contrôler le débit et le régler en fonction du bassin.
- ❖ Régulateur de pression : pour régler la pression.
- ❖ Porte- rampes d'arrosage.
- ❖ Conduites principales enterrées .

- ❖ Rampe munie de goutteurs d'un écartement fixe selon le mode de plantation des cultures.

a). Groupe de pompage :

Le groupe de pompage est mis à la sortie du bassin d'accumulation, il peut être soit :

b). Filtre à sable :

Le filtre à sable est une cuve à pression remplie d'une épaisse couche de sable calibré qui arrête les éléments solides en suspension dans l'eau qui la traverse, il est indispensable pour arrêter les éléments organiques. Le sable peut être roulé ou concassé. Le sable peut être roulé d'une seule granulométrie, permet une filtration plus homogène. Pour un bon fonctionnement, le filtre doit retenir les particules de granulométrie supérieure à 1/7 de la plus petite dimension de passage de l'eau dans le distributeur.

c). Borne d'irrigation :

Les réseaux mobiles sont branchés sur des bornes d'irrigation piquées sur les conduites de distribution, une borne peut être piquée d'une ou plusieurs prises.

La borne assure trois fonctions

d). Régulateur de pression :

Il permet de contrôler la pression en tête de la conduite principale.

f). la conduite principale :

C'est la conduite qui relie au point de fourniture d'eau les diverses portes rampes. Elle peut être en amiante ciment, en PVC rigide ou en acier galvanisé comme en irrigation par aspersion. Pour les petites installations, du polyéthylène haute densité peut également être utilisé.

g) portes rampes :

C'est la conduite qui alimente les rampes d'un seul côté ou des deux côtés. Ils peuvent être soit en polyéthylène moyenne densité (PE), soit en chlorure de polyvinyle rigide (PVC).

h). les rampes :

Qui sont toujours en PE_{BD} (polyéthylène basse densité), à l'exception de quelques installations où l'on a utilisé du PVC rigide de petit diamètre. Les distributeurs y sont fixés avec un espacement prédéterminé. Il existe d'autres types de rampes qui assurent à la fois le transport et la distribution de l'eau, par exemple les rampes (ou gaines) poreuses ou perforées (à simple ou double section).

i). les distributeurs :

Les distributeurs constituent la partie essentielle de l'installation. C'est à partir d'eux que l'eau sort, à la pression atmosphérique, en débits faibles et réguliers. Ils peuvent être des goutteurs à très faible débit (quelques l/h), dont il existe de très nombreux types différents, des ajutages ou des mini diffuseurs dont le débit est un peu plus important (quelques dizaines de l/h).

i.1). Différents types de distributeurs :**1. Goutteurs :**

Les plus utilisés ont des débits de 2 l/h pour les cultures maraîchères et de 4 l/h pour les cultures pérennes. Ils sont placés en dérivation, en ligne ou intégrés dans les rampes.



Figure. IV.4 : goutteur

2. Gaines :

Destinées aux cultures maraîchères, peuvent être utilisées pour les vergers, elles assurent conjointement un rôle de transport et de distributeur.

3. Tubes poreux :

La paroi à structure poreuse laisse passer l'eau, ils sont généralement enterrés.

4. Mini diffuseurs :

Ils sont toujours placés en dérivation, fixés directement sur la rampe, fonctionnent comme de petits asperseurs statiques ne couvrant qu'une partie de la surface du sol au voisinage des cultures.

5. Ajustages calibrés (procédé Bas-Rhône) :

Les systèmes d'arrosage par ajustage calibrés sont constitués par une canalisation en PE, sur laquelle sont fixés en dérivation des orifices calibrés en laiton; sont placés sur la rampe à des écartements réguliers.

IV.5.6. Choix d'un distributeur dans l'irrigation en goutte à goutte :

En irrigation localisée, le choix du goutteur est important car de lui va dépendre le bon fonctionnement hydraulique de l'installation, l'alimentation hydrique satisfaisante de la culture, la pérennité des équipements, le niveau de la filtration et la qualité de maintenance à assurer.

C'est la prise en compte d'un certain nombre d'éléments qui permet à l'utilisateur de définir son choix d'une manière objective.

a) la qualité de l'eau :

C'est un élément essentiel dont vont dépendre les risques de colmatage des distributeurs.

Les eaux de mauvaise qualité: sont généralement des eaux de surface (rivière, canaux lacs, bassins) riches en impuretés sous forme minérale ou organique. Si les éléments les plus gros sont retenus par une filtration efficace, les éléments très fins par contre traversent les filtres et se déposent à l'intérieur des distributeurs entraînant peu à peu une diminution de leur débit.

Dans ce cas, on utilisera essentiellement des goutteurs en ligne à cheminement long non uniforme, ayant un débit de 4 l/h.

De même, si l'on doit utiliser des goutteurs autorégulant, on choisira préférentiellement ceux que sont à chicanes avec la longueur de cheminement la plus grande possible.

En effet, après un certain temps de fonctionnement, il se produit un effet d'empreinte de la membrane au contact de relief de cheminement entraînant une diminution de la section de passage.

Les eaux de bonne qualité: sont généralement des eaux de nappe ni ferrugineuses (rouillée), ni entartrantes.

Dans ce cas, tous les goutteurs peuvent être utilisés à condition d'adapter la finesse de filtration à chacun d'eux.

b) la nature du sol :

La nature du sol permet de choisir entre mini diffuseurs et goutteurs.

Dans certains sols très filtrants, sableux ou caillouteux comportant une nature grossière, pour lesquels la diffusion latérale de l'eau est faible, ainsi que dans certains sols argileux comportant des argiles gonflantes dont la dessiccation entraîne la formation de fentes de retrait.

Pour tous les autres types de sol, des goutteurs de 2 ou 4 l/h conviennent, d'autant que les investissements nécessaires sont dans ce cas plus faibles.

c) la nature des cultures :

Pour les cultures pérennes, telles qu'arbres fruitiers, vignes, où l'installation est fixe les distributeurs en ligne ou en dérivation sur la rampe peuvent être envisagés.

Par contre, dans le cas des cultures annuelles où les rampes doivent être enroulées ou déroulées lors de la mise en place de la culture et pour la récolte, on évitera les goutteurs en dérivation faisant saillie sur la rampe, au bénéfice des goutteurs en ligne, des goutteurs intégrés dans la rampe, des gaines souples.

Conclusion

Dans ce chapitre on a parlé de tout ce qui se rapporte à la technique choisie qui est la micro irrigation à savoir les différentes compositions du réseau.

