

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'HYDRAULIQUE -ARBAOUI Abdellah-

DEPARTEMENT D'IRRIGATION ET DRAINAGE

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

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

Option: Conception des systèmes d'irrigation et drainage

THEME DU PROJET :

**DIMENSIONNEMENT D'UN RESEAU D'IRRIGATION DU
PERIMETRE DE TAHER (SECTEUR1) A PARTIR DU BARRAGE
D'EL-AGREM (W. JIJEL)**

PRESENTE PAR :

BOUDRAA Hamza

Devant les membres du jury

Noms et Prénoms	Grade	Qualité
M ^r AZIB Makhlouf	M.C.A	Président
M ^r BENKACI ALI Tarik	M.C.B	Examineur
M ^r BOUZIANE Omar	M.A.B	Examineur
M ^{me} MAZOUZI Sabra	M.A.A	Examinatrice
M ^r BOUFEKANE Abdelmadjid	M.A.A	Promoteur

Janv. 2017

يقول الله تعالى في القرآن الكريم: (وَجَعَلْنَا مِنَ الْمَاءِ كُلَّ شَيْءٍ حَيًّا).سورة الأنبياء/الآية 30

God says in the Holy Qur'an: (We made from water every living thing)

« *C'est quand les puits se tarit que nous nous rendons compte de la valeur de l'eau* »

Benjamin Franklin

Dédicace

*Je dédie ce modeste travail en signe de Respect, de
Reconnaissance à :*

Mon cher père AMMAR pour ces Encouragements

*Ma très chère maman KHEDRA, pour ces
Sacrifices et son Soutien.*

Mes frangins : Kamel, Sami, Sofiane et Seif.

Ma frangine : Naziha .

*Et les petits chatons de la famille : Sajid
Abdelhai, Jawed et Salsabile*

*Monsieur BOUFFEKANE Abdelmajid qui
ma beaucoup aidé.*

*Mes chers amis: Ayoub, Tarek et Anis, qui ont
participé pour l'achèvement de ce travail.*

*A tous mes enseignants de Primaire, CEM,
Lycee, EPST – ANNABA- et ENSH -
BLIDA-.*

BOUDRAA Hamza



Remerciements

Tout d'abord, je tiens à remercier le bon Dieu Tout Puissant pour toutes les merveilles qu'il fait dans ma vie et pour m'avoir donné le courage, la force et la patience d'achever ce modeste travail.

J'adresse mes sincères remerciements et toute ma reconnaissance à mon encadreur de thèse, Mr BOUFFEKANE Abdelmadjid, pour avoir accepté de me diriger le présent travail et pour la confiance qu'il m'a témoignée.

Mes vifs remerciement aux membres de jury d'avoir accepté d'évaluer mon travail.

A tous mes enseignants qui m'ont permis d'acquérir ce niveau d'instruction.

En fin j'adresse mes remerciements à tous ceux qui de près ou de loin ont contribué à l'élaboration de ce travail et surtout mes amis AYOUB ,TAREK et Anis.

ملخص:

إن الهدف من انجاز مذكرة نهاية الدراسة يندرج ضمن السياسة الحالية المتعلقة بتسيير المساحات المسقية، و الذي يسعى إلى رفع المردودية الفلاحية لمنطقة الطاهير بولاية جيجل، وذلك باستعمال أفضل تقنيات السقي، و تسيير أنجع للموارد المائية. و هذا لن يكون إلا بواسطة أنظمة سقي حديثة و التي نذكر منها السقي بالتقطير الأكثر تطورا في الآونة الأخيرة نتيجة للتقدم العلمي و التكنولوجي الحديث و ما تتميز به من محاسن و ايجابيات وخاصة الاقتصاد المعترف للمياه والتي أعطت نتائج هامة في هذا الميدان.

Résume :

L'objectif de notre mémoire rentre dans le caractère de la politique actuelle de la gestion des périmètres irriguée de Taher W.JIJEL ; dont l'objectif d'augmenter le rendement agricole. Pour cela, l'utilisation des meilleures systèmes d'irrigation, et l'une des solutions pour assurer une meilleure gestion des ressources en eau. Nous adoptons des systèmes d'irrigation modernes qui ont imposé leur fiabilité, à savoir : l'irrigation localisée goutte à goutte. Ces systèmes pressentent de multiples avantages, comme l'importante économie d'eau.

Abstract :

The aim of the present work has an aspect of the actual policy of the irrigated areas management in a way to attain a high investment feed back, showing a better efficiency of the irrigation system from one part, and a better management and potentialities preservation: water resource and ground resources from the other part.

This can be done by adoption of modern irrigation system which has proved their reliability, eg: localized irrigation, which is the most developed with the evolution of science and technology. These systems present many advantages like the important water quantities.

SOMMAIRE

Introduction générale	1
-----------------------------	---

CHAPITRE I : Analyse des conditions naturelles et agricoles

Introduction.....	2
I.1. Situation géographique et administrative de la région d'étude.....	2
I.2 .Localisation du périmètre d'irrigation (secteur 1).....	2
I.3.Données naturelles du site	4
I.3.1.Situation topographique.....	4
I.3.2.Situation climatique.....	4
I.3.2.1.Pluviométrie.....	4
I.3.2.2.Températures	5
I.3.2.3.Humidité.....	6
I.3.2.4.Les vents.....	6
I.3.2.5.Evaporation.....	7
I.3.2.6.Gel	7
I.3.2.7.Insolation.....	7
I.3.3.Classification du climat	8
I.3.3.1.Classification du climat selon l'indice de MARTON	8
I.3.3.2.Classification du climat selon le diagramme d'EMBERGER	9
I. 4. Climogramme pluvio-thermique de BAGNOULS ET GAUSSEN	10
Conclusion.....	11

CHAPITRE II : Analyse des ressources en sols

Introduction.....	12
II.1.Etude pédologique	12
II.1.1. Description des principaux sols et leur répartition.....	12
II.1.1.a. Classe des sols hydromorphes	12

II.1.1. b. Classe des sols peut évalués.....	15
II.1.1.c. Classe des sols calcimagnésiques.....	16
Conclusion.....	17

CHAPITRE III : Analyse des ressources en eau

III.1.Introduction.....	18
III.2.Situation général du bassin versant.....	18
III.2.1 Caractéristiques géométriques du Bassin Versant	18
III.3. Localisation du barrage	19
III.3.1Caractéristiques de la retenue	19
III.4. Analyse de la qualité de l'eau d'irrigation.....	20
III.4.1.Le SAR (Sodium Absorption Ration)	20
III.4.2.La conductivité électrique	21
III.5. Etude Hydrologique.....	22
III.5.1.Introduction	22
III.5.2.Etude des pluies annuelles.....	22
III.5.3 Etude de l'homogénéité de la série pluviométrique.....	24
III.5.4.Ajustement de la série pluviométrique.....	26
III.5.4.1. Ajustement à la loi normale	26
III.5.4.2.Ajustement des pluies annuelles à la loi log –normale.....	27
III.5.4.3 Le test d'adéquation khi-deux	29
III.5.5 Détermination de l'année de calcul	30
Conclusion	30

CHAPITRE IV : Estimation des besoins en eau d'irrigation

Introduction.....	31
IV.1 Etude des aptitudes culturales.....	31
IV.2. Rotation et assolements.....	31

IV.3 calendrier des principales cultures préconisées.....	33
IV.4 Besoins en eau des cultures	33
IV.4.1 L'évapotranspiration (E T)	34
IV.4.2 L'évapotranspiration potentielle (ETP)	34
IV.4.2.1 Calcul de l'évapotranspiration potentielle (E T P)	34
IV.4.3 Calcul de l'évapotranspiration de référence	35
IV.4.4 Calcul de la pluie efficace	36
IV.4.5 L'évapotranspiration maximale (ETM)	37
IV.4.6 Calcul des besoins nets en eau d'irrigation	37
IV.4.7 Calcul des besoins bruts en eau d'irrigation	38
IV.4.8 Calcul du débit caractéristique	41
IV.5 Comparaison entre les besoins de la zone d'étude et la capacité de la retenue	42
Conclusion	43

CHAPITRE V : Étude de réseau de distribution de la zone d'étude

Introduction	44
V.1- Découpage des îlots d'irrigation	44
V.2 Le plan de bornage	45
V.3- Choix du tracé	46
V.4 Débits aux bornes	46
V.5 -Choix du type et de diamètre de la borne	48
V.6 Caractéristiques de la conduite principale (CP) et le réseau de distribution	50
V.6.1 Choix du type de matériau	50
V.6.1.1 La fonte ductile	50
V.6.1.2 Le plastique	50
V.6.2 Calcul des diamètres des canalisations	52
V.6.3 Calcul de perte de charge dans les conduites	54
V.6.4 Calcul de pression aux bornes et nœuds	56

Conclusion	58
------------------	----

CHAPITRE VI : Etude des techniques d'irrigation des cultures

Introduction	59
VI.1 L'irrigation de surface	59
VI.1.1 L'irrigation par ruissellement	59
VI.1.2 l'irrigation par submersion	59
VI.2 L'irrigation par surpression	60
VI.2.1 l'irrigation par aspersion	60
VI.2.2 l'irrigation localisée (goutte à goutte)	61
VI.2.2.1 Composition d'une installation goutte à goutte	61
VI.3 Choix de la technique d'arrosage	65
Conclusion	66

CHAPITRE VII : le réseau d'irrigation goutte à goutte

Introduction	67
VII.1. Données générales	67
VII.2. Besoins d'irrigation des cultures en irrigation localisée	67
VII.2.1. Influence du taux de couverture du sol	67
VII.3.Dose nette (dose pratique).....	68
VII.4. Calcul de la dose brute	69
VII.5. Fréquence des arrosages	69
VII.6.Durée d'arrosage par mois.....	70
VII.7. Durée d'arrosage journalier	70
VII.8. Nombre de poste.....	70
VII.9. Surface de la parcelle.....	70

VII.10 Calculs hydrauliques	70
VII.10.1. Conditions hydrauliques	70
VII.10.2. Le débit	71
VII.10.2.1. Le nombre d'arbres par rampe	71
VII.10.2.2. Nombre de goutteurs par rampe	71
VII.10.2.3. Le nombre de rampes	71
VII.10.2.4. Débit de la rampe	71
VII.10.2.5. Débit de la porte rampe	72
VII.10.2.6. Débit de la conduite secondaire	72
VII.11. Dimensionnement des différentes parties du réseau	72
VII.12 .Vérification des pertes de charges	72
VII.13. Calculs hydrauliques de la rampe	73
VII.14 .Calculs hydrauliques du porte rampe	73
VII.15 Calcul des diamètres de la conduite secondaire	74
VII.15.1 Calcul de caractéristique de conduites secondaires	74
VII.17 La pression d'eau à la borne de distribution	74
Conclusion	76

CHAPITRE VIII : Organisation de chantier et planification des travaux

Introduction	77
V.1. Généralités	77
V.1.1. Rôles et responsabilité des intervenants sur chantier	77
V.1.1.a- Le maître d'ouvrage	77
V.1.1.b. Le maître d'œuvre	77
V.1.1.c. L'entreprise	77
V.1.1.d- L'entrepreneur	78
V.2. Les moyens de chantier	78
V.2.1. Les moyens humains	78

V.2.2. Les moyens matériels	78
V.2.2.1. Le matériel de terrassement	78
V.2.2.1.a. Pelle équipée en rétro	78
V.3. Planification	79
V.3.1. Définition	79
V.3.2. Techniques de la planification	79
V.3.2.1. Méthodes basées sur le réseau	79
V.3.2.1.1. Définition du réseau	79
V.3.2.1.1.1. Réseau à flèches	80
V.3.2.1.1.2. Réseau à nœuds	80
V.3.3. Construction du réseau	80
V.3.4. Détermination des chemins critiques.....	82
Conclusion.....	85
Conclusion générale.....	88

LISTE DES TABLEAUX

CHAPITRE I : Analyse des conditions naturelles de la zone d'étude

Tableau I.1 : Localisation des stations météorologiques.....	4
Tableau I.2 : Pluies moyennes annuelles	4
Tableau I.3 : Températures moyennes interannuelles	5
Tableau I.4 : Valeurs moyenne mensuelle et saisonnière de l'humidité relative	6
Tableau I.5. Vitesses moyennes mensuelles et saisonnières des vents	6
Tableau I.6. L'évaporation moyenne et saisonnière (en mm).....	7
Tableau I.7 : Nombre moyen de jours de gelée.....	7
Tableau I.8 : Valeurs moyennes mensuelles et saisonnières de la durée d'insolation en heure.....	8
Tableau I.9 : classification de climat selon MARTON	8

CHAPITRE II : Analyse des ressources en sols

Tableau II.1 : Récapitulatif des caractéristiques des sols du secteur 1 du périmètre de taher	17
---	----

CHAPITRE III : Analyse des ressources en eau

Tableau III-1 : Caractéristiques hydrauliques du barrage d'El Agrem.....	19
Tableau III.2 : Quelques caractéristiques physico-chimiques de l'eau du barrage d'El Agrem.....	20
Tableau III.3: Classification des eaux en fonction du S.A.R.....	21
Tableau III.3 : Classification des eaux en fonction de la conductivité électrique.....	21
Tableau III.4: Précipitation mensuelle de la station Jijel.....	23
Tableau III.5 : Test de Mood pour la station de Jijel	25
Tableau III-6:Ajustement à la loi de Gauss.....	26
Tableau III.7 : Ajustement à une loi de Galton.....	28
Tableau III.8 : Test de khi-deux pour les deux lois.....	29
Tableau III.9 : Précipitation mensuelle de l'année de calcul.....	30

CHAPITRE V : Estimation des besoins en eau d'irrigation

Tableau IV.1 : Assolement - rotation proposé	32
Tableau IV.2 : Les pourcentages proposés aux différentes cultures.....	33
Tableau IV.3 : calendrier des principales cultures préconisées.....	33
Tableau IV.4 : Calcul de l'évapotranspiration.....	36
Tableau IV.5 : Calcul des pluies efficaces.....	36
Tableau IV.6 : Tableau récapitulatif des besoins nets en eau d'irrigation (mm/mois).....	39
Tableau IV.7 : Tableau récapitulatif des besoins bruts en eau d'irrigation (mm/mois).....	40
Tableau IV.8 : Besoins totaux annuels.....	42

Chapitre V : Étude de réseau de distribution de la zone d'étude

Tableau V.1 : Débit caractéristique de chaque îlot (bornes) d'irrigation.....	47
Tableau V.2 : Choix du diamètre de la borne.....	48
Tableau V.3 : Les diamètres des bornes et des prises.....	49
Tableau V.4 : Les caractéristiques de la gamme de produits des tubes en fonte ductile.....	50
Tableau V.5 : Les caractéristiques de la gamme de produits des tubes en PVC.....	51
Tableau V.6 : Les caractéristiques de la gamme de produits des tubes en PEHD.....	51
Tableau V.7 : Les caractéristiques de la gamme de produits des tubes en PEBD.....	51
Tableau V.8 : Seuil des vitesses admissibles en fonction des diamètres dans les conduites gravitaires.....	52
Tableau V.9 : Diamètres des canalisations et vitesses d'écoulement.....	53
Tableau V.10 : Pertes de charge dans les canalisations.....	55
Tableau V.11 : La pression aux bornes et nœuds en (m.c.e).....	56
Suite Tableau V.11 : La pression aux bornes et nœuds en (m.c.e).....	56

Chapitre VI : Etude des techniques d'irrigation des cultures

Tableau VI. 1 : Analyse multicritères de choix de technique d'arrosage.....	65
---	----

Chapitre VII : Le réseau d'irrigation goutte à goutte

Tableau VII.1 Caractéristique de la conduite de la rampe.....	73
Tableau VII.2 Caractéristiques de la conduite de la porte rampe.....	73
Tableau VII.3 Caractéristique de la conduite secondaire.....	74
Tableau VII.5 : Les pertes de charge de la borne jusqu'au goutteur le plus défavorable	75

Chapitre VIII : Organisation de chantier et planification des travaux

Tableau. V.1 : Détermination des délais.....	84
--	----

LISTE DES FIGURES

CHAPITRE I : Analyse des conditions naturelles de la zone d'études

Figure.I.1: Situation géographique de La wilaya de Jijel	2
Figure I.2 : Situation du périmètre de Taher.....	3
Figure I.3 : Situation du secteur d'étude dans le périmètre de Taher.....	3
Figure. I.4 : La répartition mensuelle de la pluie moyenne annuelle.....	5
Figure. I.5 Graphes de température.....	6
Figure. I.6 La répartition mensuelle de l'Evaporation moyenne annuelle.....	7
Figure I.7 Diagramme bioclimatique.....	10
Figure I.8 Climogramme pluviothermique de Gausсен.....	11

CHAPITRE III : Analyse des ressources en eau

Figure III.1 : Bassin versant du barrage El Agrem.....	18
Figure III.2 : Localisation du barrage El Agrem.....	19
Figure. III.3 :Diagramme de classification des eaux d'irrigation.....	22
Figure III-4. Ajustement des pluies annuelles à la loi normale.....	27
Figure III.5 : Ajustement à la loi de Galton.....	28

CHAPITRE VI : Etude des techniques d'irrigation des cultures

Figure. VI.1 : l'irrigation par aspersion.....	60
Figure. VI.2 : Système d'irrigation localisée.....	61
Figure VI.3:Dilueur d'engrais.....	62
Figure VI. 4:Filtre à gravier.....	62
Figure VI.5: Goutteur.....	63
Figure VI.6 : Schéma type d'un réseau d'irrigation en goutte a goutte.....	64

Chapitre VII Le réseau d'irrigation goutte à goutte

Figure VII.1 :Schéma explicatif de la desserte borne-goutteur75

Chapitre VIII Organisation de chantier et planification des travaux

Fig. VIII.01: Pelle équipée en rétro.....79

Fig. VIII.2: Réseau à nœuds.....85

Fig VIII.3 : Diagramme de GANTT.....86

LISTE DES PLANCHES

Planche N° 1: Plan de situation du périmètre du TAHER -secteur 1 W. Jijel-

Planche N° 2: Plan d'occupation du sol de la zone d'étude.

Planche N° 3: Plan de réseau de distribution du périmètre.

Planche N° 4 : Projection d'un réseau localisé sur l'ilot N°08.

Planche N° 5: Profil en long de la conduite principale (P-B1)

.

INTRODUCTION GENERALE

L'augmentation de la demande en eau nous oblige aujourd'hui à gérer cette ressource de manière intégrée et efficace, dans une perspective de long terme, et ainsi à trouver des solutions innovantes pour répondre à la demande.

Dans le domaine de l'irrigation la solution consiste à identifier les futurs projets en adoptant les techniques et les procédés d'arrosage qui utilisent d'une façon rationnelle et efficace les volumes d'eau réservés.

Lorsqu' on passe d'un système non irrigué à un système irrigué, il va devoir engager une étude approfondie de tous les paramètres pour mettre en place une installation simple, adaptée aux besoins de la région.

Pour le périmètre de Taher -secteur 1 (W. Jijel), la méthodologie la plus simple est celle qui sera développée dans la présente étude.

Notre étude consiste à dimensionner un réseau d'irrigation goutte a goutte qui est la technique d'irrigation la plus adéquate a notre région, après avoir évalué les besoins en eau des principales cultures de notre région et qui sont principalement des cultures maraichères et effectué une analyse des conditions naturels, et des ressources en eau et en sol dans le périmètre de Taher (W. Jijel).

Le réseau hydraulique est composé de conduites circulaires enterrées, où le transport de l'eau est assuré gravitairement.

Nous avons détaillé cette étude en huit (8) chapitres contenant tous les paramètres affectant le projet.

CHAPITRE I :

Analyse des conditions naturelles de la zone d'étude

Introduction

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

La zone d'étude concerne le périmètre de Taher secteur 1 qui est situé dans la wilaya de Jijel.

I.1. Situation géographique et administrative de la région d'étude

La région de Jijel fait partie du Sahel littoral de l'Algérie. Elle est située au Nord-Est, entre les latitudes 36° 10' et 36° 50' Nord et les longitudes 5° 25' et 6° 30' Est. Le territoire de la wilaya de Jijel dont la superficie s'élève à 2 396 km² est bordé :

- Au Nord, par la méditerranée.
- Au Sud par les wilayas de Sétif et Mila.
- A l'Est, par la wilaya de Skikda.
- Au l'Ouest, par la wilaya de Béjaïa.

Administrativement la wilaya de Jijel compte 28 communes, organisées en 11 Daïras.



Figure I.1 : Situation géographique de La wilaya de Jijel

I.2 .Localisation du périmètre d'irrigation Taher secteur 1

Le secteur d'étude est localisé dans la wilaya de Jijel. Il est situé exactement à l'Est du chef lieu de la commune de Jijel. Il a pour limites :

- A l'Est, la commune de Chekfa.
- A l'Ouest la commune de Jijel.
- Au Nord, la mer méditerranée.
- Au Sud les relies de Kaous de d'Emir Abdelkaderr.

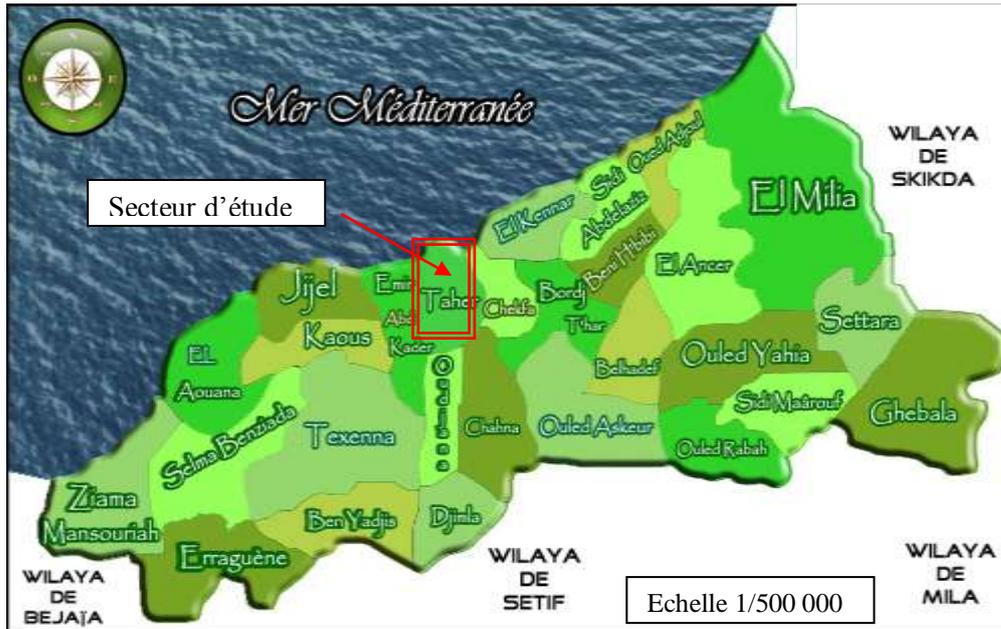


Figure I.2 : Situation du périmètre de Taher

Notre secteur d'étude (Taher secteur 1) est situé à l'ouest du périmètre entre les trois (03) communes : Jijel, Emir Abdelkader et Kaous, soit d'une surface totale de 1 262,83 ha.