CHAPITRE V

Réseau d'irrigation

V.1 Dimensionnement d'un îlot type :

V.1.1 Choix de l'îlot type :

Pour le choix de l'îlot, on choisit celui qui présente le plus de contraintes à savoir le plus éloigné par rapport à la source principale et le plus haut sur le plan topographique ceci bien évidemment nous permettra de vérifier les pressions calculées et la source est suffisantes.

Pour ce faire on va prendre un îlot qui va servir de modèle pour tous les autres,

V.1.1.1. Prise d'irrigation :

Chaque îlot sera desservi par une prise d'irrigation sur le réseau de distribution par conduites qui suivent les limites de ces îlots.

Par conséquent, la prise serait toujours située sur la limite de l'îlot, sur le côté amont ; dans le cas de petites surfaces et au centre dans le cas de grandes parcelles.

V.1.1 .2. Taille de l'îlot :

Les classes de taille de l'îlot ainsi que les débits d'équipements sont indiqués au tableau suivant :

Tableau V .1 : Débits normalisés des prises

Taille de l'îlot S (ha)	Débit d'équipement de la prise (l/s)
$S \leq 15$	15
$15 < S \leq 20$	20
$20 < S \leq 25$	25
$25 < S \leq 30$	30

En dehors de la période de pointe, le débit fictif continu exigé au niveau de l'îlot sera inférieur au débit équipé au niveau de la prise, ceci peut arriver aussi lors de la période de pointe dans les cas suivants :

La superficie de l'îlot est inférieure à la superficie nominale correspondant au débit de la prise (cas sortant des plus petits îlots).

Le plan de cultures est moins intensif que celui supposé pour le dimensionnement de la prise.

Dans ces conditions, le volume fourni à l'îlot doit être ajusté aux besoins soit par une diminution du débit fourni en continu, soit par l'introduction d'un tour d'eau au niveau des prises, ou bien encore par une combinaison des deux.

V.2. Données générales

Cultures:

Agrumes

Espacement entre arbres 5m

Espacement entre arbres rangs 5m

Caractéristique de la ressource en eau

Eau usée épurée de la station d'épuration de Hadjout

Caractéristique de goutteur

Débit nominal 4 l/h

Pression nominale 10 mce

Espacement des goutteurs 1m

Caractéristiques des conditions climatiques

Besoins en eau journaliers pour le mois de pointe $\frac{223.5}{31} = 7,21 \text{ mm/j}$

Caractéristiques des conditions de travail

Une irrigation journalière

Temps maximum journaliers de travail 16h/24h

Détermination des données de bases

Surface totale à irriguer $s(t) = 7,56 \text{ ha}$

V.2.1. Calcul du débit maximum journalier

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

$$Q_{car} = q_s \cdot S \dots\dots\dots (V .1)$$

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

S : la superficie totale à irriguer est égale à 7,56 ha

$B_{\text{nette}}=223,50$ (mm/mois)

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

$$q_{\text{spécifique}} = \frac{B_{\text{net}} \cdot 10 \cdot 1000}{N_h \cdot n_j \cdot 3600 \cdot E_i} \dots\dots\dots (V.2)$$

(Exprimé en l/s/h)

Le débit spécifique : **qs = 1,34 l/s/h** est inférieur à 1,5 l/s/ha donc la condition de calcul le débit spécifique est vérifiée $0,6 < q_{\text{spécifique}} < 1,5$

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

Nh : nombre des heures d'irrigation=20h

nj: nombre de jours du mois de pointe = 31jours

Ei: Efficience d'irrigation ≈75%.

$Q_{\text{Car}} = q_s \cdot S = 1,34 \cdot 7,56 = 10,13$ l/s

$Q_{\text{Car}}=10,13$ l/s

V.2.2. Besoins d'irrigation des cultures en irrigation localisée:

V.2.2.1. Influence du taux de couverture du sol

- Principalement l'irrigation localisée est utilisée pour les cultures en ligne où une partie seulement de la surface est occupée par les plantes ; donc les chiffres des besoins en eau déterminés par les méthodes où toute la surface est considérée à irriguer doivent être multipliés par un coef de réduction « K_r » dépendant du taux de couverture « C_s »

Le coef K_r est donné par plusieurs formules comme :

- La formule de Keller et Karmeli (1974) :

$$K_r = \frac{C_s}{0,85} \dots\dots\dots (V.3)$$

- La formule de Freeman et garzoli :

$$K_r = C_s + 0,5(1 - C_s) \dots\dots\dots (V.4)$$

- La formule de Decroix (CTGREF) :

$$K_r = 0,1 + C_s \dots\dots\dots (V.5)$$

Pour notre cas on considère un taux de couverture égale à 60 % (pour les arbres adultes) donc $K_r = 0,71$ selon Keller et Karmeli.

$K_r = 0,80$ selon Freeman et Garzoli.

$K_r = 0,70$ selon Decroix (CTGREF).

On prend ($K_r = 0,71$),

Irrigation traditionnelle demanderait pour le mois de pointe $ETM_{\text{pointe}} = 4.8$ mm/jour (tableau des besoins en eau). En irrigation localisée les besoins se réduisent à

$$ETM_r = ETM_{\text{pointe}} * K_r \dots\dots\dots (V.6)$$

$$ETM_r = 4.8 * 0,71 = 5.12 \text{ mm}$$

V.2.2.2 Besoins d'irrigation brute Bbrut ;

C'est le volume d'eau d'irrigation nécessaire en pratique. **Bnet** et **Bbrut** sont liées par l'équation suivante La dose brute d'arrosage dépend en fait de l'uniformité de l'irrigation et de l'efficacité du réseau

$$B_{\text{brut}} = \frac{B_{\text{net}}}{C_u} \dots\dots\dots (V.7)$$

$$B_{\text{brut}} = \frac{5,12}{0.85} = 6,02 \text{ mm}$$

C_u : coefficient d'uniformité $C_u = 85\%$

V.2.2.3 Pourcentage de sol humidifié:

$$P = \frac{n \cdot S_{pd} \cdot S_h}{S_a \cdot S_r} \dots\dots\dots (V.8)$$

P : volume de sol humidifié.

n : Nombre de point de distribution par arbre.