Il est limité par le village de Bouhamdoune à l'Ouest, oued Djendjen à l'Est et la commune d'Emir Abdelkader au Sud, soit une surface totale de 217 ha.



Figure I.3 : Situation du secteur d'étude dans le périmètre de Taher

I.3. Données naturelles du site

I.3.1. Situation topographique

L'altitude des reliefs du secteur d'étude varie de 5 à 50 m avec une partie négligeable qui dépasse les 50 m d'altitude aux alentours.

I.3.2. 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.

Les stations les plus proches et dont on dispose des données sont celles de : Achouat, Jijel, Texenna et Chedia. Leurs localisation dans l'espace par rapport à la zone d'étude, permet d'avoir une vision des éléments du climat de la région et pouvoir ainsi déterminer les paramètres les plus représentatifs.

Tableau I.1 : Localisation des stations météorologiques

Stations	Code	Longitude (km)	Latitude (km)	Altitude (m)	Pluviométrie Annuelle (mm)
Achouat	030303	786,3	394,0	4	1 000
Jijel	030301	774,1	396,15	5	966,56
Texenna	030302	776,2	377,85	700	1 058,51
Chedia	030312	779,4	386,5	100	1 114,23

Source : ANRH

Dans ce qui suit, nous présentons les paramètres climatiques, de la région d'étude, sur la base des données obtenues au niveau de la station d'Achouat.

I.3.2.1. Pluviométrie

Pluviométrie moyenne mensuelle sur une période d'observation de 30ans à la station d'Achouat est donnée par le tableau suivant

Tableau I.2 : Pluies moyennes annuelles

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Annuel
Moy (mm)	38	97	152	157	106	112	128	94	50	9	5	7	955

Source : ONM

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

- la saison pluvieuse s'étale du mois d'Octobre au mois d'Avril.

- la saison sèche entre mois de Juin et mois Août.
- la saison moyenne entre les mois de Septembre et Mai.

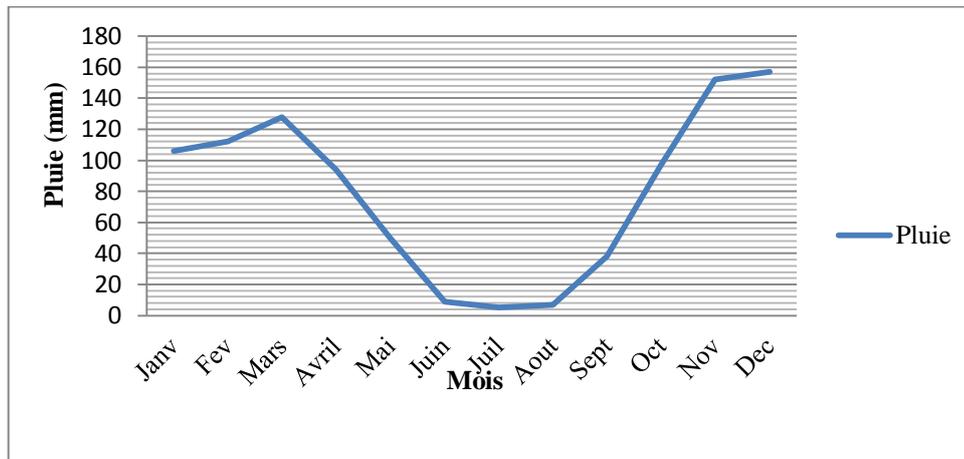


Figure I.4 : Répartition de la pluie moyenne mensuelle

I.3.2.2. Températures

La température est l'état atmosphérique de l'air, c'est le degré du froid ou de chaleur. C'est un facteur ayant une grande influence sur le bilan hydrologique du fait qu'il conditionne l'évapotranspiration.

Relevés mensuels moyens des températures sur une période de 33 ans (1979 – 2012) sont données dans le tableau ci-après.

Tableau I.3 : Températures moyennes interannuelles

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
T_{max} (C°)	26,5	25,4	20,3	17,5	14,2	10,0	18,7	19,9	23,2	27,4	30	31,6
T_{min} (C°)	18,4	14,8	10,7	7,7	6,4	6,0	8,1	9,2	12,7	16,4	18,8	20,3
T_{moy} (C°)	22,45	20,1	15,5	12,6	10,3	8,0	13,4	14,55	17,95	21,9	24,4	25,9

Source : ONM

D'après les données portées au tableau dessus, on trouve que :

- La moyenne du mois le plus froid est de 8 °C correspondant au mois de Février.
- La moyenne du mois le plus chaud est de 25.9 °C correspondant au mois d'Août.
- La température moyenne annuelle est de 17.26 °C.

A partir du tableau I.03, on trace les graphes des températures (Figure. I.5).

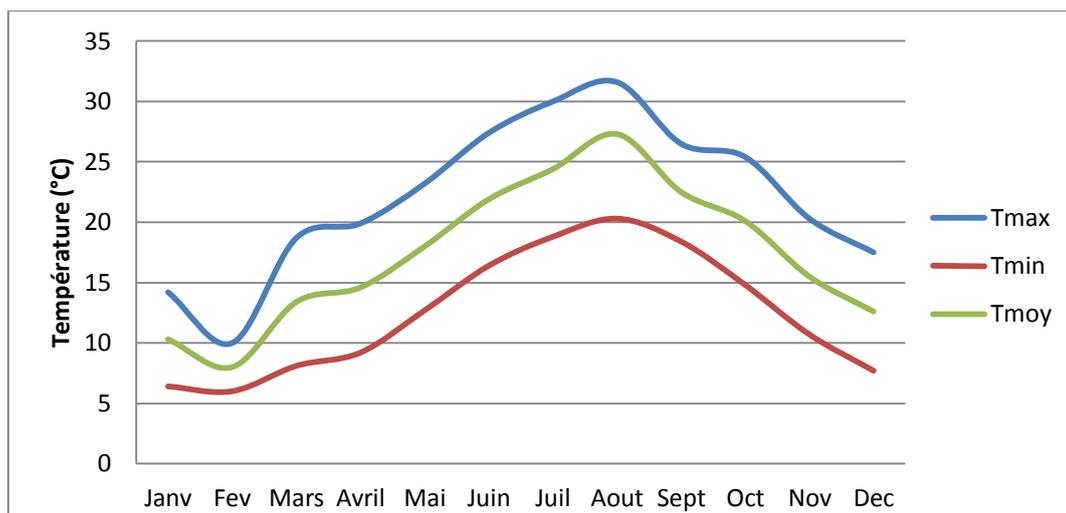


Figure. I.5 : Graphes des températures

I.3.2.3. Humidité

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

Tableau I.4 : Valeurs moyenne mensuelle et saisonnière de l'humidité relative

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
H (%)	77,2	75,3	75,9	76,2	76,6	77,4	76,5	77,4	78,5	76,6	74,2	75,0
Moy saison	76,1			76,7			77,5			75,3		

Source : ONM

D'après le tableau I.4, l'humidité relative est de 77,5 %, au printemps et de 75,3 %, en été. L'humidité moyenne mensuelle atteignant un maximum au mois de Mai (78,5 %) et un minimum au mois de Juillet (74,2 %).

I.3.2.4. Les vents

Less vents dominants dans la région d'étude sont ceux du Nord-Ouest et Nord-Est.

Les vitesses moyennes des vents sont représentées dans le tableau ci-dessous.

Tableau I.5. Vitesses moyennes mensuelles et saisonnières des vents

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
V (m/s)	2,1	2,0	2,2	2,3	2,5	2,4	2,4	2,2	1,7	2,3	2,0	1,9
Moy saison	2,1			2,4			2,1			2,2		

Source : ONM

I.3.2.5. 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.6. Evaporation moyenne mensuelle et saisonnière

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
Evaporation (mm)	93,8	78,7	59,6	54,4	54,2	50,9	62,0	65,1	65,2	87,3	107,9	111,7
Moy saison	77,4			53,2			64,1			102,3		

Source : ONM

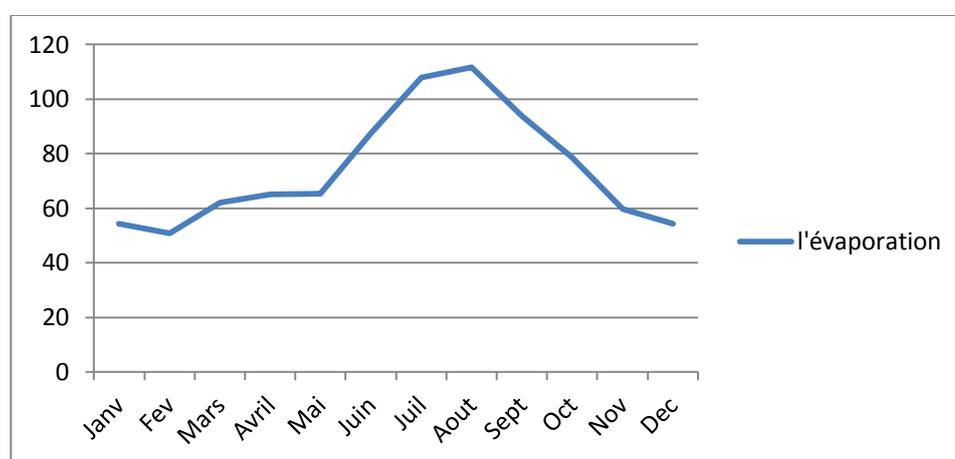


Figure. I.6 : Répartition mensuelle de l'Evaporation moyenne mensuelle

I.3.2.6. Gel

Les gelées apparaissent à partir du mois de Décembre jusqu'au mois d'Avril. Le nombre de jour de gelée maximum enregistré, au mois de Janvier, est de 1,8 jours.

Tableau I.7 : Nombre moyen de jours de gelée

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Nombre de jours	1,8	1,6	0,4	0,3	0	0	0	0	0	0	0	0,4

Source : ONM

I.3.2.7. Insolation

La durée d'insolation est la durée du rayonnement solaire, elle est exprimée en heure. Les valeurs sont représentées dans le tableau ci-après.

Tableau I.8 : Valeurs moyennes mensuelles et saisonnières de la durée d'insolation

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
Durée Insolation (heure)	246.1	210.4	197.3	141.6	159.4	184	226.8	246.8	250.9	303	338.3	307.5
Moy saison	197.9			161.7			241.5			316.3		

Source : ONM

Selon le tableau I.8, la durée d'insolation est de 316,3 heures en été et de 161,7 en hiver.

Les durées d'insolation atteignent leur maximum au mois de juillet (338,3 heures) et leur minimum au mois de décembre (141,6 heures), alors que la durée d'insolation moyenne annuelle est de l'ordre de 229,6 heures.

I.3.3. Classification du climat

I.3.3.1. 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 :

$$I_A = \frac{P}{T + 10}$$

Avec :

I_A : indice de MARTON.

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

T : température moyenne annuelle en °C.

Tableau I.9 : Classification de climat selon MARTON

Valeur de I_A	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

AN :

Pour la région d'étude : $P = 955\text{mm}$; $T = 17,26\text{ }^{\circ}\text{C}$

On aura :

$$I_A = \frac{955}{17.78 + 10} = 34.38$$

Selon l'indice d'aridité calculé, on constate, d'après la classification ci-dessus, que la région d'étude est soumise à un régime de *climat humide*.

I.3.3.2. 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 :

$$Q_2 = \frac{2000P}{M^2 - m^2}$$

Avec :

P : précipitation moyenne annuelle de la région (mm).

M : température moyenne maximale du mois le plus chaud en ($^{\circ}\text{K}$).

m : température moyenne minimale du mois le plus froid en ($^{\circ}\text{K}$).

Pour : $P = 955\text{mm}$

$$M = 31.6 + 273 = 304.6\text{ }^{\circ}\text{K}$$

$$m = 6 + 273 = 279\text{ }^{\circ}\text{K}$$

On aura :

$$Q = \frac{955 * 2000}{(304.6)^2 - (279)^2} = 127.84$$

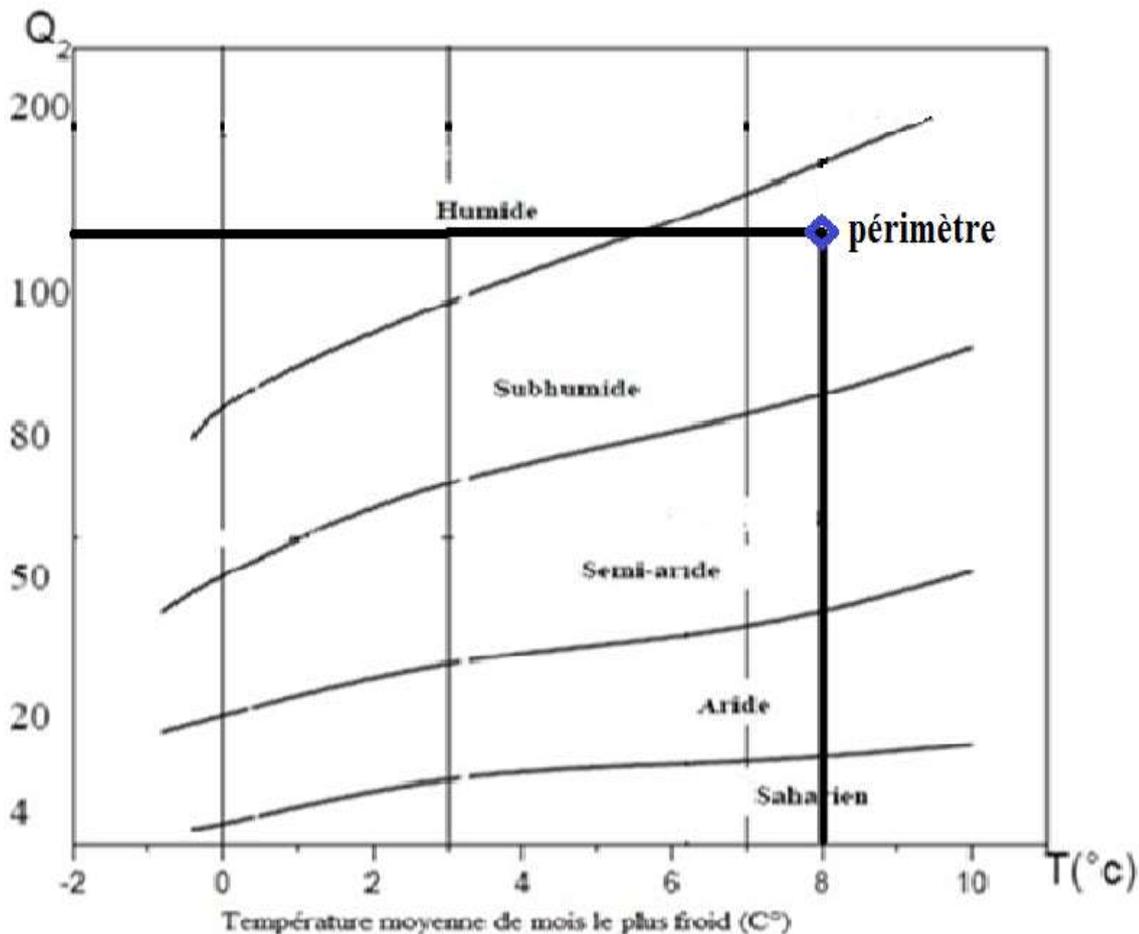


Figure I.7 : Diagramme bioclimatique

D'après le diagramme bioclimatique, la zone de Taher jouit d'un *climat subhumide*.

I. 4. 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 $P < 2T$ (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.

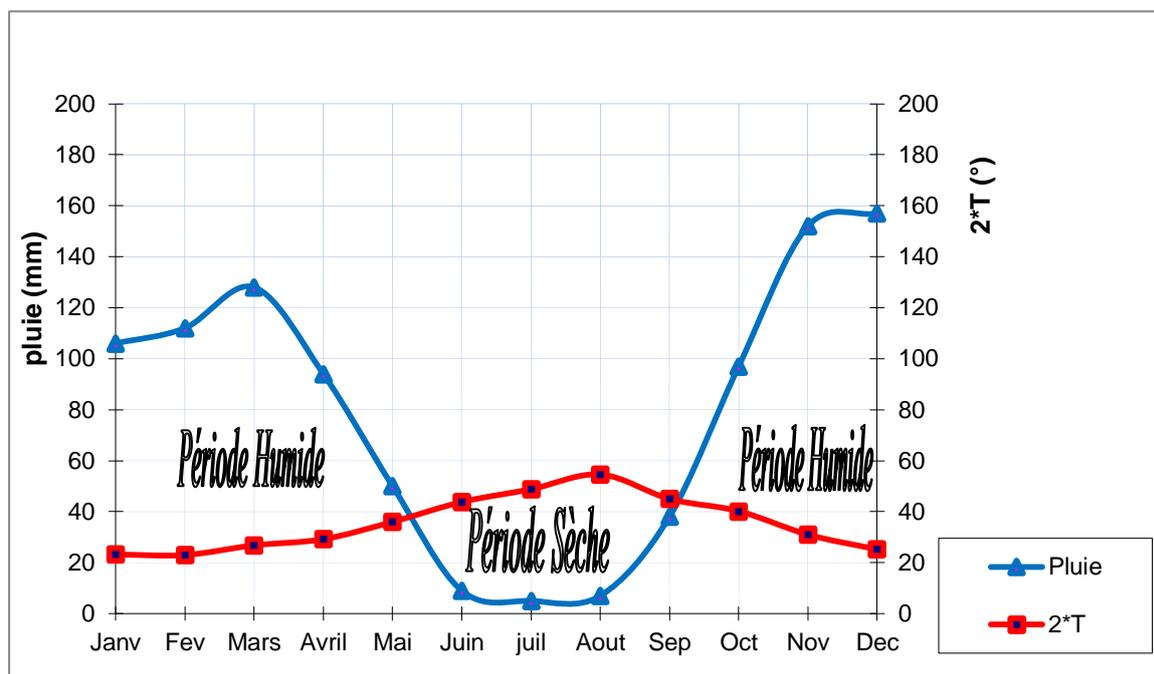


Figure I.8 : Climogramme pluviothermique de Gausse

En examinant la figure I.8, on remarque, que pour la zone d'étude, il y a une période écologiquement sèche d'environ quatre (04) mois s'étalant de la fin du mois de mai jusqu'au début du mois de septembre. Durant cette période l'irrigation est *indispensable*.

Conclusion

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

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

CHAPITRE II :

Analyse des ressources en sols

Introduction

L'étude pédologique est l'une des étapes essentielles pour prendre en compte de la nature, des caractéristiques et des contraintes relevant du sol dans tout aménagement hydro-agricole.

Pour l'irrigation, plusieurs caractéristiques doivent être prises en considérations. On peut citer notamment :

- La profondeur du sol qui commande l'épaisseur des couches accessibles aux racines et par suite la réserve en eau disponible ;

- La texture ou granulométrie de la terre fine et la charge caillouteuse qui jouent sur les possibilités de rétention en eau ;

- La structure et la porosité des horizons qui commandent la perméabilité du milieu et, globalement, la plus ou moins grande facilité de conduite des arrosages ;

- Les caractéristiques chimiques (pH, CE) qui influent sur l'éventail des possibilités culturales de la zone à irriguer.

La bonne connaissance du sol permet le bon choix des cultures les plus adaptées aux agriculteurs.

II.1. Etude pédologique

La pédologie est une science qui étudie les caractéristiques du sol, elle est donc une phase primordiale dans tout projet d'aménagement agricole.

II.1.1. Description des principaux sols et leur répartition

La prospection pédologique de la région d'étude confrontée aux résultats analytiques des sols a permis de mettre en évidence 03 classes de sols réparties comme suit :

- Classe des sols hydromorphes ;
- Classe des sols peu évolués ;
- Classe des sols calcimagnésiques.

II.1.1.a. Classe des sols hydromorphes

Ces sols sont situés à l'Ouest du périmètre. Ils sont constituent les basses terrasses des oueds Mencha, Boukraa et Sayoud.

A l'exception du R'dir où l'engorgement en eau est visible, une nappe d'eau seulement à 3,85 m dans la basse vallée de l'oued Sayoud a été rencontrée lors de la prospection qui a eu lieu durant le mois de mai 2012, (Boufekane et al).

Cette classe est représentée par deux profils types :

i- Sols hydromorphes-groupes à pseudo-gely.

ii- Sols hydromorphes-groupes à gely.

i- Sols hydromorphes-groupes à pseudo-gely

- 0 – 45 cm : horizon de couleur brun foncée à texture limoneuse et à structure grumeleuse. Le sol est faiblement tassé, humide à sec. Il est teinté de rouge (pseudo-gley). L'effervescence est faible. Le passage est graduel.

- 45 – 100 cm : de couleur brun foncé à texture limono-sableuse et à texture grumeleuse. Le sol est faiblement tassé et assez compact. On y trouve encore de petites racines. L'effervescence HCl est faible et le passage graduel.

- 100 – 145 : de couleur brun foncé à texture limoneuse et à structure grumeleuse, moyennement tassée, compact, poreux mais très faible et à faible effervescence HCl.

i.1. Caractéristique physico-chimiques

i.1.1. Granulométrie

Dans l'ensemble, les profils analysés présentent des horizons de surface limoneux, des horizons intermédiaires limono-sableux et des horizons inférieurs limoneux à argileux.

i.1.2. Matières organiques

Ces sols présentent une teneur moyenne en matière organique au niveau des horizons de surface (1,24 % à 1,87 %) qui diminue en profondeur (0,8 % à 0,6 % > 0).

i.1.3. Réaction du sol

La réaction du sol reste proche du neutre et va en surface comme en profondeur de très faiblement acide à très faiblement alcaline.

i.1.4. Salinité

Le taux de salinité du sol est très faible en surface comme en profondeur (0,49 m.mhos/cm à 1,87 m.mhos/cm) sauf pour le profil n°10 (2,5 m.mhos/cm en surface et 3,89 m.mhos/cm en profondeur).

i.1.5. Complexe absorbant

- Calcium : la teneur en Ca est moyenne tout au long des profils et varie entre 9 et 20 meq/100 g.

- Magnésium : la teneur en Mg est bonne en moyenne et varie entre 04 meq et 52 meq/100g.

- Potassium : les teneurs observées sont très faibles et varient entre 0,12 et 0,71 meq.

- Sodium : la teneur étant faibles (0,16 à 1,3 meq) il n'y a pas de danger de salure.

b. Profil type du groupe à gley

- 0 – 50 cm : horizon de couleur brun foncé à texture limoneuse et à structure grumeleuse. Le sol est faiblement tassée, humide et à porosité moyenne avec des petites racines. L'effervescence HCl est faible. Le passage n'est pas variable.

- 50 – 100 cm : de couleur brun foncé, on y retrouve quasiment les mêmes caractéristiques de l'horizon supérieur.

- 100 – 150 cm : de couleur brun foncé, à texture limoneuses avec sable fin et à texture grumeleuse. Il est moyennement tassé, très humide avec tâche bleus et à faible effervescence HCl.

b.1. Caractéristique physico-chimiques

b.1.1. Granulométrie

Dans l'ensemble, les profils analysée présentent des horizons de surface à tendance limoneuse et limono- sableuse à limono-argileuse en profondeur.

b.1.2. Matières organiques

Les sols sont pauvres à moyennement pourvus en surface comme en profondeur. Le taux est varie respectivement entre 0,17 % à 1,53 % et 0,44 % à 1,39 %.

b.1.3. Réaction du sol

Le pH varie entre 6,84 et 7,56 et reste donc proche du neutre en générale.

b.1.4. Complexe absorbant

- Calcium : la teneur en Ca reste moyenne (9 à 20 meq) avec un maximum de 25 meq.

- Magnésium : ces sols présentent une assez bonne teneur en magnésium.

- Potassium : la teneur observées restent très faibles (0,14 à 0,64 meq/100 g).

- Sodium : comprise entre 0,16 et 1,03 meq. La teneur en Na ne présente pas de danger de salure notable.

II.1.1. b. Classe des sols peut évalués

Ces sols se situent sur la zone des dunes côtières déjà fixées et sur certaines terrasses alluvionnaires récentes.

b.1. Profil type du groupe d'apport alluvial

- 0 – 45 cm : horizon de couleur brun foncé à texture limoneuse et à structure grumeleuse. Le sol est assez compact et humide. On y trouve de petites racines et des concrétions blanches. L'effervescence HCl est faible et le passage graduel.

- 45 – 90 cm : de couleur brun foncé à texture limoneuse et à structure grumeleuse. Le sol est compact, moyennement tassé et humide. Il présente une poursuite moyenne, de petites racines et une faible effervescence HCl. Le passage graduel.

- 90 – 135 cm : de couleur brun foncé, à texture limoneuse, à structure grumeleuse. Le sol est compact, très humide et présente des concrétions blanches. L'effervescence HCl est faible.

b .2. Caractéristique physico-chimiques

b.2.1. Granulométrie

Les horizons de surface présentent en général une texture limoneuse. Les horizons intermédiaires sont de texture limoneuse, limono-sableuse, équilibrée et sableuse. Les horizons profonds sont à tendance limoneuse marquée à sablo-limoneuse.

b.2.2. Matières organiques

Les sols sont moyennement pourvus en surface (1,21 % à 1,99 %) et pauvres en profondeur (0,41 % à 0,68 %).

b.2.3. Réaction du sol

Le pH de sols reste autour du neutre (6,10 à 7,82), sauf à exception dans certains en droit où il est acide (4,80 à 5,30).

b.2.4. Salinité

La salinité des sols évaluée à partir de la conductivité électrique reste très faible en général (0,18 à 1,67 m.mhos/cm) avec néanmoins un maximum de 2,67 m.mhos/cm pour le profil 12 au niveau intermédiaire (50-90 cm).

b.2.5. Complexe absorbant

- Calcium : ces sols sont riches à moyennement pourvus en Ca^{++} (8 à 30 meq/100g).

- Magnésium : la teneur est bonne en cet élément (2 à 7 meq).

- Potassium : comprise entre 0,14 et 0,58 meq/100g. La teneur en K reste faible.

- Sodium : il n'y a pas de danger notable de salure (0,39 à 1,08).

II.1.1.c. Classe des sols calcimagnésiques

Ces sols se situent sur les collines dominant la terrasse ancienne. Les formations dunaires et les alluvions récentes des fonds de vallées. Ils occupent de grandes superficies.

II.1.1.c.1. Profil type des sols calci-magnésiques

- 0 – 30 cm : de couleur brun foncé, ce sol est à texture argileuse à structure grumeleuse, très tassé et compact, sec avec une porosité moyenne et présente de petites racines. L'effervescence HCl est faible et le passage graduel.

- 65 – 130 cm : horizons de couleur brun foncé à noir de texture argileuse et de structure grumeleuse. Il est très tassé, compact, humide avec une porosité moyenne. L'effervescence HCl est faible.

II.1.1.c.2. Caractéristique physico-chimiques

c.1. Granulométrie

Les profils analysés présentent en surface une texture à tendance limono-argileuse ; argilo-limoneuse dans les horizons intermédiaire et d'argileuse fin à sablo-limoneuse en profondeur.

c.2. Matières organiques

Les sols sont riches à moyennement pourvus en surface (1,5% à 2,7%) et pauvres à moyennement pourvus en profondeur (0,48 % à 1,92 %).

c.3.Réaction du sol

Le pH de ces sols est neutre à faiblement alcalin (7,02 à 8).

c.4.Salinité

La conductivité électrique reste faible (0,31 à 1,39 m.mhos/cm).

c.5.Complexe absorbant

- Calcium : les sols sont riches en Calcium (20 à 33 meq/100 g).

- Magnésium : la teneur est bonne en magnésium (2 à 8 meq).

- Potassium : la teneur en potassium reste faible (0,12 à 0,53 meq/100 g).

- Sodium : la teneur en sodium reste faible (0,43 à 1,79 meq/100 g). Donc, pas de danger de salure.

Tableau II.1 : Récapitulatif des caractéristiques des sols du secteur 1 (périmètre de Taher)

Classe des sols	Groupe	Sous groupe	Prof (cm)	Texture	Hydromorphie	Calcaire en %	Salure en mmhos
Sols hydromorphes	Pseudo gley	De surface	45	Limono-sableux	A 45 cm	0 - 0,18	0 - 3,89
	Gley	Peu profond	40	Limono-argileux	Très forte à 20 cm	Trace	< 1
		Profond	80	Limono-argileux	Très forte à 20 cm	Trace	< 1
Sols peu évolués	Apport alluviale	Modal	> 120	Limono-sableux	Nulle	0 - 15	1 à 2,65
Sols calcimagnésiques	Rendzines		75	Limono-argileux	Nulle		< 1
	Brun calcaire	Pseudo gley	80	Equilibré	Profonde	1 - 15	1
		Brun noirci	100	Limono-argileux	Nulle	18	1

Source : Analyse des ressources en sol. ENHPC

Conclusion

Le présent chapitre a été consacré à l'étude pédologique dans laquelle nous avons présenté les principales caractéristiques du sol, les unités pédologiques recensées et les contraintes de mise en valeur définies.

Les sols présentent généralement une texture limono-argileuse et limono-sableuse, avec une perméabilité adéquate à l'irrigation.

CHAPITRE III :

Analyse des ressources en eau

III.1. Introduction

Avant d'entamer une étude en irrigation, il faut d'abord localiser et quantifier l'eau nécessaire aux différents besoins des cultures. Pour cela et à travers ce chapitre on va présenter les ressources en eau qui peuvent alimenter le périmètre de Taher et détailler l'étude hydrologie afin de déterminer les caractéristiques des pluies de fréquences données.

III.2. Situation général du bassin versant

Le bassin versant d'El Agrem situé au Nord-Est du territoire Algérienne s'étend sur la totalité de la wilaya de Jijel sur une superficie de 39,5 km².

Selon la nouvelle structuration des unités hydrologiques en Algérie, le bassin versant d'El Agrem appartient à l'ensemble de côtier constantinois.

Globalement, le bassin versant peut être subdivisé en trois grandes parties :

- Partie orientale, avec comme principaux affluents l'oued Merhaba et l'oued Bou Bahri.
 - Partie occidentale, avec comme principaux affluents : oued Tezercourt, oued Harma et oued Abima).
 - Partie septentrionale : qui débute pratiquement de l'oued El Agrem et s'étend jusqu'à la mer.
- L'oued El Mencha est le principal affluent de cette partie.

III.2.1. Caractéristiques géométriques du Bassin Versant

La superficie du bassin versant est 39,5 km², dont 31,5 km² du bassin versant sont couverts par des forêts. Le bassin versant est presque entièrement situé en montagne son point culminant est à la côte 1489 m et le point le plus bas est à la côte 95 m (exutoire du barrage). L'altitude moyenne du bassin versant est de 850 m (Figure III.1).

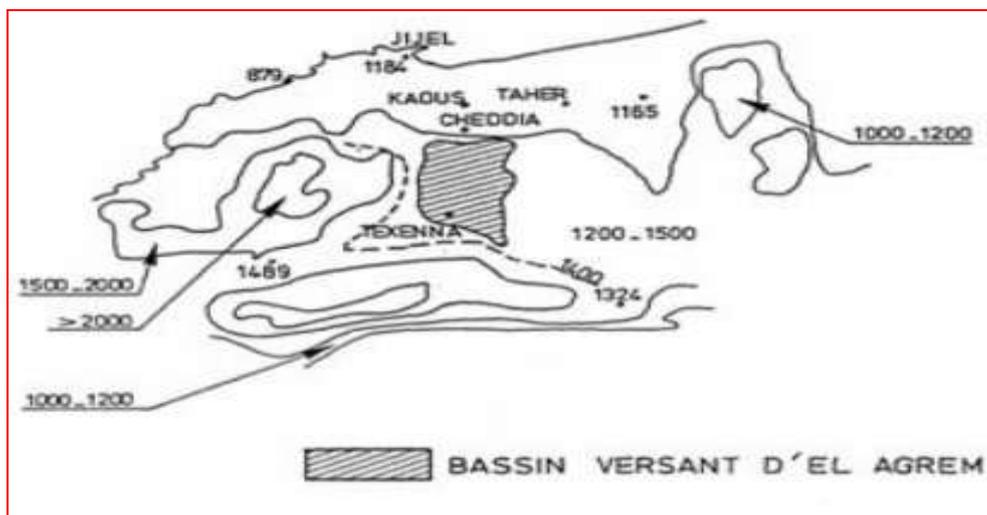


Figure III.1 : Bassin versant du barrage El Agrem

III.3. Localisation du barrage :

Le barrage d'El Agrem est situé sur la commune de Kaous à 12 km environ au sud de la ville de Jijel, au dessus des monts de Sidi-Yahia sur l'oued El Agrem. Ce barrage a été construit dont le but d'assurer l'alimentation en eau d'irrigation des périmètres irrigués situés dans la plaine côtière à l'est de la ville de Jijel (Figure III.2).



Figure III.2 :

Localisation du barrage El Agrem

III.3.1. Caractéristiques de la retenue

L'irrigation du périmètre est assurée à partir de barrage El Agrem située juste à l'aval des terres à irriguer. Les caractéristiques hydrologiques et hydrauliques de la cuvette du barrage d'El Agrem sont détaillées comme suit :

Tableau III.1 : Caractéristiques hydrauliques du barrage d'El Agrem

N	Désignation	Unité	Valeur
1	Capacité	Mm ³	35,8
2	Volume utile	Mm ³	32,8
3	Volume mort	Mm ³	3,0
4	Volume annuel régularisable	Mm ³	21,5
5	Côte de la retenue normale	m	143,0
6	Côte de la retenue minimum	m	108,5
7	Cote de la retenue maximum	m	145,5
8	Diamètre de la conduite de vidange en acier	mm	400,0
9	longueur de la conduite de vidange	m	28,0

D'après le tableau III.1, on remarque que le volume régularisé est de 21,5 Mm³. Ce volume sera dédié pour le développement de l'irrigation dans la zone.

III.4. Analyse de la qualité de l'eau d'irrigation

L'analyse de la qualité de l'eau d'irrigation est un paramètre important. En effet, le respect des normes de qualité des eaux d'irrigation :

- permet de préserver la santé du consommateur.
- préserver les ressources en eau souterraines, superficielles.
- préserver l'environnement contre certains risques en particulier la salinisation des sols.

Suivant l'analyse physico-chimique effectuée sur des échantillons prélevés à la station hydrométrique du barrage d'El Agrem, les caractéristiques de l'eau d'irrigation sont données dans le tableau ci-après.

Tableau III.2 : Quelques caractéristiques physico-chimiques de l'eau du barrage d'El Agrem

Code Station	Nom Station	Date prélèvement	Ca (mg/l)	Cond (µs/cm)	Mg (mg/l)	Na (mg/l)	pH	Résidu sec à 105 °C mg/l
030303	Bge El Agrem	06/01/2014	50.5	370	8	22	7	240
		02/02/2014	38	370	10	35	8	236
		03/03/2014	44.6	380	11	20	8	244
		06/04/2014	44.5	370	14	17	8	250
		05/05/2014	40.7	360	9	20	8	240
		01/06/2014	41	370	12	23	8	252
		08/07/2014	43.6	360	7	24	8	248
		04/08/2014	48.1	380	14	26.4	8	264
		01/09/2014	45.1	390	11	14	8	274
		12/10/2014	43.8	390	12	26	8	260
		10/11/2014	43.7	410	13	25	7	290
01/12/2014	43.5	400	13	23	7	260		

Source : ANRH Alger

III.4.1. Le SAR (Sodium Absorption Ration)

Si l'eau est riche en Sodium, celui-ci peut se fixer sur le complexe du sol et exercer alors une action défoulant. Pour apprécier le risque alcalin, on compare donc la concentration en ions Na⁺ et celle en ions Ca⁺⁺ et Mg⁺⁺, il est défini comme suit :

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

D'où :

$$S. A. R = \frac{2.3}{\sqrt{(4.39+1.12)/2}} \qquad S.A.R = 1.39$$

Tableau III.3: Classification des eaux en fonction du S.A.R

Classe	SAR	Danger d'alcalinisation
S ₁	$SAR \leq 10$	Risque faible
S ₂	$10 < SAR \leq 18$	Risque moyen
S ₃	$18 < SAR \leq 26$	Risque élevé
S ₄	$SAR > 26$	Risque très élevé

D'après les valeurs du tableau III.3, on voit que les eaux de barrage d'El Agrem ne présentent pas de risque alcalin pour le sol.

III.4.2. La conductivité électrique

La conductivité électrique est une propriété associée à la mobilité des ions, elle est mesurée à 25 °C et exprimée en mmhos/cm, elle permet de quantifier le degré de salinité de l'eau. On distingue quatre classes de danger de salinité de l'eau en fonction de la conductivité électrique, selon la classification américaine de l'eau d'irrigation:

Tableau III.3 : Classification des eaux en fonction de la conductivité électrique

Classe	Conductivité électrique (CE) (m.mhos/cm) à 25 °C	Qualité des eaux
C ₁	$CE \leq 0,25$	Eau de risque faible
C ₂	$0,25 < CE \leq 0,75$	Eau de risque moyen
C ₃	$0,75 < CE \leq 2,25$	Eau de risque élevée
C ₄	$CE > 2,25$	Eau de risque très élevée

La qualité de l'eau d'irrigation est associée aux classes suivantes:

- C₁ : convient pour toutes les cultures.
- C₂ : convient pour les plantes moyennement tolérantes.
- C₃ : ne convient qu'à des sols bien drainés et des plantes tolérantes.
- C₄ : eau difficilement utilisable sur sol bien drainé.

L'eau du barrage d'El Agrem (destiné pour l'irrigation du périmètre étudié) a une conductivité électrique moyenne $CE = 0,38$ mmhos/cm. Avec ces valeurs nous considérons que l'eau est de bonne qualité pour l'irrigation et ne présente pas de risques majeurs pour les cultures et les sols. L'eau est classée en : C₂, S₁ d'après le diagramme de classification des eaux d'irrigation (Figure III.3).

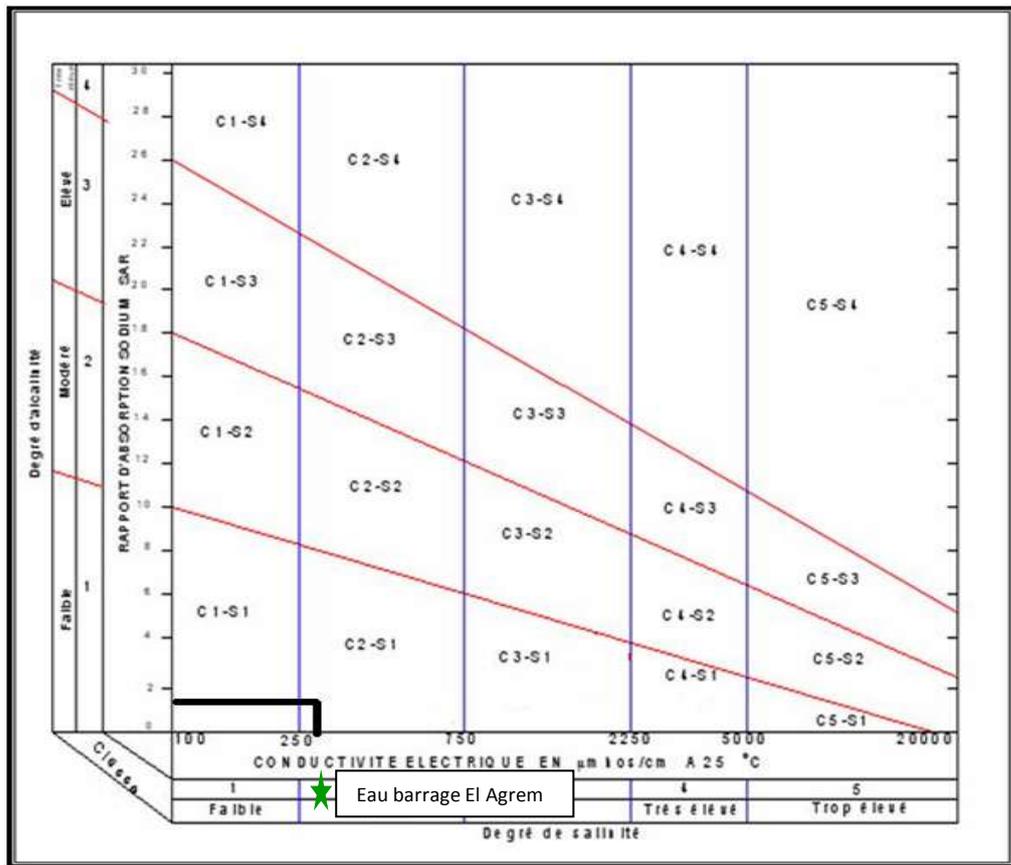


Figure III.3 : Diagramme de classification des eaux d'irrigation

III.5. Etude Hydrologique

III.5.1. Introduction

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

III.5.2. Etude des pluies annuelles

Pour l'étude des pluies, nous avons exploré un échantillon de données pluviométriques de la station de Jijel, exploitée par l'Direction des Ressources en Eau de la wilaya de Jijel, cette station a pour code : 030301.

Les données d'observation ont été collectées sur une période de trente (30) ans. Les pluies sont résumées dans le tableau suivant :

Tableau III.4 : Précipitation mensuelle de la station Jijel

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Annuel
Année	Précipitation (mm)												
1985-1986	44,6	32,5	138	98,2	159	175	137	50,9	4,3	6,3	11	3,3	980,8
1986-1987	36,2	86,3	99,8	221	175	166	40	24,6	82,8	5,7	3	0,3	1020,3
1987-1988	25,3	24,5	128	50,3	81,9	131	27,9	70,6	34,2	17	0	0	590,7
1988-1989	151	0,8	154	231	121	83,1	57,4	118	2,8	6,6	2	15	942,7
1989-1990	62,9	16	152	61	107	92,2	64,6	96,3	65,7	1,4	4,8	4,3	728,2
1990-1991	4,6	74,9	177	321	91,1	105	112	24,6	26,7	3,6	0	0,7	941,2
1991-1992	36,7	227	100	39,6	132	54	176	171	75,2	25	2,8	0	1039,3
1992-1993	7,4	91,2	47,6	329	85,8	77,4	49,6	95,6	54,4	2,8	0	0	840,8
1993-1994	37,4	75,2	104	141	90,2	108	94,3	80	14,7	0	0	0	744,8
1994-1995	71,9	117	7,5	337	149	33,2	119	60,3	3,6	13	0	17	928,5
1995-1996	56,8	99,1	62,3	89,9	138	294	113	119	48,9	46	7	9,6	1083,6
1996-1997	36,5	139	117	169	53,1	13,1	16	73,7	8,7	26	0	5	657,1
1997-1998	135	69,3	163	102	46,5	120	92,1	108	100	1,2	0	29	966,1
1998-1999	89,3	75	356	188	136	71,1	61,2	45,6	4,1	3,6	2,9	3	1035,8
1999-2000	28,6	19	280	213	87,5	29,5	17,6	24,6	56,7	8,7	1,6	0,2	767
2000-2001	9,9	106	97	107	240	79,4	13,1	63,3	53,1	0	0	2,9	771,7
2001-2002	20,4	0,3	125	113	71,2	59,7	34,7	47,1	11,2	0,3	5,8	23	511,7
2002-2003	25,3	46,4	260	354	349	119	37,2	114	40	0,6	1,5	0,3	1347,3
2003-2004	61,2	69	88,1	234	131	63	79,5	124	84	33	1	10	977,8
2004-2005	58	55	322	155	270	200	70	112	4	0	0,5	8	1254,5
2005-2006	33	13,5	206	161	177	172	55	26,5	28	1,5	0	45	918,5
2006-2007	31	74	25,5	344	5,5	95	263	80,1	14	39	4	1	976,1
2007-2008	96,5	157	201	238	41,2	20,1	186	28	153	3,5	0	0	1124,3
2008-2009	52	27,5	202	206	217	90,7	82,6	177	12,1	0	0	11	1077,9
2009-2010	208	79,8	192	147	167	64,5	108	46,4	75,2	52	0,4	1	1141,3
2010-2011	52,3	216	148	121	109	171	115	77,5	24,4	13	3,2	0	880,5

Suite Tableau III.4 : Précipitation mensuelle de la station Jijel

2011-2012	130,7	30,4	120,3	140	271,6	96,2	84,1	163,9	19,9	0	0	20,3	790,6
2012-2013	132	76,5	129,1	156	114,3	61,3	103,5	52,4	87,9	37,5	2,8	0	953,3
2013-2014	48,2	216,7	199,1	108,3	88	155,4	83,1	83,9	29,7	34,5	9,9	0	1056,8
2014-2015	8,4	207,7	139,6	179	68,7	220,4	95,1	174,7	2,4	0	2,5	12,5	1111
Moy (mm)	59,7	84,09	151,36	178,48	132,45	107,34	86,25	84,45	40,72	12,73	2,22	7,41	938,67

Source : DREW Jijel

III.5.3. Etude de l'homogénéité de la série pluviométrique

L'homogénéisation des données est une analyse statistique de l'information aidant à une prise de décision conséquente. Pour vérifier l'homogénéité de la série pluviométrique on procède au test de **Mood** la vérification de l'homogénéité d'une série pluviométrique par cette méthode repose sur le procédé ci-dessous:

- Soit un échantillon $P_1, P_2, P_3, \dots, P_n$; déterminons sa médiane. La médiane M est le nombre qui sépare la série (ordonnée en valeurs croissantes) en deux groupes de même effectif. C'est un paramètre de position de la série.
- Pour les valeurs inférieures à la médiane sont codés comme "0". ceux qui sont supérieurs, sont codés comme "1". Les valeurs égales à la médiane ne sont pas utilisées dans l'analyse.
- Soit " N " la taille de l'échantillon, N_s Le nombre totale de séries de "1" ou "0" et T_s la taille de la plus grande série de "1" ou "0" .
- N_s suit approximativement une loi normale et T_s suit approximativement une loi binomiale.