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

S_h : Largeur de la bande humidifiée ; (m). tiré de l'abaque (voir annexe 4)

S_r : Ecartement entre rangs d'arbre ; (m)

S_a : Espacement des arbres sur les rangs ; (m)

Le pourcentage P de sol humidifié peut être vérifié à l'aide du tableau

$$P = \frac{2 * 1 * 5}{5 * 5} = 40 \%$$

V.2.2.4 Fréquence d'arrosage :

La fréquence ou espacement entre deux arrosages. Cette valeur dépend de la transpiration journalière moyenne dans la période de pointe des cultures et de la dose appliquée à chaque arrosage.

Dose nette= (Hcc-Hpf)*e*Z*P/100 (V.9)

On a les caractéristiques hydriques pour un sol limoneux en moyenne on a

Hcc=22% HCC : humidité à la capacité au champ

Hpf=10% Hpf : humidité au point de flétrissement.

$Y = \frac{2}{3}$ Y : degré de tarissement admis

Tel que :

Z=1200 mm Z : profondeur d'enracinement

Dose nette = $\frac{12}{100} * 0.66 * 1200 * 0.4 = 38.02 \text{ mm}$

Donc la fréquence minimale $f = \frac{D_{nette}}{ETM_r} = \frac{38.02}{3.41} = 11 \text{ jours}$

V.2.2.5. Durée d'arrosage:

La durée d'arrosage

$d = \frac{b_{brut} * E_g * S_r}{q_g} = \frac{6,02 * 1 * 5}{2 * 4} = 3,76h. \approx 3h / \text{jour}$ (V.10)

Avec :

Eg : L'espacement des distributeurs sur la rampe ;

Sr : L'écartement entre les rampes ;

qg: Débit du distributeur en l/h.

V.2.2.6. Calcul du nombre de postes

$$N(p) = \frac{T_{\max}}{d_j} = \frac{16}{3} = 6 \text{ Poste} \quad \dots\dots\dots(V.11)$$

Avec :

T_{\max} : Temps maximum de travail, en prend $T_{\max} = 16 \text{ h}/24\text{h}$.

d_r : Durée d'arrosage en h/jour.

V.2.2.7. Surface d'un poste

$$S(p) = \frac{S(t)}{N(p)} = \frac{7,56}{6} = 1,26 \text{ ha} \quad \dots\dots\dots(V.12)$$

V.2.3. Choix des goutteurs dans notre zone d'étude la densité des cultures

Pour les cultures 400 arbres/hectare c'est à dire une plantation de (5*5) m

Pour nos cultures en utilise généralement 2 goutteurs de débit de 4l/s.

Pour chaque poste on doit déterminer les paramètres de calcul qui sont :

V.2.3.1. Nombre des goutteurs

$$L_{\text{poste}} = L_r = 120 \text{ m}$$

Avec : L_r : Longueur de poste

$$\text{Largeur de poste } l_{\text{poste}} = L_{pr} = 105 \text{ m}$$

$$N_g = N_{\text{arbres}} \cdot n$$

Avec : N_{arbres} : Nombre des arbres chaque poste = $400 * 1,26 = 504$ arbres /poste

$$\text{Donc } N_g = 504 \cdot 2 = 1008 \text{ goutteurs}$$

V.2.3.3. Nombre de rampes

$$N_{\text{rampe}} = \frac{L_p}{E_R} = \frac{120}{5} = 24 \text{ rampes}$$

Avec : L_r : la longueur de poste (m)

V.2.3.4. Débit de poste

$$Q_{\text{post}} = N_g \cdot Q_g \quad \dots\dots\dots(V.13)$$

$$Q_{\text{poste}} = 4 \cdot 1008 = 4032 \text{ l/h}$$

V.2.4. Calcul hydraulique

V.2.4.1. Débit

$$Q_r = Q_g \cdot N_{g/r} \dots\dots\dots (V14).$$

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

Avec : Q_r : Débit de rampe

Q_g : Débit de goutteur

$N_{g/r}$: Nombre des goutteurs par rampe

N_r : Nombre des rampes

Q_{pr} : Débit de porte-rampe

$$Q_r = 42 \cdot 4 = 168 \text{ l/h}$$

$$Q_{pr} = 168 \cdot 24 = 4032 \text{ l/h}$$

V.2.4.2. perte de charges

Calcul des pertes de charges au niveau de la rampe, on admet suivant les caractéristiques du goutteurs, les pertes de charges suivantes :

$$\frac{\Delta q}{q(g)} = x \quad \text{La variation maximale du débit entre goutteur : } \frac{\Delta q}{q} = 10\%$$

Tel que :

x : exposant en fonction du type du matériau du goutteur = 0.5m.

$q(g)$: débit nominal d'un goutteur.

H : pression nominale (1bar = 10m.c.e).

$$H = 2 \text{ m.c.e. } \quad 0,1 = 0,5 * \frac{\Delta H}{10}$$

La valeur des pertes de charge singulières est estimée à 10% de la variation maximale de la pression.

$$P_{dc} \text{ singulière : } 2 \cdot 0,1 = 0,2 \text{ m.c.e.}$$

$$P_{dc} \text{ linéaire : } 2 - 0,2 = 1,8 \text{ m.c.e.}$$

La répartition de la perte de charge est :

1/3 sur la porte rampe

2/3 sur les rampes

Pour la détermination des pertes de charges pour les différents tronçons on a :

Dans une canalisation assurant un service d'extrémité

$$j_{pebd} = 0,478 \cdot D^{-4,75} \cdot Q^{1,75} \dots\dots\dots (A)$$

Dans une canalisation assurant un service en route

$$j = J \cdot \frac{L}{2,75} \dots\dots\dots(B)$$

Ou : L : la longueur de la conduite ; (m)

Q : débit (l/h)

D : diamètre intérieur de la canalisation (mm)

$$D = \left[\frac{1,2 \times 2,75}{0,478 \times q_r^{1,75} \times l_r} \right]^{\frac{-1}{4,75}} \dots\dots\dots (V. 16)$$

$$J_r = \frac{0,478}{2,75} \cdot D r^{-4,75} \cdot Q^{1,75} \cdot L_r \dots\dots\dots(V.17)$$

Après une application numérique avec $q_r = 168$ l/h et $l_r = 105$ m.

On trouve :

$$D = \left[\frac{1,2 \times 2,75}{0,478 \times 168^{1,75} \times 105} \right]^{\frac{-1}{4,75}} = 11,71 \text{ mm.}$$

Le diamètre normalisé $\varnothing = 16$ mm

On recalcule les pertes de charges par la formule citée ci –dessus (les formules A et B) ; avec un $\varnothing = 16$ mm, $l_r = 105$ m et un débit de 168 l/h.