Ceci a permis d'établir que pour un niveau de signification (le risque) $\alpha = 5\%$, les conditions du test sont les suivantes :

$$N_s > 0,5 \left(N + 1 - \mu_{1-\frac{\alpha}{2}} \sqrt{N + 1} \right) \quad \text{où}$$

$\mu_{1-\frac{\alpha}{2}}$ Le variable réduite gaussienne de risque $\alpha = 5\%$, $\mu_{0.975} = 1,96$;

$$T_s < 3,3 \log_{10}(N + 1)$$

Le tableau suivant détaille le résultat du test d'homogénéité pour la station de Jijel.

Tableau III.5 : Test de Mood à la station de Jijel

Année	Précipitation	0 ou 1
1985-1986	980,8	1
1986-1987	1020,3	1
1987-1988	590,7	0
1988-1989	942,7	0
1989-1990	728,2	0
1990-1991	941,2	0
1991-1992	1039,3	1
1992-1993	840,8	0
1993-1994	744,8	0
1994-1995	928,5	0
1995-1996	1083,6	1
1996-1997	657,1	0
1997-1998	966,1	1
1998-1999	1035,8	1
1999-2000	767	0
2000-2001	771,7	0
2001-2002	511,7	0
2002-2003	1347,3	1
2003-2004	977,8	1
2004-2005	1254,5	1
2005-2006	918,5	0
2006-2007	976,1	1
2007-2008	1124,3	1
2008-2009	1077,9	1
2009-2010	1141,3	1
2010-2011	880,5	0
2011-2012	790,6	0
2012-2013	953,3	0
2013-2014	1056,8	1
2014-2015	1111	1
La Médiane	959,7	
N = 30	Ns=13	Ts= 4

$$0,5 (30 + 1 - 1.96\sqrt{30 + 1}) = 10.04 < N_s$$

$$3,3 \log_{10}(30 + 1) = 4.92 > T_s$$

La condition de **Mood** est vérifiée, donc la série des précipitations moyennes annuelle de la station de **Jijel** est homogène.

III.5.4. Ajustement de la série pluviométrique

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.

III.5.4.1. Ajustement à la loi normale

La fonction de répartition est :

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

Avec : $u = \frac{x-\mu}{\sigma}$; dépend de deux paramètres qui sont la moyenne μ et l'écart type σ

Les résultats de l'Ajustement de la série des pluies moyenne annuelle de la station Jijel obtenu par le logiciel HYFRAN sont résumés ci-parès.

Tableau III.6 : Ajustement à la loi de Gauss

T	Q	XT	Ecart-type	Intervalle de confiance (95%)	
1000.0	0.9990	1520	83.3	1350	1680
200.0	0.9950	1420	71.9	1280	1560
100.0	0.9900	1370	66.6	1240	1500
50.0	0.9800	1320	60.9	1200	1440
20.0	0.9500	1250	52.9	1140	1350
10.0	0.9000	1180	46.5	1090	1270
5.0	0.8000	1100	39.9	1020	1170
3.0	0.6667	1020	35.8	949	1090
2.0	0.5000	939	34.2	872	1010
1.4286	0.3000	841	36.5	769	912
1.2500	0.2000	781	39.9	703	859

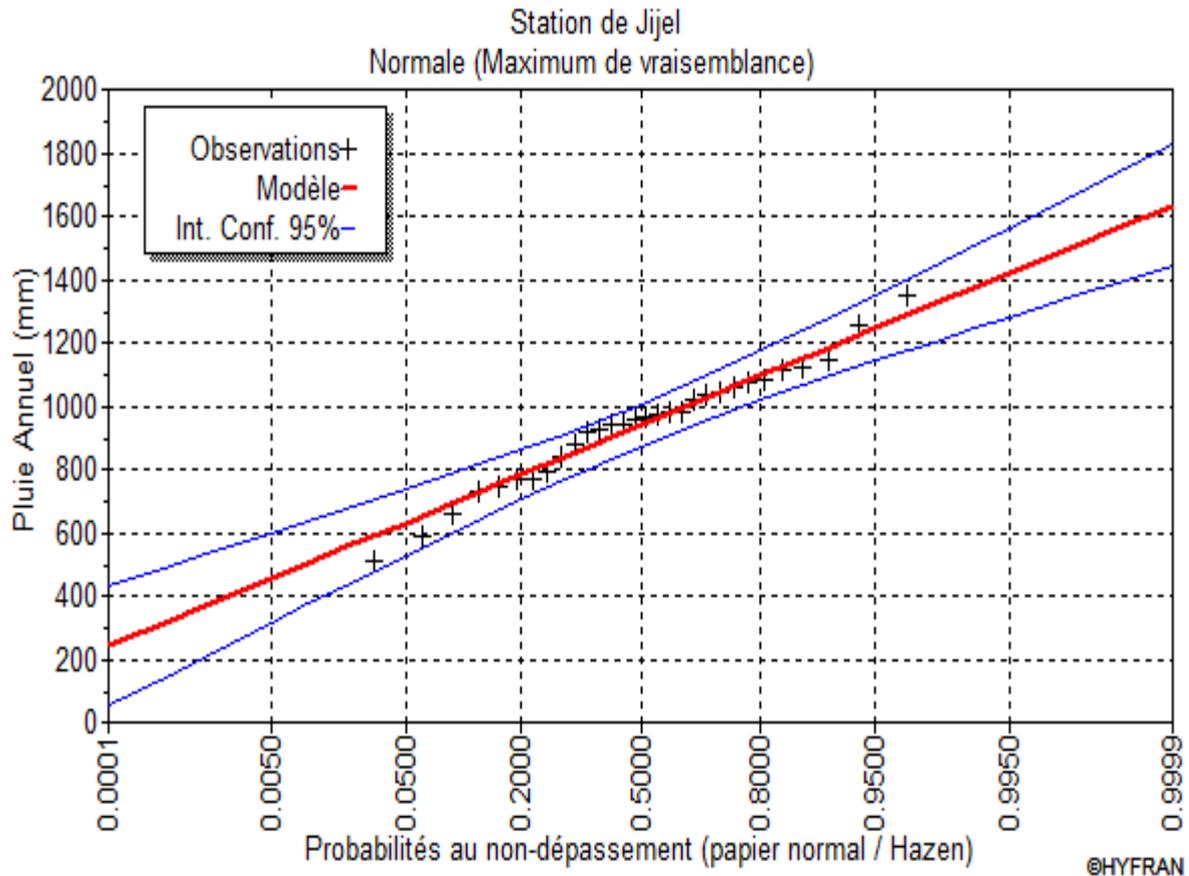


Figure III-4. Ajustement des pluies annuelles à la loi normale

III.5.4.2. Ajustement des pluies annuelles à la loi log –normale

Cette méthode est comme suit : les données statistiques des pluies sont rapportées à une autre échelle à savoir l'échelle du log normale.

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

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

Avec :

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

$X_{p\%}$: précipitation probable à p%.

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

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

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

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

$U_{p\%}$: variable réduite de Gauss.

Pour les calculs, on a utilisé le logiciel Hyfran. Les résultats de calcul obtenus figurent dans le tableau III.7 et la figure III.5.

Tableau III.7 : Ajustement à une loi de Galton

T	q	XT	Ecart-type	Intervalle de confiance (95%)	
1000.0	0.9990	1790	171	1450	2120
200.0	0.9950	1600	132	1340	1860
100.0	0.9900	1520	116	1290	1740
50.0	0.9800	1430	100	1230	1630
20.0	0.9500	1310	79.6	1150	1470
10.0	0.9000	1210	64.6	1080	1340
5.0	0.8000	1100	50.5	1000	1200
3.0	0.6667	1010	41.4	927	1090
2.0	0.5000	919	36.1	848	990
1.4286	0.3000	821	34.4	754	889
1.2500	0.2000	767	35.2	698	836

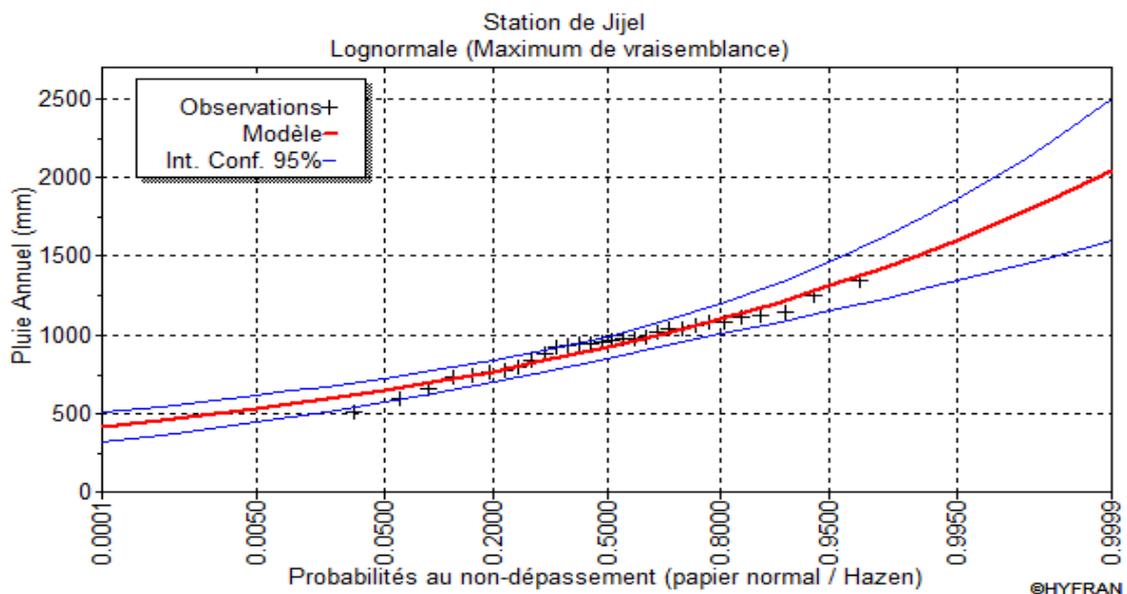


Figure III.5 : Ajustement à la loi de Galton

III.5.4.3 Le test d'adéquation khi-deux

Parmi tous les tests existants, le test du χ^2 de K. PEARSON est le plus pratique et le plus utilisé bien qu'il ne soit pas très puissant. Pour mettre en œuvre ce test, on procède de la façon suivante :

- on découpe l'échantillon de n éléments, en K classes (K>4) de façon à ce que chaque classe contienne théoriquement plus de 5 éléments ;
- soit n_i le nombre d'éléments contenus dans la $i^{\text{ème}}$ classe et n'_i (>5) le nombre théorique qui devrait s'y trouver ; on forme le terme suivant :

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(n_i - n'_i)^2}{n'_i}$$

Cette variable χ^2 suit une loi de probabilité dite loi du χ^2 , à ν degrés de liberté avec :

$$\nu = K - p - 1$$

K = Nombre de classes ;

p = Nombre de paramètres estimés d'après l'échantillon.

Les tables données en annexes permettent de connaître la valeur numérique du χ^2 qui a $\alpha\%$ de chance d'être dépassé par le seul fait du hasard, en fonction des valeurs de ν .

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

Les résultats du test pour les deux lois sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Tableau III.8. Test de khi-deux pour les deux lois

La loi	Normale	log -Normale
χ^2 calculé	3.13	5
Degré de liberté α	4	4
χ^2 théorique ($\alpha =0.01$)	13.3	13.13
χ^2 théorique ($\alpha =0.05$)	9.49	9.49
Pour une erreur $\alpha =0.01$	La loi est adéquate	La loi est adéquate
Pour une erreur $\alpha =0.05$	La loi est adéquate	La loi est adéquate

On remarque que $\chi^2_{\text{calculé}}$ par la loi normale est plus petit que $\chi^2_{\text{calculé}}$ par la loi log-normale. Donc, la loi normale donne des bons résultats.

III.5.5. Détermination de l'année de calcul

Les deux lois de Gauss et log normal sont très proche mais la série s'ajuste mieux à la loi normal, alors nous la retenons pour l'estimation de la pluviométrie moyenne mensuelle représentative de la région.

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

$$P_{80\%}^{sec} = P_{moy.i} \times \frac{P_{80\%}}{P_{50\%}}$$

Avec :

$P_{80\%}^{sec}$: Précipitation mensuelle de l'année de calcul ;

$P_{moy.i}$: La précipitation moyenne mensuelle ;

$P_{80\%}$: La précipitation théorique annuelle de fréquence 80% ;

$P_{50\%}$: La précipitation théorique annuelle de fréquence 50% ;

On déduire les valeurs de $P_{80\%}$ et $P_{50\%}$ selon la loi normale :

$$P_{80\%} = 794mm \quad ; \quad P_{50\%} = 945 mm$$

Les résultats des précipitations mensuelles de l'année de calcul sont représentés dans le tableau ci-après.

Tableau III.9. Précipitation mensuelle de l'année de calcul

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
$P_{moy.i}$	59,70	84,09	151,36	178,48	132,45	107,34	86,25	84,45	40,72	12,73	2,22	7,41
$P_{80\%}^{sec}$	50,22	70,74	127,33	150,15	111,43	90,30	72,56	71,05	34,26	10,71	1,87	6,23

Conclusion

A partir de ce chapitre, nous avons défini les ressources en eau disponibles dans la région d'étude, dont la seule source utilisable en termes de qualité et de quantité c'est le barrage d'El Agrem.

Les résultats de l'analyse chimique ont montré que l'eau d'irrigation est de bonne qualité (CE = 0,38 mmhos.cm⁻¹ ; SAR = 1.39).

Quant à l'ajustement des séries des pluies moyennes annuelles, il faut signaler que le test de Khi carré a montré un ajustement meilleur avec la loi normale. Ce qui nous a conduits à prendre en considération cette loi pour l'estimation des pluies servant au dimensionnement du réseau d'irrigation de la zone d'étude.

CHAPITRE IV :

Estimation des besoins en eau d'irrigation

Introduction

L'estimation des besoins en eau des cultures est une étape essentielle dans l'établissement d'un es besoins d'un projet d'irrigation. Ces besoins doivent être minutieusement calculés pour éviter tous surdimensionnement ou sous-dimensionnement des réseaux d'irrigation.

IV.1 Etude des aptitudes culturales

En se basant sur la prospection pédologique (nature du sol) et les analyses physico-chimiques du sol, on propose des aptitudes culturales des différentes unités pédologiques :

- **Les cultures maraichères**

Actuellement ce sont les principales spéculations pratiquées. Les conditions du milieu sont relativement favorables pour les cultures maraichères. Une aptitude est définie par :

- Aptitude bonne pour : tomate, Carotte, poivron, courgette, concombre, fraise.
- Aptitude moyenne pour : pastèque et tomate industrielle.

- **Les cultures céréalières et maraichères**

- Aptitude bonne pour : maïs.
- Aptitude faible pour : blé.

IV.2. Rotation et assolements

On appelle assolement la répartition des cultures dans l'espace, par opposition à la rotation qui est la succession des cultures sur une même sole pendant un nombre d'année correspondant au type d'assolement adopté (Boulifa, 2011).

Pour l'établissement des différents assolements-rotation nous avons tenue compte de plusieurs facteurs :

- Le type de sol ;
- L'équilibre du sol en éléments minéraux et en matière organique ;
- La période de végétation ;
- Le procédé cultural ;
- Superficie des parcelles pour un meilleur rendement économique.

Tableau IV.1 : Assolement - Rotation proposé

N° Ilot	Les parcelles	Sol	
15	15	Courgette	Tomate
16	16 a	Courgette	Poivron
	16 b	Courgette	Maïs
17	17	Courgette	Tomate
18	18	Poivron	Maïs
19	19 a	Poivron	Tomate
	19 b	Poivron	Tomate
20	20 a	Concombre	Carotte
	20 b	Concombre	Carotte
	20 c	Concombre	Carotte
21	21	Concombre	Carotte
22	22	Maïs	Carotte
23	23	Maïs	Carotte
1	1	Fraise	Courgette
2	2	Poivron	Fraise
13	13	Carotte	Tomate
14	14	Carotte	Maïs
5	5	Fraise	Poivron
6	6 a	Courgette	Fraise
	6 b	Fraise	Poivron
7	7 a	Tomate	Carotte
	7 b	Tomate	Carotte
24	24	Maïs	Carotte
25	25	Pastèque	Courgette
10	10	Tomate	Carotte
11	11 a	Tomate	Courgette
	11 b	Tomate	Carotte
12	12	Carotte	Tomate
3	3	Fraise	Tomate
4	4	Tomate	Fraise
8	8	Tomate	Courgette
9	9	Tomate	Courgette
26	26 a	Pastèque	Tomate
	26 b	Pastèque	Tomate
27	27 a	Tomate ind	Carotte
	27 b	Tomate ind	Carotte

Tableau IV.2 : Pourcentages proposés aux différentes cultures

Culture	N° d'ilot	Superficie (ha)	Pourcentage %
Fraise	1-2-3-4-5-6	34,16	15,74
Tomate	7-8-9-10-11	33,29	15,34
Carotte	12-13-14	23,95	11,04
courgette	15-16-17	29,91	13,78
Poivron	18-19	22,87	10,54
Concombre	20-21	24,52	11,30
Maïs	22-23-24	16,08	7,41
Pastèque	25-26	23,48	10,82
Tomate ind	27	8,74	4,03
Somme		217	100

IV.3. Calendrier des principales cultures préconisées

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

Tableau IV.3 : Calendrier des principales cultures préconisées

Culture	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
Tomate				■									
Courgette									■				
Carotte									■				
Poivron	■												
Fraise	■												
Maïs			■										
Tomate ind			■										
Pastèque				■									
Concombre			■										
Période de semis-plantation jusqu'au début de période de récolte ■													

IV.4 Besoins en eau des cultures

Les besoins en eau des cultures sont définis comme étant la quantité d'eau totale utilisée par cette culture (par une plante au cours de son cycle végétatif). Cette quantité comprend aussi les apports naturels (pluie, réserve du sol).

IV.4.1 L'évapotranspiration (ET)

On désigne par évapotranspiration la somme de deux volumes d'eau qui sont :

- Utilisés par les plantes (eau en construction, eau de végétation). Le phénomène biologique par lequel les plantes absorbent une quantité d'eau du sol qui est restituée partiellement sous forme de vapeur par la surface des feuilles, s'appelle transpiration.

- Evaporés par la surface du sol, par transformation de l'état de l'eau en vapeur (phénomène d'évaporation).

IV.4.2 L'évapotranspiration potentielle (ETP)

Qui correspond à double hypothèse du maintien du taux d'humidité du sol à une valeur très voisine de sa capacité de rétention et d'un développement végétatif optimum.

ETP est l'évaporation maximale que nous pouvons avoir avec des conditions optimales en admettant que le sol reste constamment humide.

IV.4.2.1 Calcul de l'évapotranspiration potentielle (E T P)

Le calcul de l'évapotranspiration potentielle se fait soit à partir de stations (méthodes directes), soit à partir des données climatiques disponibles, à partir des méthodes empiriques.

a. Formule de Turc 1960, basée sur la température et le rayonnement

Pour le calcul de ETP mensuelles nous pouvons utiliser la formule de Turc donnée par :

$$ETP = 0.013 j \times (I_g + 50) \times \frac{t}{t + 15} \times k$$

Avec :

ETP : Evapotranspiration mensuelle (mm).

T : Température moyenne mensuelle (°C).

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

b. Formule de Blaney- Criddle 1959:

Elle utilise des paramètres facilement accessibles et introduit des coefficients culturels susceptibles d'ajustement aux données locales éventuelles. Le facteur f (en mm) de cette formule s'exprime comme suit :

$$f = (0,46 \times T + 8,13) \times P$$

Où :

T : (° C) est la température moyenne.

P : le pourcentage de la durée d'éclairement pendant la période considérée.

c. Formule de Thornthwaite 1948

C'est une formule qui utilise un seul paramètre qui est la température :

$$ETP = 16 \left(\frac{10 \times t}{I} \right)^a \times k$$

Où :

t : est la température moyenne mensuelle (° C),

a : est fonction de l'indice thermique mensuel et K : coefficient d'ajustement mensuel.

d. Formule de Penman 1948

La méthode utilisée pour calculer les valeurs de l'évapotranspiration de référence **ET₀** est celle qui est exposée dans les bulletins **FAO** série « d'irrigation et drainage n° 24 des besoins en eau des cultures ».

$$ET = C[W \times Rn + (1 - W) \times f(u) \times (ea - ed)]$$

Avec :

ET₀ : représente l'évapotranspiration de référence, exprimée en mm/jour.

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

Rn : rayonnement net évaporation équivalente exprimé en mm/j.

F(u) : fonction liée au vent.

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

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

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

IV.4.3 Calcul de l'évapotranspiration de référence

La détermination de l'évapotranspiration de référence été faite en se basant sur la formule de : Penman-Monteith modifiée, avec le logiciel CROPWAT. Pour le calcul, nous avons introduit les données mensuelles, suivantes, enregistrées à la station d'Achouat :

- Température : Les températures minimales et maximales mensuelles.
- Humidité de l'air : l'humidité relative de l'air exprimée en pourcentage (%).
- Insolation journalière : donnée en heures d'insolation.
- Vitesse de vent : La vitesse du vent peut être introduite en km/jour.

Le tableau suivant représente l'évapotranspiration de référence ET₀, calculée à l'aide du logiciel CROPWAT.

Tableau IV.4 : Calcul de l'évapotranspiration

Mois	Temp (°C)	Temp max (°C)	Humidité (%)	Vent (km/jour)	Insolation (mois)	Ray. (MJ/m ² /jour)	ETo mm/mois
Janvier	6,8	16,3	77	216	5,1	8,9	44,7
Février	6,5	16,4	77	207	6,6	12,5	54,9
Mars	8,1	18,7	77	207	7,3	16,3	75,3
Avril	9,2	19,9	77	190	8,2	20,1	94,5
Mai	12,7	23,2	79	147	8,1	21,6	109,2
Juin	16,4	27,4	77	199	10,1	24,9	142,5
Juillet	18,8	30	74	173	10,9	25,7	157,8
Août	20,3	31,6	75	164	9,9	23	150
Septembre	18,4	26,5	77	181	8,2	18,2	110,1
Octobre	14,8	25,4	75	173	6,8	13,5	83,1
Novembre	10,7	20,3	76	190	6,6	10,7	57
Décembre	7,7	17,5	76	199	4,6	7,8	44,1
Moyenne							93,6

IV.4.4 Calcul de la pluie efficace

Elle est définie comme étant la fraction des précipitations contribuant effectivement à la satisfaction des besoins de la culture après déduction des pertes par ruissellement de surface, par percolation en profondeur. C'est la pluie effectivement retenue dans la zone racinaire.

Pour l'estimation de la pluie efficace, nous avons pris en considération la méthode basée sur une fraction de la pluie totale (pourcentage), elle est détaillée comme suit :

$$P_{eff} = 0,8 \times P_{sec80\%}$$

Avec :

P_{eff} : pluie annuelle efficace en (mm/mois).