On trouve $P_{dc} = 0,27$ m.c.e c'est vérifié car dans les rampes les pertes de charges ne dépassent pas 1,2 m.c.e et aussi dans les portes rampes ne dépassent pas 0,6 m.c.e.

- Diamètre du porte rampe : Le débit au porte rampe égal à 4032 l/h et la longueur du porte rampe égal à 120 m

$$D = \left[\frac{0,6 \times 2,75}{0,478 \times 4032^{1,75} \times 120} \right]^{\frac{-1}{4,75}} = 44,96 \text{ mm}$$

On appliquant la formule (A) on trouve un Diamètre de porte rampe $D = 44,96$ mm. on prend $\varnothing = 50$

On recalcule les pertes de charges par la formule citée ci –dessus (les formules A et B) ; avec un $\varnothing = 50$ mm, $l_r = 120$ m et un débit de 4032 l/h.

On trouve $P_{dc} = 0,36$ m.c.e c'est vérifié car dans les portes rampes ne dépassent pas 0.6 m.c.e.

V.2.4.3 Conditions hydrauliques

V.2.4.3.1 Position de porte rampe

La valeur du diamètre de la rampe dépend de la position de la porte rampe ;

La porte rampe sur la cote

Tableau V.2 : caractéristique de la rampe

Cultures	L _r (m)	N _r	Q _r (l/h)	Ph ₁ (m)	D _{cal} (mm)	D _n (mm)	Ph ₁ (m)
Orange	105	24	168	1.2	11,71	16	0,27

Les valeurs de pertes de charges sont inférieures à 1.2mce (la valeur maximale).

V.2.4.3.2 Détermination des portes rampes

Tableau V.3 : caractéristique de la porte rampe

Cultures	L _{pr} (m)	Q _{pr} (l/h)	Ph ₁ (m)	D _{cal} (mm)	D _n (mm)	Ph ₁ (m)
Orange	120	4032	0.6	44,96	50	0,36

Les valeurs de pertes charges sont inférieures a 0.6mce (la valeur maximale).

V.2.4.4 Calcul de la canalisation principale

La vitesse de l'eau devra être inférieure à 1,5m/s

Le cas le plus défavorable v=1,5m/s.

Avec Q_{poste}=4032 l/h =1,12 l/s

Pour 6 postes on a Q_{ilot} =24192 l/h

Q_{ilot} = 6,72l/s 6 poste

Le diamètre :

D'après la formule de « Bonin » le diamètre de la conduite principale est :

$$\varnothing = \sqrt[3]{Q} \dots\dots\dots (V.18)$$

Q : débit en m³/s

$$\varnothing = \sqrt[3]{6,72 \cdot 10^{-3}} = 82 \text{ mm}$$

$$\varnothing=90 \text{ mm}$$

V.2.4.5 Calcul de la pression en tête de la parcelle :

Elle est calculée à partir du point le plus défavorable (figure V.1)

$$P = P_G + J(R) + J_{AB}(PR) + J_{tot} + P_{Fi}$$

P = Pression entête 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 $P_{Fi}=2 \text{ mce}$

J_{tot} = Perte de charge totale ; $J_{tot} = (1.1 \div 1.15) * J_{lin}$.

J_{lin} = Perte de charge linéaire en m ; tel que : $J_{lin} = J_{BF}(CP) + J_{FE}$

Tel que :

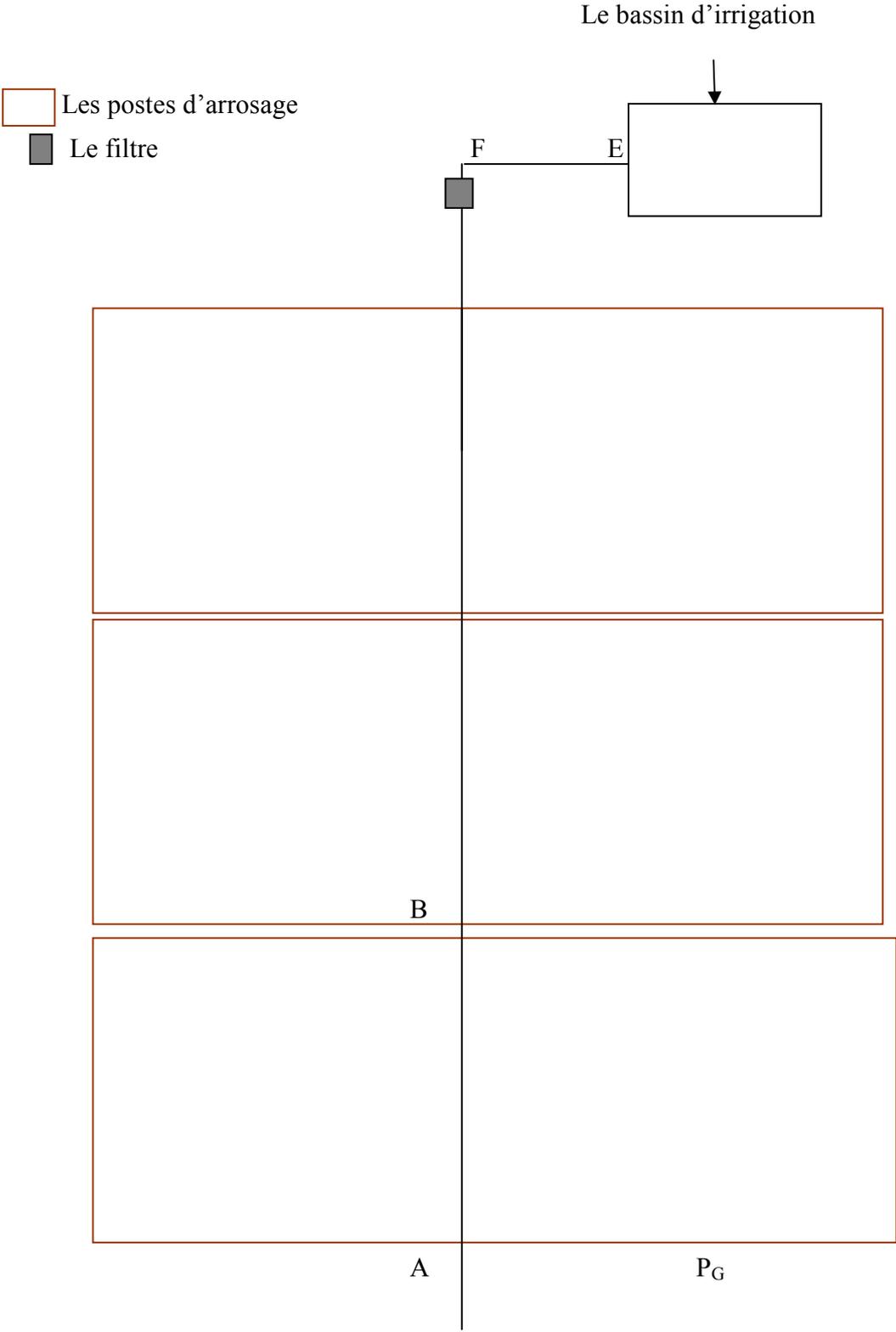
$J_{BF}(CP)$ = Perte de charge dans la conduite principale en m ;

J_{FE} = Perte de charge dans la conduite reliant le bassin et la conduite principale en m .

$$J_{BF}(CP) = 0.478 / 2.75 * 90^{-4.75} * 24192^{1.75} * 240 = 1,02m$$

La pression d'arrivé est

$$P = 10 + 0,27 + 0,36 + 2 + 1,2(1,02 + 0,015) = 13,87m$$



FigureV.01 : La pression en tête de l'installation théorique

V.3.Capacité du bassin d'irrigation

L'irrigation journalière théorique est de 3 heures, donc l'agriculteur aura besoin d'un volume de :

$$V = 6,4 \cdot 3.3600 = 69,12 \text{ m}^3$$

V.3.1. Dimensionnement du bassin d'irrigation

Le bassin devra assurer au minimum un stockage des eaux pour une durée de 2 jours pour les raisons suivantes :

- il n'y a pas de pire catastrophe pour un périmètre irriguée que l'interruption de l'approvisionnement en eau, une réserve de sécurité est indispensable ;
- le stockage dans un réservoir non couvert, participe à l'amélioration de la qualité de l'eau

Sa capacité sera de

$$V = 69,12 \cdot 2 = 138,24 \text{ m}^3$$

Donc les dimensions du bassin

$$L = 7,5 \text{ m}$$

$$B = 7,5 \text{ m}$$

$$H = 2,5 \text{ m}$$

L : longueur du bassin

B : largeur du bassin

H : hauteur du bassin

Remarque

On a alimenté notre bache d'eau à partir d'un piquage N°24 par la conduite d'adduction et distribution < 6 >

Conclusion:

Dans ce chapitre, on a pu dimensionner les différentes parties du réseau localisée (goutteur, rampe, porte-rampe, conduite secondaire et conduite principale), et on va ressortir le volume de notre bache d'eau.

Chapitre VI

Évaluation économique du projet

VI.1.Introduction :

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

VI.2.Coût des conduites :

Les prix des conduites sont dans le tableau suivant :

Tableau VI.1 : les prix des conduites

Diamètre nominal (mm)	Longueur (m)	N	Prix unitaire DA/m	Prix total (DA)
16	105	24	37,66	94903,2
50	120	6	114,95	82764
90	240	1	296,03	71047,2
Totale				248714,4

VI.3. Devis estimatif des équipements :**Tableau VI.2 :** Devis estimatif des équipements

Equipement	Unité	Nombre	Prix unitaire (DA)	Montant (DA)
Robinet vanne	1	6	6000	36000
Coudes	1	1	500	500
Filtre	1	1	15432,77	15432,77
TOTAL				51932,77DA

VI.4. Devis Global :**Tableau VI.3 : Devis estimatif global**

Nature des charges	Charges en DA
Equipements	51932,77
Conduites	248714,4
bassin d'irrigation	300000
totale HT	600647,17
TVA 17%	102110,02
totale TTC	702757,19

Remarque

On a pris les prix des conduites en se basant sur les prix STM Chiali.

Conclusion :

A travers ce chapitre, on a déterminé le devis estimatif et quantitatif de notre projet, est estimé à **702757,19 DA.**

CONCLUSION GENERALE

L'objectif de notre présent travail est l'introduction de la technique d'arrosage performante (goutte à goutte) dans le but d'assurer une répartition de l'eau de façon uniforme et économique, facteur le plus essentiel dans une telle étude.

L'étude du climat (précipitation-température), montre que notre région a un climat semi -aride; et l'analyse du sol nous donne un sol lourd, pas salé avec une quantité de matière organique moyenne.

L'étude hydrologique nous permet de choisir la série pluviométrique annuelle qu'on doit prendre pour le calcul et l'analyse de l'eau d'irrigation de la STEP de HADJOUT indique que l'eau utilisée à une forte salinité, faiblement alcaline et peu de danger de toxicité au futur.

Suivant les résultats caractérisant la région, nous avons choisi les cultures adaptées avec les données climatiques et agro pédologiques.

La détermination des besoins en eau d'irrigation se fait à partir de la détermination de l'évapotranspiration par la méthode de Penman.

La meilleure technique pour l'irrigation des arbres du point de vue économie en eau est l'irrigation localisée, avec l'utilisation des équipements qui présentent plusieurs avantages dans le domaine de l'exploitation.

D'autre part, on peut dire que cette technique d'arrosage est plus adaptée dans notre pays d'après le contexte actuel de la sécheresse des dernières années et le développement au niveau de l'économie nationale.

Et comme tous les projets, on a fait une estimation du coût de la projection ; ainsi l'étude économique montre que les investissements sont plus importants pour ce type d'irrigation.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

[1] **KOLAI, D. (2012)** Cours réutilisation des eaux usées 5^{ème} année, ENSH, Blida.

[2] **BULLETIN DE FAO N°36 (1983)** l'irrigation localisée, calcul, mise en place, exploitation, contrôle du fonctionnement, FAO.Rome ;

[3] **MESSAHEL, MEKKI. (1988)** Irrigation goutte à goutte (Régime d'irrigation) Edition O.P.U. Alger ;

[4] **M^{me} AZIEZ, O. (2011)** Cours irrigation 4^{ème} année, ENSH, Blida.