P_{sec80%} : Pluie sec de probabilité de dépassement de 80%, en (mm)

Les calculs sont donnés dans le tableau suivant :

Tableau IV.5 : Calcul des pluies efficaces

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	annuel
P _{80%} (mm)	111,43	90,30	72,56	71,05	34,26	10,71	1,87	6,23	50,22	70,74	127,33	150,15	796.85
P _{eff} (mm)	89.14	72.24	58.05	56.84	27.40	8.57	1.50	4.98	40.18	56.59	101.86	120.12	637.48

IV.4.5 L'évapotranspiration maximale (ETM)

Elle exprime les besoins en eau des cultures suivant leur stade végétatif, elle est donnée par la formule suivante :

$$ETM = Kc \times ET0$$

Avec :

Kc : coefficient cultural

Et0 : évapotranspiration de référence.

IV.4.6 Calcul des besoins nets en eau d'irrigation

Lorsqu'on établit les besoins périodiques en eau d'irrigation pour une culture ou un plan de culture donnés, il faut tenir compte de façon préférentielle de trois variables (ETP, P_{eff} et RFU). La relation qui existe entre les besoins nets B_{net} et ces variables peut être exprimée comme suit:

$$B_{net} = ETP - P_{eff} - RFU$$

RFU : c'est la réserve facilement utilisable par les cultures, dans cette approche elle exprime l'humidité du sol du mois précédent accessible aux cultures. Le calcul de la RFU se fait comme suit :

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

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

Da : densité apparente.

Z : profondeur d'enracinement mm.

Hcc : humidité à la capacité au champ, dans notre cas, on prend : 22.

H_{pf} : humidité au point de flétrissement, dans notre cas, on prend : 10.

P_{eff} : pluie efficace.

Toutes les variables sont déjà définies, les valeurs négatives de B_{net} pour une période traduisent des excédents, tandis que des valeurs positives indiquent des déficits.

On suppose que les périodes soient indépendantes, donc l'excès d'eau d'une période n'influe pas sur la prochaine période.

Les résultats de calcul des besoins nets en eau d'irrigation des cultures sont détaillés dans le tableau ci-dessous (**Tableau IV.6**).

IV.4.7 Calcul des besoins bruts en eau d'irrigation

Les besoins bruts du périmètre sont estimés à partir des besoins nets de chaque culture.

Cette estimation dépend des paramètres suivants :

- L'efficacité du système d'irrigation ;
- La répartition des différentes cultures adaptées ;
- La superficie irriguée.

On calcule les besoins bruts d'après la formule suivante :

$$B_{bru} = \frac{B_{net}}{E_i} \quad (V.11)$$

B_{bru} : Besoin brut des cultures (mm) ;

B_{net} : Besoin des cultures (mm) ;

E_i : L'efficacité globale du système d'irrigation, on prend $E_i = 0.75$.

Les résultats de calcul des besoins en eau de chaque culture figurent dans le tableau récapitulatif (**Tableau V.7**).

Tableau V.6 : Tableau récapitulatif des besoins nets en eau d'irrigation (mm/mois)

Culture	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Total
Tomate						56,8	103,35						160,15
Poivrons													0,00
Pastèque						56,8	103,35						160,15
Tomate industrielle						59,65	136,488	81,95					278,09
Courgette									490,01	361,496			851,51
Mais				194,85	1080,08	1624,3	1878,6	1500,2					6278,03
Concombre					154,792	726,55	1105,38	1050,7					3037,42
Fraise					290,2	769,3	1089,6	1190,2	589,1	35,19			3963,59
Carotte									439,00	252,80			691,80
Total				194,85	1525,072	3293,4	4416,768	3823,05	1518,11	649,486			15420,74

Tableau V.7 : Tableau récapitulatif des besoins bruts en eau d'irrigation (mm/mois)

Culture	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Total
Tomate						75,73	137,80						213,53
Poivrons													0,00
Pastèque						75,73	137,80						213,53
Tomate industrielle						79,53	181,98	109,27					370,78
Courgette									653,35	481,99			1135,34
Mais				259,80	1440,11	2165,73	2504,80	2000,27					8370,71
Concombre					206,39	968,73	1473,84	1400,93					4049,90
Fraise					386,93	1025,73	1452,80	1586,93	785,47	46,92			5284,79
Carotte									585,33	337,07			922,40
Total				259,80	2033,43	4391,20	5889,02	5097,40	2024,15	865,98			20560,981

IV.4.8. Calcul du débit caractéristique

Dans notre cas, le débit maximum journalier est le débit caractéristique. Il est calculé par la formule suivante :

$$Q_{\text{car}} = Q_s \times S$$

D'où :

Q_s : débit spécifique du mois de pointe en (l/s/ha).

S : la superficie totale à irriguer = 217 ha.

Le mois de pointe est le mois de juillet et les besoins de pointe sont de : **441,68 mm**.

Calcul de Q_s :

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

$$Q_s = \frac{B_{\text{pointe}} \cdot 10.1000}{K \cdot N_h \cdot n_j \cdot 3600}$$

Avec :

- B_{pointe} : Besoins de pointe (mm/mois).
- Q_s : Débit spécifique (l/s/ha).
- K : Coefficient d'efficacité globale du système d'irrigation ($k=0,75$).
- N_h : nombre des heures d'irrigation = 24 h.
- n_j : nombre de jours par mois = 30 jours.

$$Q_s = 2,27 \text{ l/s/ha} > 1,5 \text{ l/s/ha}$$

Le débit spécifique Q_s est très important (le réseau soit surdimensionné) :

On choisira dans ce cas le débit spécifique de la culture la plus exigeante. La culture la plus exigeante c'est Mais au mois de juillet ($B_{\text{net}} = 187.86 \text{ mm}$.)

Le débit spécifique : $Q_s = 0,97$ l/s/ha. Il est inférieur à 1,5 l/s/ha,

Donc : $Q_{car} = Q_s \times S$

$$\rightarrow Q_{car} = 0,21 \text{ m}^3/\text{s} = 18195,84 \text{ m}^3/\text{j}$$

IV.5. Comparaison entre les besoins de la zone d'étude et la capacité de la retenue

La surface totale de la zone d'étude est 217 ha et les exploitations proposées sont des cultures maraichage et céréalières. la capacité totale de la retenue est de 35,8 Mm³ et le volume régularisé est de 21,5 Mm³

Sur la base de toutes ces données et les besoins totaux des cultures calculées, on a géré l'exploitation agricole du périmètre de telle manière à satisfaire les besoins sans risque de l'abaissement brusque du niveau de la retenue.

Les résultats sont résumés au tableau suivant :

Tableau V.8 : Besoins totaux annuels

Culture	Superficie (ha)	Bnet (mm)	Bnet (m ³ /ha)	Bnet (m ³)
Tomate	33,29	16,02	160,15	5331,39
Poivrons	22,87	0,00	0,00	0,00
Pastèque	23,48	16,02	160,15	3760,32
Tomate industrielle	8,74	27,81	278,09	2430,49
Courgette	29,91	85,15	851,51	25468,54
Mais	16,08	627,80	6278,03	100950,72
Concombre	24,52	303,74	3037,42	74477,59
Fraise	34,16	396,36	3963,59	135396,23
carotte	23,95	69,18	691,80	16568,61
Besoins nets d'irrigation (m³)				364383,90
Besoins bruts totaux (m³)				496533,80
Besoins bruts totaux (Hm³)				0,50

Conclusion

Au cours de ce chapitre, et en basant sur la méthode de Penman-Monteith modifiée pour estimer l'évaporation potentielle (ETP) et la méthode proposée par la FAO pour le calcul de la pluie efficace, nous avons pu estimer les besoins nets en eau d'irrigation pour les cultures de notre périmètre.

On remarque que le mois de pointe est le mois de juillet, les besoins nets totaux annuel sont de 364383.8 m³.

Donc à partir de ces résultats nous pouvons conclure que la capacité de production de la retenue suffit à l'alimentation de notre périmètre.

CHAPITRE V :

Étude de réseau de distribution de la zone d'étude

I. Introduction

Dans tout aménagement hydro-agricole d'une certaine taille, on peut distinguer trois types d'équipement.

Les ouvrages de transport transitent l'eau d'irrigation depuis la prise d'eau jusqu'aux périmètres à desservir. Ces ouvrages transitent des débits importants sur de longues distances.

Les réseaux de distribution répartissent à l'intérieur du périmètre et jusqu'aux prises d'irrigation propres à chaque agriculteur, l'eau amenée par les ouvrages ramifiés.

Les équipements à la parcelle conduisent l'eau des prises d'irrigation jusqu'aux plantes.

Ce chapitre est spécifiquement consacré aux ouvrages de transport et réseaux de distribution pour lesquels nous examinerons facteurs essentiels qui conduisent à définir l'organisation spatiale des ouvrages et les débits à transiter par tronçon.

L'objet du présent chapitre est la détermination des caractéristiques techniques et du gabarit des différents éléments dont l'ensemble constitue le réseau de distribution de l'eau depuis le lieu de prélèvement jusqu'aux lieux d'utilisation à des fins agricoles.

V.1- Découpage des îlots d'irrigation

Le terme « îlot d'irrigation » décrit l'unité hydro-agricole alimentée par une borne d'irrigation.

Cette borne comporte une ou plusieurs sorties ou « prises » suivant le nombre d'arrosages qu'elle doit assurer simultanément, en particulier lorsqu'elle se trouve en limite de plusieurs exploitants.

Chaque borne doit assurer toutes les fonctions d'une prise c'est-à-dire :

- Régler le débit, ou plus exactement le limiter au module.
- Régler la pression.
- Assurer le comptage de l'eau livrée.
- Encaisser les suppressions accidentelles.

Le réseau d'irrigation zone dans la secteur 1 du périmètre de Taher est de type ramifié. Le périmètre est partagé en îlots d'irrigation, chaque îlot est desservi par une borne d'irrigation.

Les bornes sont alimentées par des conduites secondaires, en suite le réseau secondaire est alimenté par un réseau principale jusqu' le pointe de picage

- **Taille des îlots d'irrigation**

La taille de l'îlot est déterminée en fonction des modèles d'exploitations élaborés suivant plusieurs critères : fonciers, topographiques, hydro-agricoles. Dans certains cas, la taille de l'îlot dépend du débit d'équipement de prise en relation avec le débit fictif continu maximum au niveau de l'îlot.

En outre, le débit fourni par la prise d'irrigation doit correspondre à une main d'eau compatible avec la méthode d'irrigation adoptée au niveau de l'exploitation.

V.2. Le plan de bornage

Le plan de bornage est le résultat d'un compromis entre l'intérêt des utilisateurs (qui souhaiteraient disposer d'une borne chacun, idéalement située par rapport à leur champ) et celui de l'organisme d'aménagement qui cherche à en limiter le nombre (de manière à diminuer le coût du réseau collectif).

En effet une forte densité améliore les conditions de travail des agriculteurs en diminuant les longueurs de canalisation mobile de surface, mais il en résulte une augmentation importante des frais d'installation du réseau fixe. Une trop faible densité accroît le travail de montage et de transport de canalisation mobiles.

La base du regroupement des parcelles sur une même borne est le découpage des propriétés. Dans le cas de petites propriétés morcelées :

- une prise par îlot d'exploitations ;
- quatre (04) prises maximum sur une même borne ;
- bornes implantées en limites d'îlots ;
- dénivelée maximum de 5 m entre les points les plus hauts et les plus bas du bloc d'îlots.

Pour les grandes propriétés :

- La borne se situe au centre de la parcelle ;
- 4 prises sur la même borne.

V.3. Choix du tracé

Le tracé du réseau est projeté suivant le principe de proximité : plus courte distance pour relier l'ensemble des bornes au réseau de conduites principales, en tenant compte des contraintes du terrain qui limitent fortement les possibilités de choix : les règles générales suivies sont les suivantes :

- La recherche d'un tracé au plus court et avec le minimum de changement de direction concerne principalement la conduite maîtresse ;

- Eviter dans la mesure du possible de faire passer des conduites en plein champs ;
- Essayer de positionner la borne le plus proche de chaque parcelle à desservir afin d'éviter de pénaliser des exploitants par des têtes mortes trop longues ;
- Les conduites suivront au maximum (dans la mesure du possible) les routes et pistes et éviterons les plantations et zones bâties.

V.4 Débits aux bornes

Le but est de définir les débits nécessaires que le système d'irrigation doit véhiculer pour répondre à la demande en eau des cultures:

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

$$Q_b = q_s \cdot S$$

Avec :

Q_b : Débit caractéristique de chaque borne (l/s) ;

q_s : Débit spécifique (l/s/ha) ;

S : Superficie de l'ilot (ha).

- **Donné de base du dimensionnement (chapitre IV)**

Le débit spécifique est évalué à **0.97 l/s/ha**.

La surface du périmètre est égale à **217 ha**

Donc le débit caractéristique est :

$$Q_c = 0.97 \times 217 = \mathbf{210,49 \text{ l/s}}$$

Les caractéristiques des bornes et les ilots d'irrigation desservie sont donnés par le tableau ci-après.

Tableau V.1 : Débit caractéristique de chaque îlot (bornes) d'irrigation

N° de l'îlot (bornes) d'irrigation	N° de la parcelle	la superficie de la parcelle	débit de la prise l/s	débit brut de la borne (l/s)
1	1	4,31	4,18	4,18
2	2	5,67	5,50	5,50
3	3	5,35	5,19	5,19
4	4	5,67	5,50	5,50
5	5	3,93	3,81	3,81
6	6a	2,55	2,47	8,95
	6b	6,68	6,48	
7	7a	3,47	3,37	7,04
	7b	3,79	3,68	
8	8	4,57	4,43	4,43
9	9	4,72	4,58	4,58
10	10	8,34	8,09	8,09
11	11a	4,7	4,56	8,15
	11 b	3,7	3,59	
12	12a	5,52	5,35	10,82
	12b	5,63	5,46	
13	13	7,38	7,16	7,16
14	14	5,42	5,26	5,26
15	15	8,74	8,48	8,48
16	16a	8,48	8,23	14,95
	16b	6,93	6,72	
17	17	5,76	5,59	5,59
18	18	8,84	8,57	8,57
19	19a	7,2	6,98	13,61
	19b	6,83	6,63	
20	20a	5,37	5,21	14,91
	20b	3,2	3,10	
	20c	6,8	6,60	
21	21	9,15	8,88	8,88
22	22	5,45	5,29	5,29
23	23	5,08	4,93	4,93
24	24	5,55	5,38	5,38
25	25	7,73	7,50	7,50
26	26a	7,35	7,13	15,28
	26b	8,4	8,15	
27	27a	4,34	4,21	8,48
	27b	4,4	4,27	
Total		217	210,49	210,49

V.5. Choix du type et de diamètre de la borne

Le choix du type de la borne dépend de la surface à desservir par la borne :

Pour les surfaces $S \leq 15$ ha on prend la Borne à deux prises ;

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

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

Tableau V.2 : Choix du diamètre de la borne

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

Les diamètres des bornes et des prises sont présentés dans le tableau V.3.

Tableau V.3 : Les diamètres des bornes et des prises

N° de l'ilot d'irrigation	débit de la prise l/s	débit brut de la borne (l/s)	Diamètre des prises (mm)	Type de borne et bec de sortie
1	4,18	4,18	65	borne d'irrigation type a à 1 bec de sortie
2	5,50	5,50	65	borne d'irrigation type a à 1 bec de sortie
3	5,19	5,19	65	borne d'irrigation type a à 1 bec de sortie
4	5,50	5,50	65	borne d'irrigation type a à 1 bec de sortie
5	3,81	3,81	65	borne d'irrigation type a à 1 bec de sortie
6	2,47	8,95	65	borne d'irrigation type a à 2 bec de sortie
	6,48		65	
7	3,37	7,04	65	borne d'irrigation type a à 2 bec de sortie
	3,68		65	
8	4,43	4,43	65	borne d'irrigation type a à 1 bec de sortie
9	4,58	4,58	65	borne d'irrigation type a à 1 bec de sortie
10	8,09	8,09	100	borne d'irrigation type a à 1 bec de sortie
11	4,56	8,15	65	borne d'irrigation type a à 2 bec de sortie
	3,59		65	
12	5,35	10,82	65	borne d'irrigation type a à 2 bec de sortie
	5,46		65	
13	7,16	7,16	65	borne d'irrigation type a à 1 bec de sortie
14	5,26	5,26	65	borne d'irrigation type a à 1 bec de sortie
15	8,48	8,48	65	borne d'irrigation type a à 1 bec de sortie
16	8,23	14,95	100	borne d'irrigation type b à 2 bec de sortie
	6,72		65	
17	5,59	5,59	65	borne d'irrigation type a à 1 bec de sortie
18	8,57	8,57	100	borne d'irrigation type a à 1 bec de sortie
19	6,98	13,61	65	borne d'irrigation type b à 2 bec de sortie
	6,63		65	
20	5,21	14,91	65	borne d'irrigation type b à 3 bec de sortie
	3,10		65	
	6,60		65	
21	8,88	8,88	100	borne d'irrigation type a à 1 bec de sortie
22	5,29	5,29	65	borne d'irrigation type a à 1 bec de sortie
23	4,93	4,93	65	borne d'irrigation type a à 1 bec de sortie
24	5,38	5,38	65	borne d'irrigation type a à 1 bec de sortie
25	7,50	7,50	65	borne d'irrigation type a à 1 bec de sortie
26	7,13	15,28	65	borne d'irrigation type b à 2 bec de sortie
	8,15		100	
27	4,21	8,48	65	borne d'irrigation type a à 2 bec de sortie
	4,27		65	

V.6. Caractéristiques de la conduite principale (CP) et le réseau de distribution

V.6.1. Choix du type de matériau

Il n'existe pas de matériels présentant tous les avantages. Le choix des tuyaux sera donc un compromis accepté par l'agriculteur en fonction de ses contraintes d'investissement, de temps, économiques, etc.

V.6.1.1 La fonte ductile

Les tuyaux en fonte ductile sont les plus résistants, utilisés lorsque les pressions d'utilisation sont élevées (16 bars et plus), un produit de métallurgie avancé.

La fonte ductile offre la marge de sécurité la plus élevée possible contre les pannes de service dues au mouvement du sol et aux contraintes de poutre. virtuellement incassable dans un service utilitaire ordinaire, elle offre aussi une résistance accrue au bris causé par une manipulation rude lors de l'expédition et de l'installation.

La résistance à la corrosion du tuyau en fonte ductile a été éprouvée dans tout un éventail de tests accélérés et s'est avérée au moins aussi bonne que celle de la fonte grise.

Tableau V.4 : Les caractéristiques de la gamme de produits des tubes en fonte ductile

Diamètres (DN) (mm)	80-100-125-150-200-250-300-350-400-450-500-600-700-800-900-1000
Longueur (m)	0,5 - 6
PN (bars)	10-16-25
Branchements	Soudure ou raccords
Durée de vie estimée (ans)	100

Source : GROUPE CHIALI

V.6.1.2. Le plastique

Les tuyaux en plastique bien que moins résistants mécaniquement que tuyaux métalliques sont très employés en irrigation pour des pressions d'utilisation allant jusqu'à 16 bars. Quatre qualités principales distinguent ce tuyau des tuyaux métalliques :

- Légèreté (densité spécifique entre 0,9 et 1,4) ;
- Grand résistance aux corrosions de l'air et de l'eau ;
- Grand pouvoir isolant électrique et thermique ;
- Facilité de les coller à froid ou de les souder à basse température.

Dans l'irrigation on utilise principalement deux matières plastiques : le **chlorure polyvinyle (PVC)** (polymère du chlorure de vinyle $H_2C = CHCl$), et le **polyéthylène (PE)** qui selon le procédé de

polymérisation de l'éthylène $H_2C = CH_2$ a une densité spécifique dite basse (**PEBD**), autour de 0,93, ou une densité dite haute (**PEHD**) autour de 0,99.

Les canalisations en PVC sont assez rigides à l'inverse des canalisations en PE. Les tuyaux en PE à basse densité (PEBD), souples, permettent leur enroulement. Les tuyaux en PE à haute densité (PEHD), ont une plus grande rigidité et une meilleure résistance à la chaleur que les précédents et leur utilisation est en nette progression.

Tableau V.5 : Les caractéristiques de la gamme de produits des tubes en PVC

Diamètres (DN) (mm)	20-40-50-63-75- 90-110-125-160-200-250-315-400-500-630
Longueur (m)	6
PN (bars)	PN 6 - PN 10 et PN 16
Branchements	Soudure à la colle ou raccords à pression par joints caoutchouc
durée de vie estimée (ans)	50

Source : GROUPE CHIALI

Tableau V.6 : Les caractéristiques de la gamme de produits des tubes en PEHD

Diamètres (DN) (mm)	63- 75- 90-110-125-160-200-250-315-400-500-630
Longueur (m)	Couronne de 100 m pour DN 20 à 63 mm. Couronne de 50 pour DN 75- 90- 110mm. Barre droite de 12 m à partir du DN 125 mm
PN (bars)	PN 10 et PN 16
Branchements	Soudure a basse température ou raccords
durée de vie estimée (ans)	50

Source : GROUPE CHIALI

Tableau V.7 : Les caractéristiques de la gamme de produits des tubes en PEBD

Diamètres (DN) (mm)	16 – 20 – 32 – 40 – 50 – 63 – 90 - 110 mm
Longueur (m)	Couronne de 100 m
PN (bars)	PN 4
Branchements	Soudure a basse température ou raccords
durée de vie estimée (ans)	50

Source : GROUPE CHIALI

Dans notre étude, nous utiliserons les conduites en PEHD grâce a :

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

V.6.2. Calcul des diamètres des canalisations

Le diamètre de la conduite principal et du réseau de distribution sera calculé sur la base d'une vitesse idéale.

$$D_{cal} = \sqrt{\frac{4Q_{dim}}{\pi \cdot V_{ideal}}}$$

Où :

D_{cal} : Diamètre calculé (théorique) de tronçon considéré en (m) ;

Q_{dim} : Débit véhiculé par le tronçon considéré en (m³/s) ;

V_{ideal} : Vitesse admissible idéale choisi en (m/s).

La fixation d'un seuil minimum de vitesse admissible dans les conduites, ne correspond pas véritablement à un impératif technique et n'a pour objectif, que l'introduction d'un seuil raisonnable de diamètre maximum envisagé, pour transiter un débit donné. Ceci nous permettra d'accélérer le calcul d'optimisation.

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

Tableau V.8 : Seuil des vitesses admissibles en fonction des diamètres dans les conduites gravitaires

Diamètre (mm)	100	125	150	200	250	300	350	400	500
Vitesse minimum (m/s)	0,20	0,25	0,25	0,35	0,40	0,40	0,40	0,50	0,50
Vitesse maximum (m/s)	1,80	1,85	1,95	2,00					

Nous choisissons une vitesse moyenne de 1.3 m/s, admissible pour tous les diamètres.

Après avoir déterminé le diamètre calculé on choisit un diamètre normalisé ou commercialisé (qui diffère généralement de celui calculé) : $D_{nor} \geq D_{cal}$

On calcul les vitesses obtenus par la normalisation des diamètres. Les résultats du calcul des diamètres de chaque tronçon sont présentés dans le tableau V.9.

Tableau V.9 : Diamètres des canalisations et vitesses d'écoulement

Tronçon	L (m)	Q (l/s)	Q (m³/s)	D_{cal} (m)	D_{cal} (mm)	D_{nor} (mm)	V_{cal} (m/s)
B1-N1	133,64	4,18	0,00418	0,064	64,000245	75	0,95
B3-N1	75,1	5,19	0,00519	0,071	71,31439	75	1,18
N1-N2	167,6	9,37	0,00937	0,096	95,821572	110	0,99
B4-N2	91,38	5,5	0,0055	0,073	73,413316	75	1,25
N2-N3	21,2	14,87	0,01487	0,121	120,71159	125	1,21
B2-B5	178,02	5,5	0,0055	0,073	73,413316	75	1,25
B5-N3	110,5	9,31	0,00931	0,096	95,514287	110	0,98
N3-N4	97	24,18	0,02418	0,154	153,92942	160	1,20
B6-N4	12,81	8,95	0,00895	0,094	93,649403	110	0,94
N4-N5	113,6	33,13	0,03313	0,180	180,17902	200	1,06
B7-N5	78,94	7,04	0,00704	0,083	83,057686	90	1,11
N5-N6	117,1	40,17	0,04017	0,198	198,40125	200	1,28
B8-B9	99,81	4,43	0,00443	0,066	65,886336	75	1,00
B9-N6	118,83	9,01	0,00901	0,094	93,962787	110	0,95
N6-N7	86,9	49,18	0,04918	0,220	219,52691	250	1,00
B11-N7	81,63	8,15	0,00815	0,089	89,365996	110	0,86
N7-N8	22	57,33	0,05733	0,237	237,01971	250	1,17
B10-N8	88,57	8,09	0,00809	0,089	89,036434	110	0,85
N8-N9	246,5	65,42	0,06542	0,253	253,19129	315	0,84
B12-N9	170,62	10,82	0,01082	0,103	102,96915	110	1,14
N9-N10	208,5	76,24	0,07624	0,273	273,32851	315	0,98
B15-N10	149,53	8,48	0,00848	0,091	91,157293	110	0,89
N10-N11	106,65	84,72	0,08472	0,288	288,12867	315	1,09
B13-B14	87,49	7,16	0,00716	0,084	83,762572	90	1,13
B14-B16	270,87	12,42	0,01242	0,110	110,32001	125	1,01
B16-N11	88,42	27,37	0,02737	0,164	163,7687	200	0,87
N11-N12	251	112,09	0,11209	0,331	331,41864	400	0,89
B17-B19	252,1	5,59	0,00559	0,074	74,011533	90	0,88
B19-N12	96,6	19,2	0,0192	0,137	137,16525	160	0,96
N12-N13	440,5	131,29	0,13129	0,359	358,68178	300	1,86
B18-B20	342,57	8,57	0,00857	0,092	91,639752	110	0,90
B20-N13	126,44	23,48	0,02348	0,152	151,68497	160	1,17
N13-N14	32,1	154,77	0,15477	0,389	389,43671	400	1,23
B21-N14	119,52	8,88	0,00888	0,093	93,282457	110	0,93
N14-N15	179,2	163,65	0,16365	0,400	400,45295	500	0,83
B26-B25	114,89	15,28	0,01528	0,122	122,36442	125	1,25

Suite Tableau V.9 : Diamètres des canalisations et vitesses d'écoulement

B25-B22	277,34	22,78	0,02278	0,149	149,4068	160	1,13
B22-B23	67,3	28,06	0,02806	0,166	165,82016	200	0,89
B23-N15	50,2	32,99	0,03299	0,180	179,79792	200	1,05
N15-N16	63,6	196,64	0,19664	0,439	438,96453	500	1,00
B27-B24	223,99	8,48	0,00848	0,091	91,157293	110	0,89
B24-N16	76,15	13,86	0,01386	0,117	116,54003	125	1,13
N16-P	733,46	210,5	0,2105	0,454	454,17115	500	1,07

V.6.3. Calcul de perte de charge dans les conduites

La loi de perte de charge employée et celle de **Calmon et Lechapt**, donnée par la formule suivante :

$$j = \frac{Q^M}{D^N} L$$

Avec :

j : Perte de charge unitaire en (m/km) ;

Q : Débit de la conduite en (m³/s) ;

D : Diamètre de la conduite en (m) ;

L, M et N : Constantes dépendantes de la rugosité absolue des canalisations.

Pour le PEHD : $L = 1,2$; $M = 1,89$ et $N = 5,01$.

Généralement les pertes de charges singulières dans un réseau représentent environ 10 % des pertes linéaires des conduites d'adduction, donc en prenant : $k=10\%$.

$$\Delta H = j \times L$$

Les résultats des calculs sont présentés dans le tableau ci dessous :

Tableau V.10 : Pertes de charge dans les canalisations

Tronçon	L (m)	Q (l/s)	D_{nor} (mm)	Perte de charge total Δ Ht (m)
B1-N1	133,64	4,18	75	3,381
B3-N1	75,1	5,19	75	2,860
N1-N2	167,6	9,37	110	2,671
B4-N2	91,38	5,5	75	3,884
N2-N3	21,2	14,87	125	0,417
B2-B5	178,02	5,5	75	7,566
B5-N3	110,5	9,31	110	1,740
N3-N4	97	24,18	160	1,327
B6-N4	12,81	8,95	110	0,187
N4-N5	113,6	33,13	200	0,885
B7-N5	78,94	7,04	90	2,077
N5-N6	117,1	40,17	200	1,313
B8-B9	99,81	4,43	75	2,818
B9-N6	118,83	9,01	110	1,759
N6-N7	86,9	49,18	250	0,449
B11-N7	81,63	8,15	110	1,000
N7-N8	22	57,33	250	0,152
B10-N8	88,57	8,09	110	1,069
N8-N9	246,5	65,42	315	0,658
B12-N9	170,62	10,82	110	3,569
N9-N10	208,5	76,24	315	0,743
B15-N10	149,53	8,48	110	1,974
N10-N11	106,65	84,72	315	0,464
B13-B14	87,49	7,16	90	2,376
B14-B16	270,87	12,42	125	3,788
B16-N11	88,42	27,37	200	0,480
N11-N12	251	112,09	400	0,536
B17-B19	252,1	5,59	90	4,289
B19-N12	96,6	19,2	160	0,855
N12-N13	440,5	131,29	300	5,647
B18-B20	342,57	8,57	110	4,613
B20-N13	126,44	23,48	160	1,636
N13-N14	32,1	154,77	400	0,126
B21-N14	119,52	8,88	110	1,721
N14-N15	179,2	163,65	500	0,246
B26-B25	114,89	15,28	125	2,377
B25-B22	277,34	22,78	160	3,389

Suite Tableau V.10 : Pertes de charge dans les canalisations

B22-B23	67,3	28,06	200	0,383
B23-N15	50,2	32,99	200	0,388
N15-N16	63,6	196,64	500	0,123
B27-B24	223,99	8,48	110	2,956
B24-N16	76,15	13,86	125	1,310
N16-P	733,46	210,5	500	1,619

V.6.4. Calcul de pression aux bornes et nœuds

La pression au point X est donnée par la relation :

$$P = H - \Delta H - Z$$

H : La charge totale ;

ΔH : La somme des pertes de charge en amont de point X ;

Z : L'altitude de point X.

Les résultats des calculs sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Tableau V.11 : La pression aux bornes et nœuds en (m.c.e)

Borne ou nœud	Cote terrain aval Z (m)	cote piézométrique (m)	Pression au point P(m)
P	26,8	107,35	80,55
N16	34,4	105,73	71,33
B24	37,2	104,42	67,22
B27	36,8	101,46	64,66
N15	35,9	105,61	69,71
B23	33,3	105,22	71,92
B22	30	104,83	74,83
B25	29,5	101,45	71,95
B26	34,3	99,07	64,77
N14	32	105,36	73,36
B21	27,1	103,64	76,54
N13	30,8	105,23	74,43
B20	31,1	103,40	72,30
B18	24,9	98,98	74,08
N12	25,1	99,58	74,48

Suite Tableau V.11 : La pression aux bornes et nœuds en (m.c.e)

B19	24	98,73	74,73
B17	22,1	94,44	72,34
N11	22	99,04	77,04
B16	22	98,56	76,56
B14	22,3	94,78	72,48
B13	21,1	92,40	71,30
N10	21	98,58	77,58
B15	20,5	96,60	76,10
N9	20	97,84	77,84
B12	19,8	94,27	74,47
N8	24	97,18	73,18
B10	23	96,13	73,13
N7	24,2	97,03	72,83
B11	24,4	96,02	71,62
N6	23,4	96,58	73,18
B9	23,8	94,82	71,02
B8	23	92,00	69,00
N5	22,8	95,27	72,47
B7	22,6	93,19	70,59
N4	21,5	94,39	72,89
B6	21,3	94,20	72,90
N3	20,6	93,60	73,00
B5	20,4	91,86	71,46
B2	16	84,90	68,90
N2	20,2	93,18	72,98
B4	20	89,30	69,30
N1	16	90,51	74,51
B3	16	87,65	71,65
B1	12	87,13	75,13

Discussion des résultants

D'après le tableau de calcul de pression obtenue, on remarque que les pressions des bornes et des nœuds sont dans les limites que notre conduite va résister, mais lorsque le barrage est plein nous risquons d'avoir des pressions assez grande sa va endommager notre conduite alors comme solution nous avons installé une brise charge au niveau de picage qui va diminuer cette pression par une valeur de **3 bars**.

Conclusion

A partir de ce chapitre on a proposé une variante plus classique pour projeter notre réseau d'adduction et de distribution, cette variante consiste en la projection d'une conduite maîtresse enterrée, de différents diamètres (500 à 75 mm), le matériau proposé est le PEHD à 10 bars.

27 bornes d'irrigation et robinets vannes sous regards sont proposés au niveau des ilots.

Le calcul de perte de charge dans les conduites est fait par la formule de Lechapt et Calmon pour une conduite en PEHD, ainsi, on a déterminé les pressions au niveau de chaque borne et nœud.

CHAPITRE VI :

Etude des techniques d'irrigation des cultures

Introduction

L'humidité du sol à l'état naturel est souvent insuffisante, et pour garantir un rendement optimum des cultures, on a recours à l'irrigation. Il existe plusieurs techniques ou modes d'irrigation. Dans ce chapitre on va étudier ces différentes techniques puis on va choisir la technique qui correspond avec les caractéristiques de notre périmètre.

VI.1 L'irrigation de surface

Cette technique nécessite un gros volume d'eau par unité de surface, le procédé repose sur la distribution de l'eau en utilisant la pente topographique. Elle est subdivisée en :

- **VI.1. L'irrigation par ruissellement**

Cette méthode consiste à faire couler l'eau sur la surface du sol qui s'y infiltre verticalement. On laisse l'eau s'écouler le temps qu'il faut pour le sol puisse s'humecter jusqu'à la profondeur de la couche active.

- **VI.1.1. L'irrigation par submersion**

Elle se pratique en recouvrant le sol avec une couche d'eau épaisse qui séjournera le temps nécessaire par la quelle s'infiltre à la profondeur utile. Cette profondeur est fonction des besoins nécessaires pour la croissance des plantes.

Cette méthode reste valable dans le cas des terrains perméable et de pente inférieure à 2 %.

L'eau coule dans les fossés, rigoles ou raies et s'infiltre latéralement dans le sol jusqu'aux racines des plantes.

- **a) Les avantages de l'irrigation de surface**

- Les investissements pour l'équipement sont peu élevés ;
- Pas de dépense pour la mise sous pression de l'eau ;
- possibilité de lessivage sans risques d'érosion ;

- **b) les inconvénients**

- Pertes importantes d'eau ;
- Temps d'irrigation important ;
- Nécessité de nivellement du terrain.
- Main d'œuvre importante.

VI.1.1.2. L'irrigation par surpression : l'eau est acheminée aux cultures par pompage artificiel.

- **VI.1.2. L'irrigation par aspersion**

L'eau est acheminée aux cultures sous forme de pluie artificielle, grâce au différents asperseurs alimentés en eau sous pression.



Figure. VI.1 : l'irrigation par aspersion

▪ **a) Les avantages**

- Ne nécessite aucun aménagement préalable de la surface à irriguer
- Provoque une forte oxygénation de l'eau projetée en pluie
- Economie d'eau
- Favorise les conditions ambiantes
- Possibilité d'automatisation du système d'irrigation
- Nécessite moins de mains d'œuvres

▪ **b) les inconvénients**

- Coût élevé (prix d'achat du matériel très important) ;
- Tassement du sol ;
- Favorise le développement des mauvaises herbes ;
- Le déplacement des conduites après arrosage peut être difficile ;
- L'homogénéité de l'arrosage est dégradée si la vitesse de vent est importante ;
- En cas d'utilisation des eaux salées, il y'aura danger pour le feuillage.

▪ **VI.1.3. l'irrigation localisée (goutte à goutte)**

L'irrigation localisée apporte l'eau nécessaire directement au pied des végétaux. Ce sont des systèmes très utilisés en maraichage, en arboriculture et en horticulture. Le plus connu de ces principes est sans doute le «goutte à goutte », d'autres systèmes existent également tels que les tubes poreux alignés sur le sol ou mini-asperseurs. Ces derniers sont utilisés notamment en arboriculture (Mekki, 1988). L'eau est acheminée aux cultures au moyen de tuyaux munis de goutteurs et s'écoule par ceux-ci sous forme de gouttes avec un faible débit.



Figure. VI.2 : Système d'irrigation localisée

VI.1.3.1 Composition d'une installation goutte à goutte

1- Point de fourniture d'eau :

Une crépine filtrante peut être nécessaire si la ressource en eau, constituée par un petit barrage (lac collinaire) ou un cours d'eau, contient de la matière organique ou des particules en suspension, mais non si elle est relativement propre (Veschambre & Vaysse, 1980).

2- L'unité de tête :

Cette unité est reliée au point de fourniture d'eau elle permet de réguler la pression et le débit, de filtrer l'eau et d'y introduire des éléments fertilisants. Parfois, des régulateurs de pression et des filtres secondaires sont placés en tête des porte-rampes ou même des rampes.

Pour introduire des éléments fertilisants, on utilise le plus souvent un réservoir que l'on remplit d'engrais solubles, azote en particulier : c'est un petit récipient sous pression avec une entrée et une sortie.

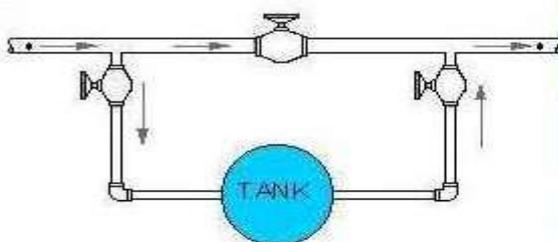


Figure VI.3 : Dilueur d'engrais

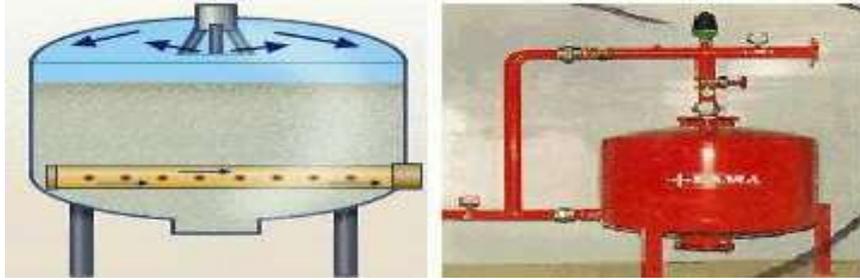


Figure VI. 4: Filtre à gravier

3. Conduites et rampes

- La conduite principale

C'est la conduite qui relie au point de fourniture d'eau les divers porte-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.

- Le porte-rampes

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

- Les rampes

Ce sont les conduites qui généralement en PEBD (polyéthylène basse densité), et sont équipés de distributeurs. Les distributeurs y sont fixés avec un espacement prédéterminé.

- 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 (quelques l/h). Il existe de nombreux types différents, des ajutages ou des mini diffuseurs dont le débit est un peu plus important (quelques dizaines de l/h).

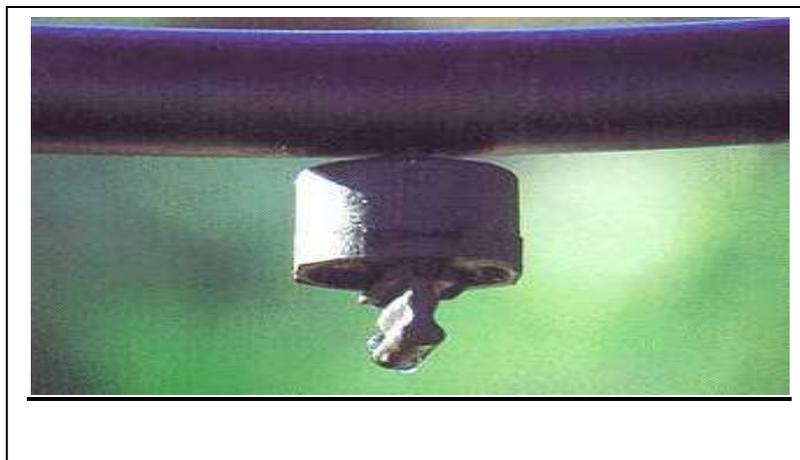


Figure VI.5 : Goutteur

Différents types de distributeurs

- 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.

- Gaines: destinée aux cultures maraîchères, peut être utilisée pour les vergers; elles assurent conjointement un rôle de transport et de distributeur.

- Tubes poreux: la paroi à structure poreuse laisse passer l'eau, ils sont généralement enterrés.

- 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.

a- Qualité de l'eau

C'est un élément essentiel dont vont dépendre les risques de colmatage des distributeurs. Les eaux de mauvaise qualité (trop chargées) 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.

b- 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 retraites.

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

c- Nature des cultures

Pour les cultures pérennes, telles que les arbres fruitiers, vignes, ou 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 ou 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.

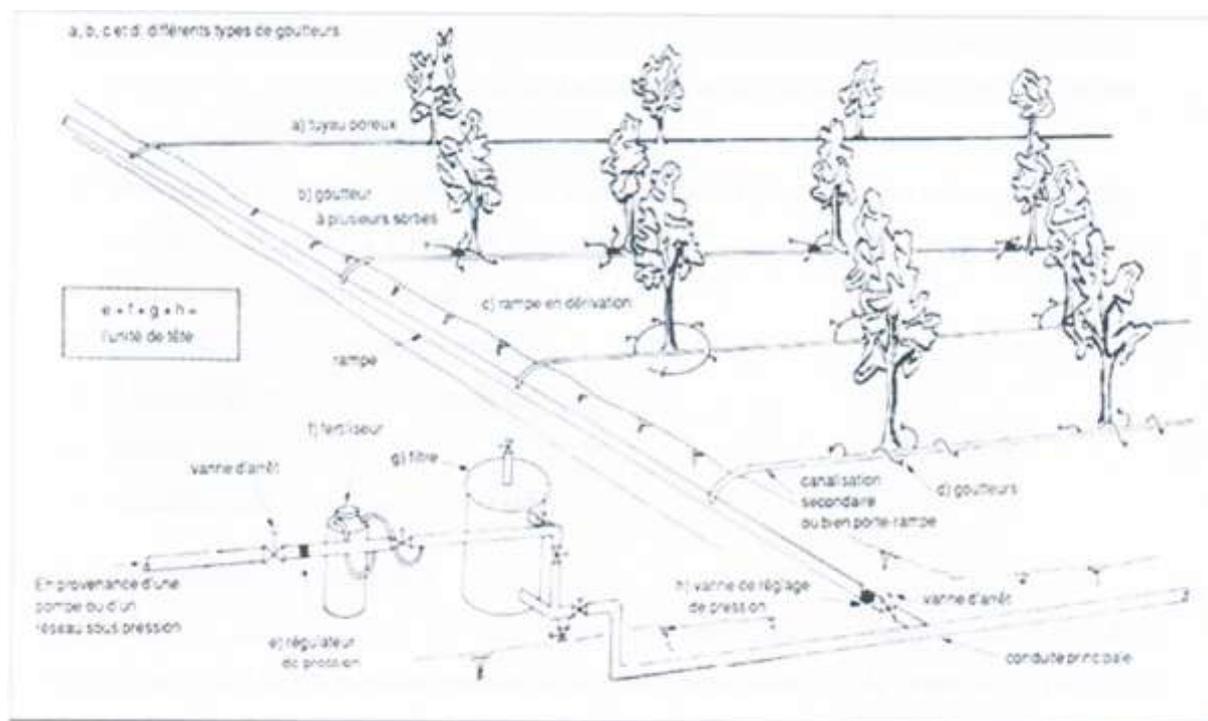


Figure VI.6 : Schéma type d'un réseau d'irrigation en goutte à goutte

a) Les Avantages de la technique du goutte à goutte

- Meilleur développement des cultures dû à l'humidification permanent de la couche active de sol ;
- Economie d'eau et de la main d'œuvres (système fixe) ;
- Réduction des mauvaises herbes ;
- Réduction de l'évaporation ;
- Economie d'engrais ;
- Possibilité d'automatisation ;

b) Les inconvénients du goutte à goutte

- Coût très élevé du matériel ;
- Risque d'obstruction des goutteurs ;
- Nécessité d'une main d'œuvres spécialisés ;
- Apte seulement pour les cultures en ligne (arboricoles et maraîchères).

VI.3 . Choix de la technique d'arrosage

Pour pouvoir choisir la technique d'irrigation convenable , il est nécessaire de savoir les contraintes de chaque type d'arrosage (Boulifa, 2011).

Une analyse multicritères du choix des techniques d'arrosage basée sur les différents contraintes , résume le choix adéquat pour le zone considérée.

Tableau VI. 1 : Analyse multicritères de choix de technique d'arrosage

Contraintes	Irrigation de surface		Irrigation par Aspersion	Irrigation localisée
	Par Rigole	Par Planche		
• Contraintes naturelle				
▪ Evaporation	+	+	++	++
▪ Vent	+++	+++	++	+++
▪ Texture (limono-argileuse)	++	++	++	+++
▪ Perméabilité (moy)	++	++	+++	++
▪ Pente (<0.5%)	+++	+++	+++	+++
▪ Qualité d'eau d'irrigation (bonne)	+++	+++	+++	+++
• Contraintes agronomique				
▪ Maraîchage	+++	++	++	+++
▪ céréales	x	x	+++	x
▪ arbres	+++	+	x	+++
• C. technique				
▪ Personnel qualifié	+++	+++	+++	+++
• économie d'eau	x	x	++	+++

Remarque :

x: Déconseillé ; +: Adapté avec réserve;

++ : Adapté ; +++ : Très Adapté

Conclusion

En tenant compte des conditions climatiques de la région d'étude, de la nature du sol, de l'aptitude culturale et du volume d'eau disponible ; on peut choisir les techniques d'irrigation par aspersion et par goutte à goutte, ces deux techniques présentent beaucoup d'avantage par rapport à la technique d'irrigation de surface, qui exigent des volumes d'eau importants, et aboutissent à des rendements agricoles faibles.