[5] **JEAN ROBERT, TIERCELIN. (1978)** Traité d'irrigation, technique et documentation .France,

[6] **KHALFI, Ahmed. (2011)** dimensionnement d'un réseau de distribution Destine à l'irrigation du périmètre de la commune de TIPAZA a partir des eaux usées épurées des STEP de HADJOUT et de TIPAZA. Mémoire fin d'étude. ENSH, Blida. 88

ANNEXE

VALEURS DU COEFFICIENT CULTURAL Kc EN FONCTION
DU STADE DE CROISSANCE DE DIFFERENTES
CULTURES ANNUELLES

Tableau n° 3

cultures annuelles	POURCENTAGE DE LA PERIODE DE CROISSANCE									
	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100
Betterave à sucre	0,45	0,50	0,70	0,90	1,05	1,15	1,25	1,25	1,15	1,10
Coton	0,20	0,30	0,40	0,60	0,90	1,00	1,00	0,90	0,700	0,60
Haricots	0,50	0,65	0,85	1,00	1,10	1,15	1,10	0,95	0,80	0,70
Maïs Grains	0,45	0,55	0,65	0,80	1,00	1,05	1,05	1,02	0,95	0,85
Maïs Fourrage	0,45	0,50	0,60	0,70	0,90	1,02	1,10	1,10	1,05	0,95
Maraichage	0,95	0,50	0,85	0,75	0,90	0,92	0,90	0,75	0,85	0,50
Melons	0,45	0,55	0,65	0,70	0,80	0,82	0,80	0,75	0,72	0,70
Pomme de terre	0,35	0,45	0,55	0,65	1,10	1,25	1,35	1,38	1,35	1,25
Sorgho grains	0,30	0,50	0,70	0,50	1,10	1,05	0,95	0,88	0,70	0,60
Tomates	0,45	0,45	0,55	0,65	0,65	1,00	1,02	0,95	0,85	0,75

VALEURS DU COEFFICIENT CULTURAL Kc POUR
LES CULTURES PERENNES

Tableau n° 5

CULTURES PERENNES	MOIS (Hemisphere Nord)											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Agaves	0.04	0.05	0.55	0.70	0.71	0.72	0.72	0.78	0.88	0.87	0.86	0.65
Arbres fruitiers à feuilles caduques	0.17	0.25	0.40	0.65	0.88	0.95	0.90	0.86	0.52	0.20	0.20	0.15
Arbres fruitiers sans feuilles	0.65	0.75	0.65	0.65	1.10	1.15	1.10	1.05	0.95	0.93	0.80	0.60
Avocats	0.25	0.40	0.80	0.70	0.77	0.82	0.77	0.70	0.62	0.52	0.42	0.32
Luzerne	0.80	0.75	0.85	1.00	1.10	1.15	1.10	1.05	1.00	0.30	0.80	0.85
Prairies	0.50	0.60	0.75	0.65	0.90	0.92	0.92	0.90	0.88	0.80	0.65	0.55
Noyers	0.10	0.15	0.20	0.45	0.70	0.85	1.00	0.85	0.65	0.65	0.30	0.15
Vigne	0.20	0.25	0.90	0.50	0.70	0.80	0.80	0.75	0.85	0.50	0.35	0.20

5. RÉSERVE D'HUMIDITÉ FACILEMENT UTILISABLE (RFU)

DONNÉES GÉNÉRALES SUR LA PROFONDEUR D'ENRACINEMENT DES CULTURES EN PHASE DE PLEIN DÉVELOPPEMENT, FRACTION DE L'EAU UTILISABLE (q) ET RÉSERVE FACILEMENT UTILISABLE (p.50) POUR DIFFÉRENTS TYPES DE SOLS (en mm de profondeur) QUAND ET/OU < 5-6 mm/jour

Cultures	Profondeur d'enracinement (q) m	Fraction (q) de l'eau utilisable ¹	Réserve d'eau facilement utilisable (p.50) mm/m ²		
			T. En	T. moyen	T. grossier
Luzerne	1,0-2,0	0,55	110	75	25
Béarn	0,5-0,9	0,35	70	50	20
Capé ²	1,0-1,5	0,35	110	75	25
Muscade ²	0,5-0,7	0,48	90	65	20
Kassava ²	0,6-1,0	0,25	100	70	25
Citrus	0,4-0,5	0,48	90	65	20
Carotte	0,5-1,0	0,25	70	50	20
Ortie	0,3-0,5	0,2	40	35	15
Agave ²	1,0-1,5	0,5	100	70	25
Tigrid	0,6-0,8	0,28	70	50	20
Cacao		0,2	40	35	15
Coton	1,0-1,7	0,55	120	80	40
Carotte ²	0,3-1,1	0,5	100	70	30
Maïs	1,5-2,5	0,5	100	70	30
Peuplier arabe	1,0-2,0	0,5	100	70	30
Lin ²	1,0-1,5	0,5	100	70	30
Carotte ²	0,5-1,5	0,6	120	80	40
Carrot d'été ²	1,5-2,0	0,5	120	80	40
Vigne	1,0-2,0	0,35	70	50	20
Orange	0,2-1,5	0,5	100	70	30
Améris	0,5-1,0	0,4	80	55	20
Laitue	0,5-0,8	0,2	50	40	15
Maïs ²	1,0-1,7	0,5	100	70	30
Mûre-rouge		0,5	100	70	30
Maïs	1,0-1,5	0,35	70	50	20
Ortie	1,0-1,7	0,55	120	80	40
Oliver	0,3-0,5	0,25	50	35	15
Patate	0,3-1,1	0,25	50	35	15
Foin	0,6-1,0	0,25	70	50	20
Foin ²	0,5-1,0	0,25	50	35	15
Ananas	0,5-0,8	0,5	100	65	20
Pomme de terre	0,4-0,8	0,25	50	35	15
Carotte ²	1,0-2,0	0,5	100	70	30
Maïs	0,5-1,0	0,4	80	55	20
Scorpa ²	1,0-2,0	0,35	110	75	25
Soja	0,5-1,5	0,5	100	70	30
Lythrum	0,2-0,5	0,2	40	35	15
Fraisier	0,2-0,5	0,15	20	15	10
Renouée	0,7-0,2	0,5	100	70	30
Carotte à sucre ²	1,0-2,0	0,55	120	80	40
Tomate ²	0,5-1,5	0,45	90	60	20
Patate douce	1,0-1,5	0,55	120	80	40
Tigrid - vert	0,5-1,0	0,35	70	50	20
Maïs		0,55	120	80	40
Tomate	0,7-1,5	0,4	80	60	20
Laitue	0,5-0,8	0,2	50	40	15
Maïs	1,0-1,5	0,55	120	80	40
Carotte ²		0,5	100	70	30

1. Volume total d'eau de sol disponible (DAP) (mm/m²)

2. Quand $ET_{pot} < 3$ mm/jour, adopter les valeurs de 30 % ; quand $ET_{pot} > 3$ mm/jour, adopter les valeurs de 35 %. Ceci suppose des conditions non salines ($EC < 3$ dS/m).