Donc pour l'irrigation des cultures (céréalières et fourragères) on opte pour l'irrigation par aspersion, pour l'arboriculture et certaines cultures maraichères on opte pour l'irrigation goutte à goutte.

CHAPITRE VII :

Le réseau d'irrigation goutte à goutte

Introduction

Le présent chapitre concerne le dimensionnement du réseau d'irrigation localisée (le système goutte à goutte), dont les principales caractéristiques ont été définies précédemment. Pour ce projet, nous avons choisi d'étudier la culture de la tomate qui connaissent un engouement dans la région de Jijel, et cela vu les qualités agronomiques et commerciales de cette culture.

VII.1. Données générales

Le dimensionnement du réseau d'irrigation localisée nécessite la connaissance de données de base comme la surface de la parcelle, les besoins journaliers et le temps maximum journalier de travail (Bendada, 2013).

Le réseau d'irrigation sera installé sur l'ilot n° 8 alimentée par la borne n° 8 (borne à une prise) et dont les pressions calculées sont de l'ordre de 6,9 bars, ce qui est largement suffisant. La surface de l'exploitation est de 4,57 hectares.

Culture : Tomate

- Espacement entre arbres : 1 m.
- Espacements entre rangs : 1 m.
- Besoins de pointe 103,35 mm.

Caractéristique du goutteur :

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

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

VII.2.1. Influence du taux de couverture du sol

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

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

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

- KELLER et KARMELI (1974) :

$$Kr = \frac{Cs}{0.85}$$

- La formule de Freeman et Garzoli :

$$Kr = Cs + 0.5(1 - Cs)$$

- La formule de Decroix (CTGREF) :

$$Kr = 0.1 + Cs$$

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

Kr = 0.71 selon Keller et Karmeli.

Kr = 0.80 selon Freeman et Garzoli.

Kr = 0.70 selon Decroix (CTGREF).

On prendra un coefficient $Kr = 0.80$

$$B_{ji} = B_j * K_r \quad (B_j = 3,33 \text{ mm/jour})$$

$$B_{ji} = 3,33 * 0,8 = \mathbf{2,67 \text{ mm/j}}$$

VII.3. Dose nette (dose pratique)

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

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

$$D_p = (H_{cc} - H_{pf}) \cdot Y \cdot D_A \cdot Z$$

Tel que : H_{cc} : humidité à la capacité au champ (22 %).

H_{pf} : humidité au point de flétrissement (10 %).

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

Z : profondeur d'enracinement en (1000 mm).

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

$$D_p = (22 - 10) / 100 \cdot 1000 \cdot 2/3 \cdot 1 = 80 \text{ mm.}$$

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

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

P : Volume du sol humidifié ;

N : Nombre de point de distribution par arbre (égal à 1) ;

S_{pd} : Distance entre deux points de distribution voisins du même arbre (0,5 m) ;

S_h : Largeur de la bande humidifiée (0,5 m) ;

S_r : Ecartement entre rangs d'arbre (1) ;

S_a : espacement des arbres sur les rangs (1).

$$P = 25\%$$

Donc la dose nette corrigée devient :

$$D_p = D_p = 80 \times 0,25 = \mathbf{20 \text{ mm.}}$$

VII.4 .Calcul de la dose brute

$$D_{brute} = \frac{D_p * 0,25}{C_u * eff} = \frac{80 * 0,25}{0,9 * 0,9} = 24,7 \text{ mm /mois}$$

C_u : coefficient d'uniformité $C_u = 90 \%$.

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

VII.5. Fréquence des arrosages

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

$$Fr = \frac{Dose \ nette}{B_{jl}} = \frac{20}{2,67} = 7,49 \text{ jours}$$

Donc on prend un intervalle de **7 jours**.

On recalcule la nouvelle dose réelle :

$$D_r = 7 * 2,67 = \mathbf{18,67 \text{ mm}}$$

Et la dose brute :

$$D_{brute} = \frac{D_r}{C_u * eff} = \frac{18,67}{0,9 * 0,9} = \mathbf{23,05 \text{ mm}}$$

VII.6. Durée d'arrosage par mois

$$\theta = \frac{Db * Sa * Sr}{n * qg} = \frac{23,05 * 1 * 1}{1 * 2} = 11,52 \text{ heures/mois}$$

VII.7. Durée d'arrosage journalier :

$$Dj = \frac{\text{durée d'arrosage}}{Fr} = \frac{11,52}{7} = 1,65 \text{ heures}$$

VII.8. Nombre de poste : Le nombre de poste par jour est défini comme suit :

$$N = \frac{\text{Temps de travail}}{\text{Durée d'arrosage journalier}} = \frac{20}{2} = 10 \text{ postes}$$

VII.9. Surface de la parcelle

$$Sp = \frac{\text{Surface totale}}{\text{Nombre de poste}} = \frac{4,57}{10} = 0,457 \text{ ha}$$

VII.10. Calculs hydrauliques

VII.10.1 .Conditions hydrauliques

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

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

La variation maximale de la pression :

$q = K.H$ avec : $x = 0,5$ (caractéristique du goutteur)

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

Telle que :

$q(g)$: débit nominal du goutteur.

$H(n)$ pression nominal.

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

$$\Delta H (\text{max}) = 1/0,5 = 2 \text{ mce.}$$

VII.10.2.Le débit

$$Qr = Qg * Nr$$

$$Qpr = Qr * Nr$$

Avec:

Qr : Débit de rampe.

Qg: Débit de goutteur.

Ng/r : Nombre des goutteurs par rampe.

Nr : Nombre des rampes.

Qpr: Débit de porte rampe.

D'où :

La longueur de la rampe (Lr) : 74 m.

La longueur de la porte rampe (Lpr): 140 m.

La longueur de la conduite secondaire (Ls) : 1 m.

VII.10.2.1. Le nombre d'arbres par rampe

$N \text{ arbres} = Lr/Er = 74/1 = 74 \text{ arbres}$

VII.10.2.2. Nombre de goutteurs par rampe

$Ng = N_{\text{arbres}} * n = 74 * 1 = 74 \text{ goutteurs}$

VII.10.2.3. Le nombre de rampes

$Nr = Lpr/Er = 140/1 = 140 \text{ rampes}$

VII.10.2.4. Débit de la rampe

$$Qr = Ng * Qg$$

$$Qr = 74 * 2 = 148 \text{ l/h}$$

VII.10.2.5. Débit de la porte rampe

$$Qpr = Qr * Nr = 148 * 140 = 20720 \text{ l/h}$$

VII.10.2.6. Débit de la conduite secondaire

Etant donné que nous avons 1 porte rampe :

$$Qcsl = Qpr * Npr = 20720 * 1 = 20720 \text{ l/h.}$$

VII.11. Dimensionnement des différentes parties du réseau :

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

le diamètre de rampes ainsi que des porte rampes est calculé d'après les formule suivante :

$$\varnothing r(cal) = \left[\frac{P. d. c (r) * 2,75}{0,478 * Q(r)^{1.75} L(r)} \right]^{-\frac{1}{4.75}}$$

$$\varnothing pr(cal) = \left[\frac{P. d. c (pr) * 2,75}{0,478 * Q(pr)^{1.75} L(pr)} \right]^{-\frac{1}{4.75}}$$

Avec :

- Pdc(r) :la perte de charge dans la rampe.
- Q(r) :le débit de la rampe en l/h.
- L(r) : la longueur de la rampe en m.
- Ør(cal) :le diamètre de rampes.
- Øpr(cal) :le diamètre de porte rampe.

VII.12. Vérification des pertes de charges :

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

La perte de charge unitaire

$$i = \frac{0,478}{2,75} \cdot D^{-4.75} \cdot Q^{1.75}$$

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

$$j = \frac{L}{2.75} \cdot i$$

Où :

L : la longueur de la conduite ;

Q : débit (l/h) ;

D : diamètre intérieur de la canalisation ;

VII.13 .Calculs hydrauliques de la rampe

Tableau VII.1 : Caractéristique de la conduite de la rampe

Culture	Surface (ha)	Lr(m)	Ng	Qr (l/h)	hr(m)	Dcal (mm)	Dn (mm)	Vitesse m/s	hcal(m)
Tomate	4,57	47	74	148	1,2	10.39	16	0,204	0,056

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

VII.14 .Calculs hydrauliques de la porte rampe

Tableau VII.2 : Caractéristiques de la conduite de la porte rampe

Culture	Surface (ha)	Lpr(m)	Nr	Qpr (l/h)	hpr(m)	Dcal (mm)	Dn (mm)	Vitesse (m/s)	hcal(m)
Tomate	4,57	140	140	20720	0.6	84.87	90	0,904	0,164

La valeur de la perte de charges calculée est inférieure à 0,6 mce (hpr max).

D'après les deux tableaux précédents, on voit que les pertes de charges totales n'ont pas dépassé la limite imposée par la règle de Christiansen $h_{tot}=0,221 < 1,8$.

VII.15.Calcul des diamètres de la conduite secondaire

La conduite secondaire alimente l'ilot n° 8 ayant des surfaces respectivement de 4,57.

Pour calculer le diamètre on doit fixer la vitesse d'écoulement (valeur optimale) d'environ 1,05 m/s tel que :

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot V}}$$

Avec :

Q : débit de la conduite considérée (m³/s);

V : Vitesse d'écoulement (m/s).

VII.15.1. Calcul de caractéristique de conduites secondaires

Tableau VII.3 : Caractéristique de la conduite secondaire

culture	Surface ha	L(m)	Q (l/h)	V supposée (m/s)	Dcal (mm)	Dn (mm)	Vcal (m/s)	hcal (m)
tomate	4.57	1	20720	1.05	85.4	90	0,905	0,003

VII.17. La pression d'eau à la borne de distribution

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

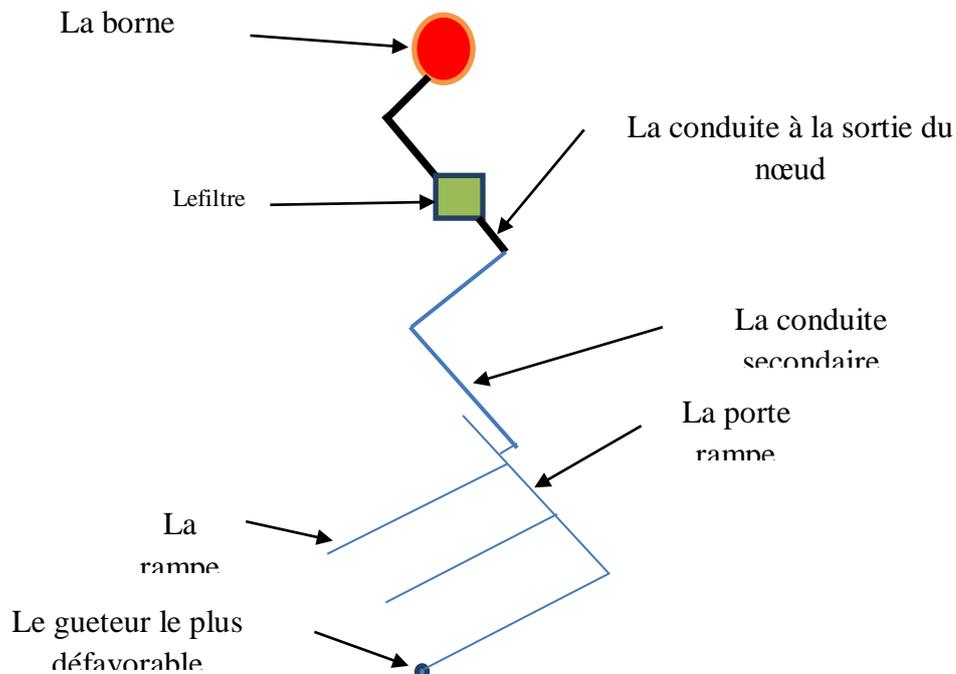


Figure VII.1: Schéma explicatif de la desserte borne-goutteur

Tableau VII.5 : Les pertes de charge de la borne jusqu'au gouteur le plus défavorable

	La rampe	Porte rampe	Conduite secondaire
Longueur(m)	74	140	1
Diamètre(m)	16	90	90
Débit (m ³ /s)	0,0004	0,0057	0,006
Pertes de charge (m)	0,056	0,165	0,003

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

$$P = 10 + 0,056 + 0,165 + 0,003 = 10,224 \text{ m}$$

Les pertes de charges ainsi que la pression calculée est de l'ordre de 1.2 bars ce qui est suffisant pour effectuer le système goutte à goutte dans cette parcelle.

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons abordé le dimensionnement d'un réseau goutte à goutte, pour un type de culture (la tomate).

En irrigation gravitaire, cette culture consomma des volumes d'eau importants, de plus les rendements sont généralement faibles. Avec l'irrigation localisée, non seulement nous avons une efficacité de l'eau d'irrigation, mais aussi des rendements des cultures très élevés, ce qui permettra d'intensifier les cultures maraichères dans cette région humide (W. Jjel).

CHAPITRE VIII :

Organisation de chantier et planification des travaux

Introduction

L'organisation de chantier ne représente pas seulement l'organisation pendant l'exécution des projets, elle représente même les travaux de préparation des plans, et faire les devis estimatifs.

L'organisation de chantier consiste à déterminer et à coordonner la mise en œuvre des moins nécessaires pour accomplir dans les meilleures conditions possibles les travaux à exécuter, ces travaux sont les opérations concourantes à la construction, la réparation, l'entretien ou la démolition d'un édifice (construction) de nature hydraulique ou bâtiment.

Tous les chantiers de travaux publics sont situés dans la nature ils seront donc toujours influencés d'une part par la configuration du terrain et d'une autre part par les aléas-atmosphériques liées aux travaux en plein air.

Les installations fixes de chantier sont destinées.

- Au personnel.
- Au stockage des matériaux.
- A l'entretien et à la réparation des engins.
- A la préfabrication de certains éléments des ouvrages à construire

V.1. Généralités

V.1.1. Rôles et responsabilité des intervenants sur chantier

V.1.1.a. Le maître d'ouvrage

Il est appelé couramment le client, c'est une personne physique ou morale pour le compte de laquelle sont exécutés les travaux. Son rôle est de définir le but à atteindre (programme), d'organiser un financement, de passer et de régler les marchés des travaux. Après la réception des ouvrages, il en est le propriétaire et parfois le gestionnaire.

V.1.1.b. Le maître d'œuvre

C'est une personne physique ou morale, chargée par le maître de l'ouvrage de recevoir l'ouvrage, d'établir le dossier de consultation des entreprises, d'assister le maître d'ouvrage dans le dépouillement des offres, de contrôler l'exécution des travaux et de proposer leur réception et leur règlement, après en avoir établi le décompte.

V.1.1.c. L'entreprise

C'est la réunion des moyens mobiles et immobiliers et du personnel dont l'objectif est de réaliser les travaux, c'est un organisme contractuel.

V.1.1.d. L'entrepreneur

Personne physique quand il est individuel ou moral quand est une société, titulaire d'un marché de travaux conclu avec le maître d'ouvrage, chargée de l'exécution des travaux et, parfois de la conception détaillée des ouvrages. L'entrepreneur est responsable du chantier et de l'ouvrage en cours de construction tant que celui-ci n'a pas été réceptionné.

V.2. Les moyens de chantier

V.2.1. Les moyens humains

En ce qui concerne les moyens humains pour la réalisation, on doit justifier la mise en œuvre du personnel compétant pour la réalisation des études préalables et pour la construction en précisant leurs titres et leurs compétences.

V.2.2. Les moyens matériels

On peut distinguer le matériel général de terrassement et le matériel de bétonnage

V.2.2.1. Le matériel de terrassement

Le matériel général de terrassement comprend les engins suivants :

V.2.2.1.a. Pelle équipée en rétro

Engin de terrassement sur roues ou sur chenilles, utilisant, pour excaver ou charger des matériaux, un godet situé à l'extrémité d'un bras. Les déplacements du bras et du godet peuvent être animés par une transmission hydraulique (pelle hydraulique) ou par des câbles (pelle à câble).

Dans la partie d'exécution des déblais (l'excavation de la tranche de la semelle) on utilise une pelle hydraulique équipée en rétro. Elle est constituée de : Unchassie porteur ou TRUCK

- Une cabine monté sur le truck et pivotant autour d'un axe vertical grâce à
- Des vérins hydrauliques qui jouent le rôle de la flèche et du bras dans le cas d'une pelle mécanique
- Un godet muni des dents d'attaques en acier au manganèse très dure



Figure VIII.01 : Pelle équipée en rétro

V.3. Planification

V.3.1. Définition

C'est une méthode dont dispose le cadre pour rendre son travail efficace, elle consiste :

- L'installation des postes de travail ;
- L'observation instantanée ;
- L'analyse des tâches ;
- Le chronométrage ;
- La définition des objectifs et des attributions ;
- La simplification des méthodes ;
- La stabilisation des postes de travail.

V.3.2. Techniques de la planification

Il existe deux principales méthodes de planification à savoir :

- Méthodes basées sur le réseau ;
- Méthodes basées sur le graphique.

V.3.2.1. Méthodes basées sur le réseau

V.3.2.1.1. Définition du réseau

Le réseau est une représentation graphique d'un projet qui permet d'indiquer la relation entre les différentes opérations qui peuvent être successives, simultanées, convergentes et la durée de réalisation. On distingue deux types de réseaux :

V.3.2.1.1.1. Réseau à flèches

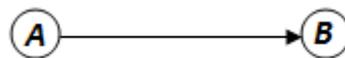
L'opération est représentée par une flèche et la succession des opérations par des nœuds.



L'opération **A** précède l'opération **B**.

V.3.2.1.1.2. Réseau à nœuds

L'opération est représentée par un nœud et la succession des opérations par des flèches



L'opération (**B**) ne peut commencer que si l'opération (**A**) est complètement achevée.

V.3.3. Construction du réseau

La méthode de calcul utilisée dans notre projet est la méthode C.P.M (méthode du chemin critique), car les opérations se suivent.

L'objectif de cette méthode est de réduire les temps de réalisation d'un ouvrage en tenant compte de trois phases :

- **1^{ère} phase** : l'effectif nécessaire pour effectuer le travail considéré.
- **2^{ème} phase** : analyser systématiquement le réseau, heure par heure, jour par jour, selon l'unité de temps retenue.
- **3^{ème} phase** : adapter le réseau aux conditions ou contraintes fixées par l'entreprise.

❖ les paramètres de la méthode C.P.M

Les paramètres indispensables dans l'exécution de cette méthode sont les suivants :

DCP	TR
DFP	DCPP
DFPP	MT

Avec :

TR : temps de réalisation ;

DCP : date de commencement au plus tôt ;

DCPP : date de commencement au plus tard ;

DFP: date de finition au plus tôt ;

DFPP : date de finition au plus tard ;

MT : marge totale.

$$\text{ET : } \begin{cases} DFP = DCP + TR \\ DCPP = DFPP - TR \end{cases}$$

❖ **Chemin critique (C.C)**

C'est le chemin qui donne la durée totale du projet (DTR) reliant les opérations possédant la marge totale nulle (0).

Donc pour retrouver un chemin critique il suffit de vérifier la double condition suivante :

$$C.C \Leftrightarrow \begin{cases} MT = 0 \\ \sum TR_{C.C} = D.T.P \end{cases}$$

❖ **Elaboration du réseau selon la méthode CPM**

La méthode du CPM est une méthode de planification, elle a pour objectif de réduire le temps et le coût de réalisation de projet et augmenter le rendement du travail. Pour la construction du réseau il faut d'abord établir les différentes tâches des travaux. Ces derniers sont les suivantes :

A. Piquetage (15 jours)

B : Décapage de la couche de la végétation (20 jours).

C. Exécution des tranchées (120 jours).

D. Aménagement du lit de pose (25 jours).

E. La mise en place des canalisations en tranchée (30 jours).

F. Constructions des ouvrages annexes (bâche d'eau) (20 jours)

G. Assemblage des tuyaux (15 jours).

H. Faire les essais d'étanchéité pour les conduites et les joints (15 jours).

I. Remblai des tranchées (20 jours).

J .travaux de finition (30 jours).

V.4.Détermination des chemins critiques

Le calcul du réseau s'effectue par la méthode du tableau suivant.