3. Des valeurs supérieures à celles indiquées ici sont données dans la littérature.

Source: Taylor (1963), Sauer et Hayes (1972), Sauer et Good (1973), Rogers (1965), etc.

Source: Bulletin FAO d'Irrigation et Drainage N° 24, Tableau 39 (nouvelle version).

UNITE TUBE

GAMME DE PRIX

TUBES POND EAU (PEHD & PBT/PP)

Price Waterfall to be completed by 31.03.2016
 Valid to 31.03.2016

TUBES POND : PN 05					
Code	Diame. Int.	Ep.	Longueur	Pond. Net	Pond. Brut
0501	50	5	1000	1.50	1.60
0502	50	5	1500	2.25	2.40
0503	50	5	2000	3.00	3.20
0504	50	5	2500	3.75	4.00
0505	50	5	3000	4.50	4.80
0506	50	5	3500	5.25	5.60
0507	50	5	4000	6.00	6.40
0508	50	5	4500	6.75	7.20
0509	50	5	5000	7.50	8.00
0510	50	5	5500	8.25	8.80
0511	50	5	6000	9.00	9.60
0512	50	5	6500	9.75	10.40
0513	50	5	7000	10.50	11.20
0514	50	5	7500	11.25	12.00
0515	50	5	8000	12.00	12.80
0516	50	5	8500	12.75	13.60
0517	50	5	9000	13.50	14.40
0518	50	5	9500	14.25	15.20
0519	50	5	10000	15.00	16.00

TUBES POND : PN 10					
Code	Diame. Int.	Ep.	Longueur	Pond. Net	Pond. Brut
1001	100	10	1000	6.00	6.60
1002	100	10	1500	9.00	9.90
1003	100	10	2000	12.00	13.20
1004	100	10	2500	15.00	16.50
1005	100	10	3000	18.00	19.80
1006	100	10	3500	21.00	23.10
1007	100	10	4000	24.00	26.40
1008	100	10	4500	27.00	29.70
1009	100	10	5000	30.00	33.00
1010	100	10	5500	33.00	36.30
1011	100	10	6000	36.00	39.60
1012	100	10	6500	39.00	42.90
1013	100	10	7000	42.00	46.20
1014	100	10	7500	45.00	49.50
1015	100	10	8000	48.00	52.80
1016	100	10	8500	51.00	56.10
1017	100	10	9000	54.00	59.40
1018	100	10	9500	57.00	62.70
1019	100	10	10000	60.00	66.00

TUBES POND : PN 15					
Code	Diame. Int.	Ep.	Longueur	Pond. Net	Pond. Brut
1501	150	15	1000	13.50	14.85
1502	150	15	1500	20.25	22.275
1503	150	15	2000	27.00	29.70
1504	150	15	2500	33.75	36.675
1505	150	15	3000	40.50	44.10
1506	150	15	3500	47.25	51.525
1507	150	15	4000	54.00	58.95
1508	150	15	4500	60.75	66.375
1509	150	15	5000	67.50	73.80
1510	150	15	5500	74.25	81.225
1511	150	15	6000	81.00	88.65
1512	150	15	6500	87.75	96.075
1513	150	15	7000	94.50	103.50
1514	150	15	7500	101.25	110.925
1515	150	15	8000	108.00	118.35
1516	150	15	8500	114.75	125.775
1517	150	15	9000	121.50	133.20
1518	150	15	9500	128.25	140.625
1519	150	15	10000	135.00	148.05

TUBES POND : PN 20					
Code	Diame. Int.	Ep.	Longueur	Pond. Net	Pond. Brut
2001	200	20	1000	24.00	26.40
2002	200	20	1500	36.00	39.60
2003	200	20	2000	48.00	52.80
2004	200	20	2500	60.00	66.00
2005	200	20	3000	72.00	79.20
2006	200	20	3500	84.00	92.40
2007	200	20	4000	96.00	105.60
2008	200	20	4500	108.00	118.80
2009	200	20	5000	120.00	132.00
2010	200	20	5500	132.00	145.20
2011	200	20	6000	144.00	158.40
2012	200	20	6500	156.00	171.60
2013	200	20	7000	168.00	184.80
2014	200	20	7500	180.00	198.00
2015	200	20	8000	192.00	211.20
2016	200	20	8500	204.00	224.40
2017	200	20	9000	216.00	237.60
2018	200	20	9500	228.00	250.80
2019	200	20	10000	240.00	264.00

Les prix de vente sont indiqués en francs CFA par mètre linéaire et sont compris de toutes taxes.
 Les prix de vente sont indiqués en francs CFA par mètre linéaire et sont compris de toutes taxes.
 Les prix de vente sont indiqués en francs CFA par mètre linéaire et sont compris de toutes taxes.

SEMI-K-PLAST
 Transformation de Plastiques

ANNEXE:4

GUIDE D'ESTIMATION DE P

(p = pourcentage de sol humidifié pour divers débits de distributeurs et divers espacements entre rampes et entre distributeurs dans le cas d'une seule rampe rectiligne, équipée de distributeurs uniformément espacés délivrant une dose de 40 mm par arrosage sur l'ensemble de la surface)

Écartement entre rampes S _r en m	Débit des distributeurs														
	moins de 1,5 l/h			2 l/h			4 l/h			8 l/h			Plus de 12 l/h		
	Espacement recommandé des distributeurs sur la rampe, Sd en m en sol de texture grossière (G), moyenne (M), fine (F)														
	G	M	F	G	M	F	G	M	F	G	M	F	G	M	F
	0,2	0,5	0,9	0,3	0,7	1,0	0,6	1,0	1,3	1,0	1,3	1,7	1,3	1,6	2,0
Pourcentage en sol humidifié p %															
0,8	38	88	100	50	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1,0	33	70	100	40	80	100	80	100	100	100	100	100	100	100	100
1,2	25	58	92	33	67	100	67	100	100	100	100	100	100	100	100
1,5	20	47	73	26	53	80	53	80	100	80	100	100	100	100	100
2,0	15	35	55	20	40	60	40	60	80	60	80	100	80	100	100
2,5	12	28	44	16	32	48	32	48	64	48	64	80	64	80	100
3,0	10	23	37	13	26	40	26	40	53	40	53	67	53	67	80
3,5	9	20	31	11	23	34	23	34	46	34	46	57	46	57	68
4,0	8	18	28	10	20	30	20	30	40	30	40	50	40	50	60
4,5	7	16	24	9	18	26	18	26	36	26	36	44	36	44	53
5,0	6	14	22	8	16	24	16	24	32	24	32	40	32	40	48
6,0	5	12	18	7	14	20	14	20	27	20	27	34	27	34	40

ANNEXE VI

mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	Ao
ETO mm/jour	4.35	3.1	2.52	1.88	2.18	2.77	3.5	4.18	5.34	5.63	6.03	5.88
ETO mm/mois	134.85	96.1	78.12	58.28	67.58	85.87	108.5	129.58	165.54	174.53	186.93	182.28
z	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
VIGNES	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	Ao
Kc	0.65	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.62	0.75	0.82	0.9	0.95
ETM	87.65	48.05	39.06	29.14	33.79	42.94	54.25	80.34	124.16	143.11	168.24	173.17
P eff	13.02	36.15	42.09	45.94	46.58	41.97	40.07	32.23	22.88	5.31	0.82	0.63
RFU	0	0	0	3.03	112	124.79	123.83	109.65	61.54	0	0	0
B	-74.63	-11.90	3.03	19.83	124.79	123.83	109.65	61.54	-39.74	137.80	167.42	172.54
z	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
oliviers	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	Ao
Kc	0.64	0.6	0.61	0.52	0.5	0.6	0.6	0.63	0.65	0.68	0.71	0.7
ETM	86.30	57.66	47.65	30.31	33.79	51.52	65.10	81.64	107.60	118.68	132.72	127.60
P eff	13.02	36.15	42.09	45.94	46.58	41.97	40.07	32.23	22.88	5.31	0.82	0.63
RFU	0	0	0	0	15.63	28.42	18.87	0.00	0.00	0	0	0
B	-73.28	-21.51	-5.56	15.63	28.42	18.87	-6.16	-49.41	-84.72	113.37	131.90	126.97
z	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
agrumes	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	Ao
Kc	0.75	0.6	0.6	0.5	0.5	0.6	0.6	0.65	0.65	0.7	0.8	0.8
ETM	101.14	57.66	46.87	29.14	33.79	51.52	65.10	84.23	107.60	122.17	149.54	145.82
P eff	13.02	36.15	42.09	45.94	46.58	41.97	40.07	32.23	22.88	5.31	0.82	0.63
RFU	0	0	0	0	16.8	112	102.45	77.42	25.42	0	0	0
B	-88.12	-21.51	-4.78	16.80	29.59	102.45	77.42	25.42	-59.30	116.86	148.72	145.19
z									0.33	0.35	0.44	0.54
pomme de terre	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	Ao
Kc									0.5	0.8	1.1	0.8
ETM	0	0	0	0	0	0	0	0	82.77	139.62	205.62	145.82
P eff	13.02	36.15	42.09	45.94	46.58	41.97	40.07	32.23	22.88	5.31	0.82	0.63
RFU									30.7989	32.666	41.065	50.398
B									-29.091	-101.6	-163.7	-94.8
z							0.4	0.45	0.5	0.53	0.57	0.6
tomate	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	
Kc							0.6	0.8	1.1	1.15	1.2	
ETM							65.10	103.66	182.09	200.71	224	
P eff	13.02	36.15	42.09	45.94	46.58	41.97	40.07	32.23	22.88	5.31	0.82	0.63
RFU							37.333	12.303	0	0	0	
B							12.303	59.131	-159.21	-195.4	-223.5	
z								0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
Maïs fourrager	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	Ao
Kc								0.6	0.9	1	1.1	1.18

ETM	0	0	0	0	0	0	0	77.748	148.986	174.53	205.62	215.09
P eff	13.02	36.15	42.09	45.94	46.58	41.97	40.07	32.23	22.88	5.31	0.82	0.63
RFU								69.998	24.4795	0	0	0
B								24.48	-101.63	-169.2	-204.8	-214.5
Pêcher	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	Ao
Kc	0.73	0.6	0.58	0.51	0.5	0.6	0.6	0.63	0.65	0.71	0.8	0.76
ETM	98.44	57.66	45.31	29.72	33.79	51.52	65.10	81.64	107.60	123.92	149.54	138.53
P eff	13.02	36.15	42.09	45.94	46.58	41.97	40.07	32.23	22.88	5.31	0.82	0.63
RFU	0	0	0	0	112	124.79	115.24	90.21	40.80	0	0	0
B	-85.42	-21.51	-3.22	16.22	124.79	115.24	90.21	40.80	-43.92	118.61	148.72	137.90
z							0.60	0.61	0.65	0.68	0.70	
Blé	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	Ao
Kc							0.6	0.85	0.95	1.1	1.15	
ETM	0	0	0	0	0	0	65.1	110.14	157.263	191.98	214.97	0
P eff	13.02	36.15	42.09	45.94	46.58	41.97	40.07	32.23	22.88	5.31	0.82	0.63
RFU							94	68.97	0	0	0	
B							68.97	-8.943	-134.38	-186.7	-214.1	
z							0.61	0.65	0.68	0.70	0.75	
orge	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	Ao
Kc							0.6	0.7	1.2	1	0.8	
ETM	0	0	0	0	0	0	65.1	90.706	198.648	174.53	149.54	
P eff	13.02	36.15	42.09	45.94	46.58	41.97	40.07	32.23	22.88	5.31	0.82	0.63
RFU							94	94	35.524	0	0	
B							68.97	-3.524	-140.24	0	0	

Valeurs minimale et maximale de la Profondeurs d'enracinement de diverses cultures

Cultures	Z m
Tomates	1 - 1,2
Cultures maraîchères	0,3 - 0,6
Agrumes	1 - 1,2
Arbres fruitiers à feuilles caduques	1 - 2
Vigne	1 - 3

Caractéristique hydrique de quelque sol

Texture	Humidités pondérales en % du poids sec			Réserve utile volumétrique en mm/m
	à la rétention HCC	du flétrissement HPF	disponible HCC-HPF	
Sableuse	9 (6 à 12)*	4 (2 à 6)*	5 (4 à 6)*	85 (70 à 100)*
Sablo-limoneuse	14 (10 à 18)	6 (4 à 8)	8 (6 à 10)	120 (90 à 150)
Limoneuse	22 (18 à 26)	10 (8 à 12)	12 (10 à 14)	170 (140 à 190)
Limono-argileuse	27 (25 à 31)	13 (11 à 15)	14 (12 à 16)	190 (170 à 220)
Argilo-limoneuse	31 (27 à 35)	15 (13 à 17)	16 (14 à 18)	210 (180 à 230)
Argileuse	35 (31 à 39)	17 (15 à 19)	18 (16 à 20)	230 (220 à 250)