Tableau. V.1 : Détermination des délais

OPERATION	TR (jours)	DP		DPP		MT
		DCP	DFP	DCPP	DFPP	
1-2	15	0	15	0	15	0
2-3	20	15	35	15	35	0
3-4	120	35	155	35	155	0
3-5	20	35	55	135	155	100
4-6	25	155	180	155	180	0
5-6	25	55	80	155	180	100
6-7	30	180	210	180	210	0
7-8	15	110	225	210	225	0
8-9	15	125	240	225	240	0
9-10	20	140	260	240	260	0
10-11	30	160	290	260	290	0

- Le chemin critique est : **A-B-C-D-E-G-H-I-J**
- Donc, la durée totale du projet est de : **290jours**
- Le calcul du réseau à nœuds est représenté dans la figure suivante :

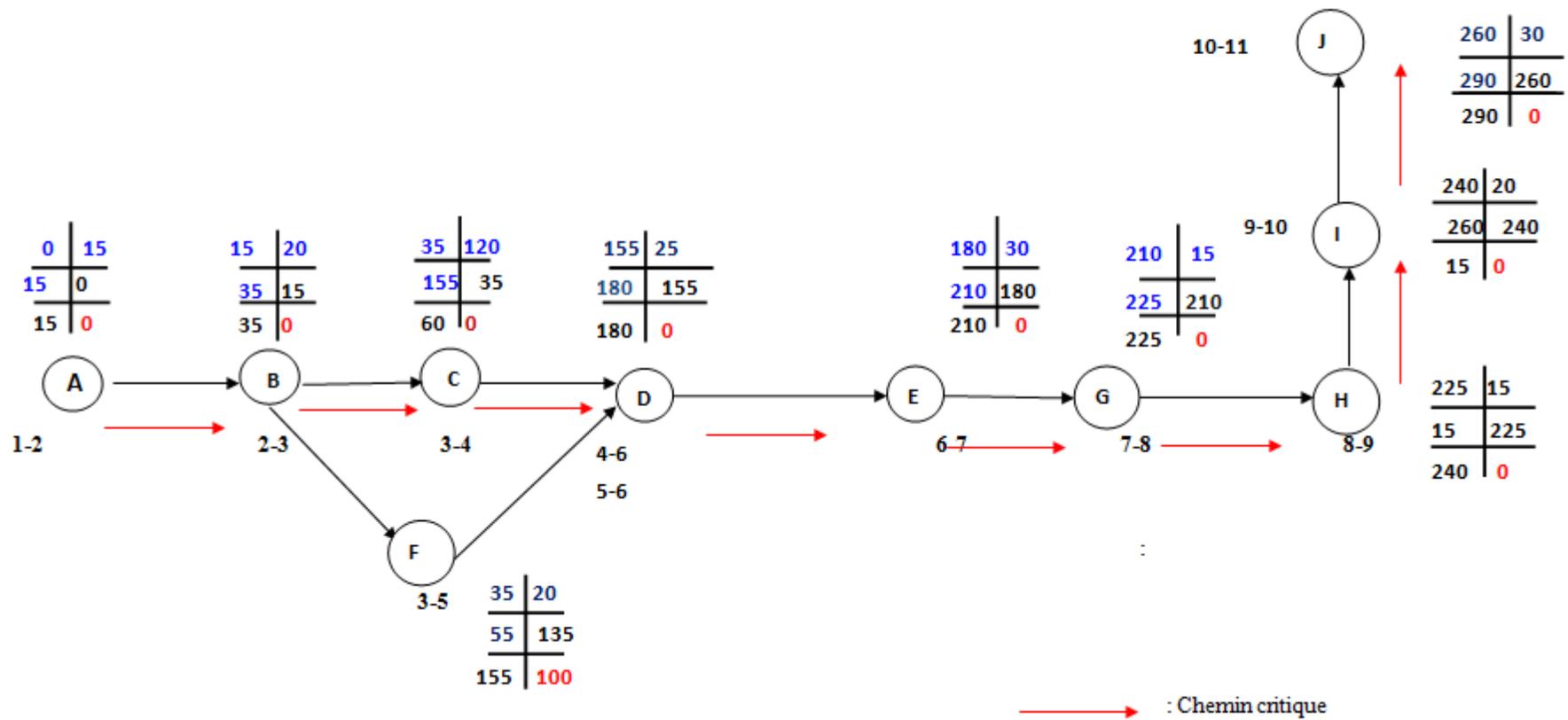


Fig. VIII.2: Réseau à nœuds

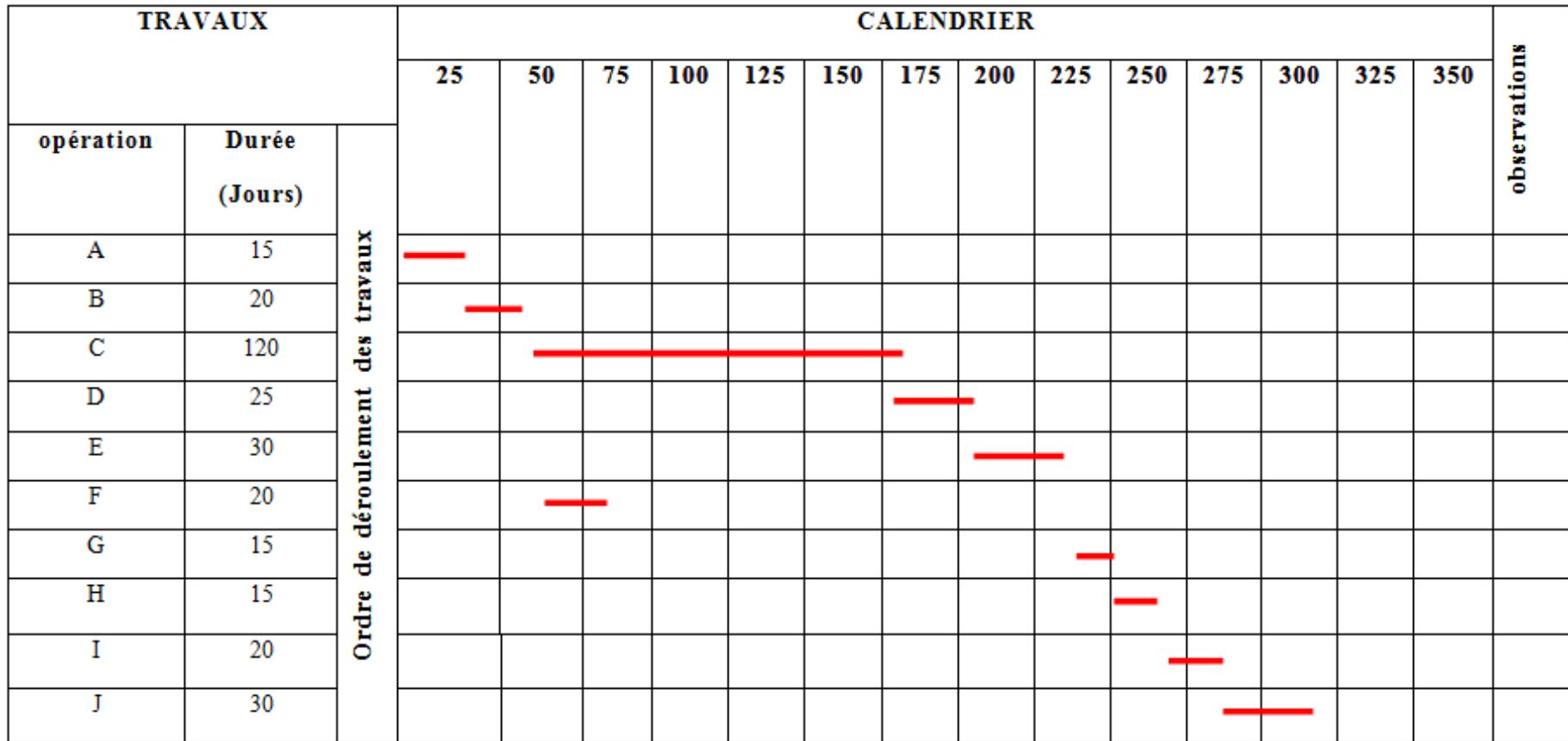


Fig VIII.3 : Diagramme de GANTT

Conclusion

D'après ce chapitre, on a conclu que l'organisation de chantier est nécessaire avant le commencement des travaux, car elle nous définit tout les volumes des travaux nécessaires pour élaborer le chantier.

D'autre part on peut prendre une information sur la planification totale de projet ainsi que leur temps de réalisation. L'organisation de chantier définit aussi tout les engins utilisés dans le chantier et le choix final des engins est basé sur une étude économique.

CONCLUSION GENERALE

L'objectif de la présente mémoire est de dimensionner le système d'irrigation du périmètre de Taher - secteur 1 (W. Jijel) qui se localise à l'aval du barrage d'El Agrem, afin d'assurer une répartition de l'eau de façon uniforme.

La zone d'étude présente une géomorphologie quasi plane. L'analyse climatologique montre que la région possède un climat humide avec une pluviométrie assez insuffisante pour l'obtention de rendements acceptables des différentes cultures pour la saison estivale (été).

L'aptitude des sols reste bonne pour les cultures maraichères ainsi que les cultures arboricoles mais moyenne pour les cultures céréales.

En basant sur la méthode de Penman-Monteith modifiée pour estimer l'évaporation potentielle (ETP) et la méthode basée sur une fraction de la pluie totale pour le calcul de la pluie efficace, nous avons pu estimer les besoins en eau d'irrigation pour les cultures de la zone à irriguée.

L'étude comparative entre les techniques d'irrigation, nous a montré que le système d'irrigation par goutte à goutte est le plus convenable pour les cultures proposées. Permet une meilleure gestion de la ressource en eau et une meilleure conservation du sol.

Un réseau hydraulique classique est proposé, composé de conduites circulaires enterrées de diamètres entre 75 et 500 mm pour le réseau de distribution. Le matériau de canalisation est le PEHD en PN 10 bars.

Références bibliographiques

Aouata I. (2014). *Etude de permettre d'irrigation d'Ain Kercha partie ouest wilaya d'Oum El Bouaghi.* Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en hydraulique, Ecole Nationale Supérieure de l'Hydraulique (ENSH), Blida ;

Ben Mebarek M.C. (2011). *Contribution a' l'étude de l'aménagement Hydro-agricole du périmètre de teleghma wilaya de Mila.* Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en hydraulique, Ecole Nationale Supérieure de l'Hydraulique (ENSH), Blida ;

Benkaci A.T. (2013-2014). *Travaux dirigés : Calcule des Paramètres de l'irrigation par asperseur,* Document non publié, Ecole Nationale Supérieure de l'Hydraulique (ENSH), Blida ;

Bennis S. (2007). *Hydraulique et hydrologie (2^e édition).* Québec : Les Presses de l'Université du Québec ;

Boulifa I. (2011). *Etude du périmètre d'irrigation de F'kirina à l'aval de la retenue collinaire d'Oulmène wilaya d'Oum El Bouaghi.* Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en hydraulique, Ecole Nationale Supérieure de l'Hydraulique (ENSH), Blida ;

Dastane N. G. (1978). *Effective rainfall in irrigated agriculture.* Rome : FAO ;

Gouaidia L. (2008). *Influence de la lithologie et des conditions climatiques sur la variation des paramètres physico –chimiques des eaux d'une nappe en zone semi aride, cas de la nappe de Meskiana nord-est algérien.* Thèse en vue de l'obtention du diplôme de Doctorat en sciences de la terre, Université BADJI MOKHTAR-Annaba ;

Kadi K., Chergui M., Malkia N., Hamli S., Boukeria S., Yahia A. (2014). *Estimation des besoins en eau de la culture de l'ail par différentes formules* (European Scientific Journal September 2014 edition vol.10, No.27). En ligne <http://ejournal.org> ;

L'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO). (2015). *Le Calendrier cultural.* En ligne <http://www.fao.org/agriculture/seed/cropcalendar/welcome.do> ;

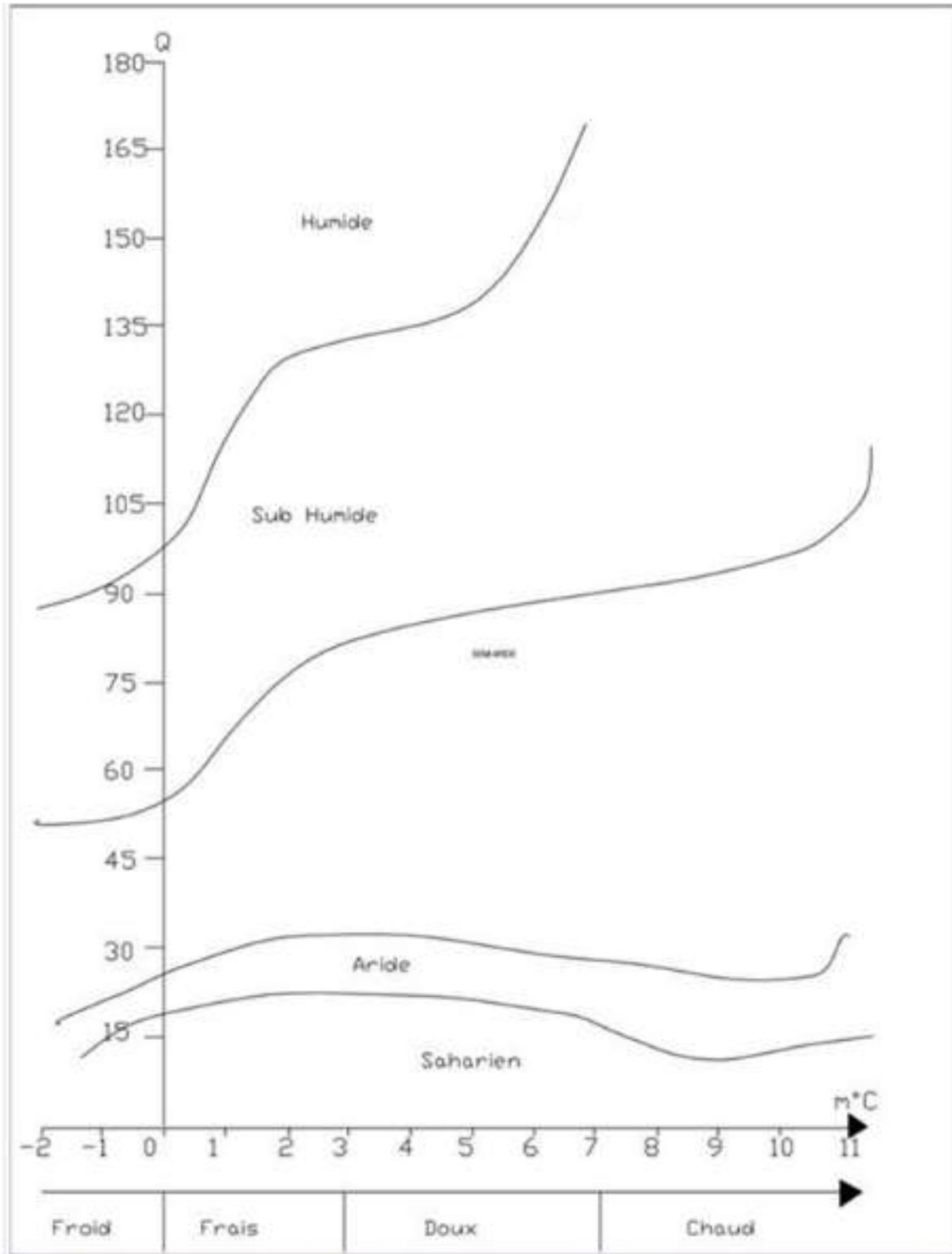
Mermoud A. (2007). *Cours : Aménagement et équipement de territoire, notion fondamentale de l'irrigation,* école polytechnique fédérale de Lausanne ;

Messahel M. (1992). *Guide de mémoire de fin d'étude pour les élèves ingénieur en génie rural (irrigation).* Document non publié, Ecole Nationale Supérieure de l'Hydraulique (ENSH), Blida ;

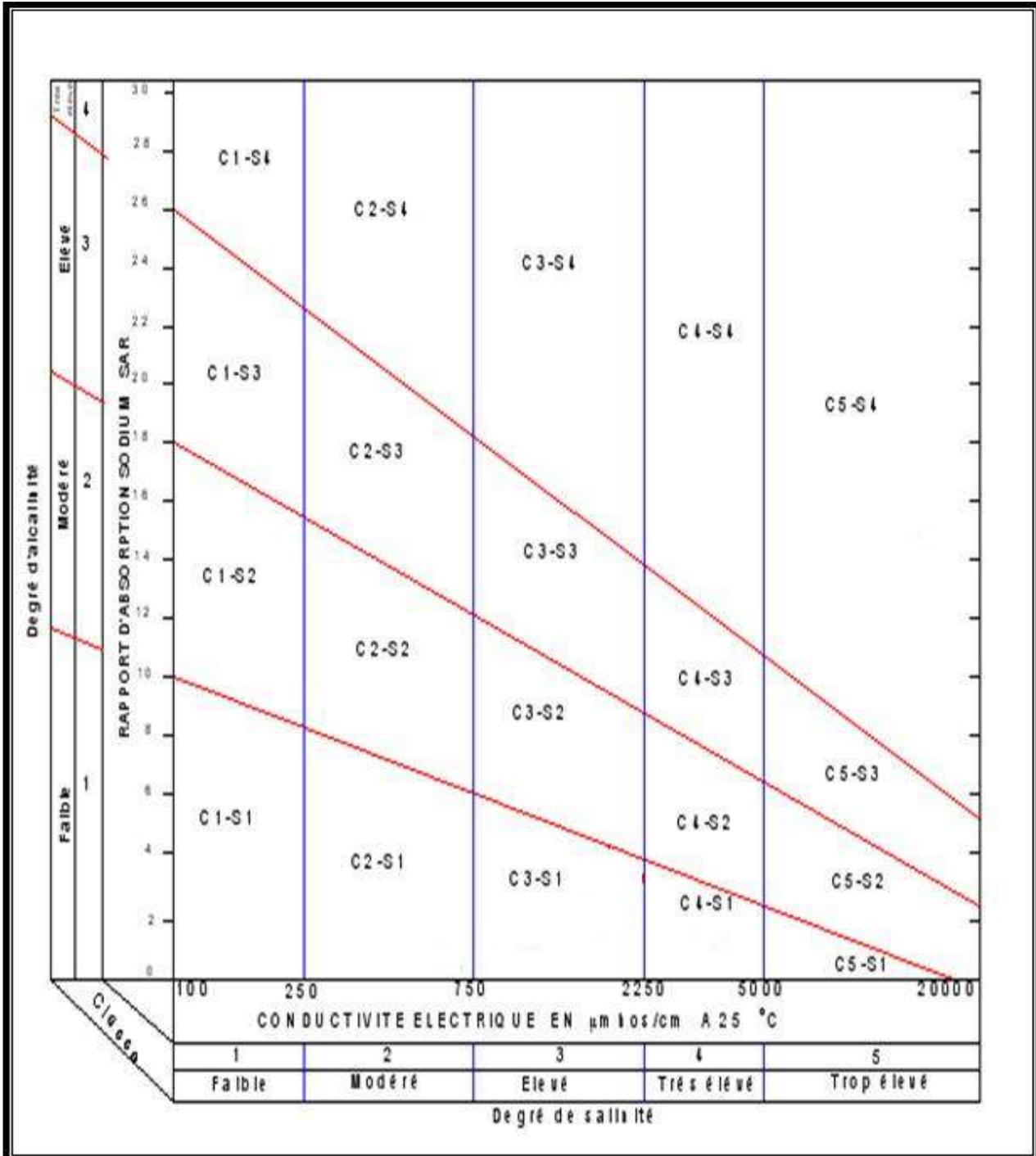
Messahel M. (2013-2014). *Syllabus de cours : irrigation et drainage.* Document non publié, Ecole Nationale Supérieure de l'Hydraulique (ENSH), Blida ;

Annexes

ANNEXE 1 : Diagramme bioclimatique d'Emberger



ANNEXE 2: Diagramme de classification des eaux d'irrigation



ANNEXE 3 : Caractéristiques hydriques de quelques sols

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)

ANNEXE 4 : Les profondeurs d'enracinements des différentes cultures

Culture	Janv.	Févr.	Mars	Avril	Mai	Juin	juillet	Août	Sept	Oct.	Nov.	Déc.
Carotte									0.10	0.20	0.25	0.30
Mais			0.1	0.20	0.20	0.30	0.40	0.50	0.5			
vesce avoine	0.08	0.10	0.10						0,03	0.04	0.05	0.06
Orge / Blé	0.4	0.5	0.6	0.6	0.7						0.3	0.3
Sorgho					0.20	0.40	0.50	0.60				
Piment poivron						0.4	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	
Petit pois	0.7	0.8	1.0	1.2								0.5
Oignon vert									0.3	0.4	0.5	0.6
Poivron	0.3	0.3	0.4	0.5	0.6							
Pomme de terre			0.1	0.25	0.35	0.40						
Tomate indu			0.4	0.6	0.7	0.8	0.9	1	1	1		
Choux									0.20	0.25	0.30	0.40
pastèque				0.20	0.40	0.50	0.60					
Tomate				0.1	0.2	0.7	1					

ANNEXE 5 : Coefficient culturel Kc de chaque culture

2. COEFFICIENTS CULTURAUX (Kc)

CULTURE	Stades de développement de la culture					Durée totale de la période végétative
	Initial	Développement	Milieu	Arrivée	Récolte	
Bananière	0,4-0,5	0,7-0,85	1,0-1,1	0,9-1,0	0,75-0,85	0,7-0,8
subtropical	0,5-0,65	0,8-0,9	1,0-1,2	1,0-1,15	1,0-1,15	0,85-0,95
Haricot vert	0,3-0,4	0,65-0,75	0,95-1,05	0,9-0,95	0,85-0,95	0,85-0,9
sec	0,3-0,4	0,7-0,8	1,05-1,2	0,65-0,75	0,25-0,3	0,7-0,8
Chou	0,4-0,5	0,7-0,8	0,95-1,1	0,9-1,0	0,8-0,95	0,7-0,8
Coton	0,4-0,5	0,7-0,8	1,05-1,25	0,8-0,9	0,65-0,7	0,8-0,9
Raisin	0,35-0,55	0,6-0,8	0,7-0,9	0,6-0,8	0,55-0,7	0,55-0,75
Arachide	0,4-0,5	0,7-0,8	0,95-1,1	0,75-0,85	0,55-0,6	0,75-0,8
Mais doux	0,3-0,5	0,7-0,9	1,05-1,2	1,0-1,15	0,95-1,1	0,8-0,95
grain	0,3-0,5*	0,7-0,85*	1,05-1,2*	0,8-0,95	0,85-0,6*	0,75-0,9*
Oignon sec	0,4-0,6	0,7-0,8	0,95-1,1	0,85-0,9	0,75-0,85	0,8-0,9
vert	0,4-0,6	0,6-0,75	0,95-1,05	0,95-1,05	0,95-1,05	0,65-0,8
Pois, frais	0,4-0,5	0,7-0,85	1,05-1,2	1,0-1,15	0,95-1,1	0,8-0,95
Poivron, frais	0,3-0,4	0,6-0,75	0,95-1,1	0,85-1,0	0,8-0,9	0,7-0,8
Pomme de terre	0,4-0,5	0,7-0,8	1,05-1,2	0,85-0,95	0,7-0,75	0,75-0,9
Riz	1,1-1,15	1,1-1,5	1,1-1,3	0,95-1,05	0,95-1,05	1,05-1,2
Carthame	0,3-0,4	0,7-0,8	1,05-1,2	0,65-0,7	0,2-0,25	0,65-0,7
Sorgho	0,3-0,4	0,7-0,75	1,0-1,15	0,75-0,8	0,5-0,55	0,75-0,85
Soja	0,3-0,4	0,7-0,8	1,0-1,15	0,7-0,8	0,4-0,5	0,75-0,9
Betterave sucrière	0,4-0,5	0,75-0,85	1,05-1,2	0,9-1,0	0,6-0,7	0,8-0,9
Canne à sucre	0,4-0,5	0,7-1,0	1,0-1,3	0,75-0,8	0,5-0,6	0,85-1,05
Tournesol	0,3-0,4	0,7-0,8	1,05-1,2	0,7-0,8	0,35-0,45	0,75-0,85
Tabac	0,3-0,4	0,7-0,8	1,0-1,2	0,9-1,0	0,75-0,85	0,85-0,95
Tomate	0,4-0,5	0,7-0,8	1,05-1,25	0,8-0,95	0,6-0,65	0,75-0,9
Pastèque	0,4-0,5	0,7-0,8	0,95-1,05	0,8-0,9	0,65-0,75	0,75-0,85
Blé	0,3-0,4	0,7-0,8	0,5-1,2	0,65-0,75	0,2-0,25	0,8-0,9
Luzerne	0,3-0,4				1,05-1,2	0,85-1,05
Agaves sarclés sans sarclage						0,65-0,75 0,85-0,9
Olivier						0,4-0,6

Premier chiffre : avec forte humidité (HRmin > 70%) et vent faible (U < 5 m/sec).
 Second chiffre : avec faible humidité (HRmin < 20%) et vent fort (> 5 m/sec).

Source: Bulletin FAO d'Irrigation et Drainage n° 33, Tableau 18.

ANNEXE 6 : Calcule des besoins des déférentes cultures

Tomate												
	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juillet	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc
ET0	46,19	51,24	77,81	94,50	112,84	142,50	157,80	155,00	110,10	85,87	57,00	45,57
KC				0,40	0,70	1,00	0,75					
ETM				37,80	78,99	142,50	118,35					
Pluie (mm)	111,43	90,30	72,56	71,05	34,26	10,71	1,87	6,23	50,22	70,74	127,33	150,15
P eff (mm)	89,14	72,24	58,05	56,84	27,40	8,57	1,50	4,98	40,18	56,59	101,86	120,12
Z (m)				0,10	0,20	0,70	1,00					
RFU max				8,00	16,00	56,00	80,00					
RFU reele				4,00	0,00	0,00	0,00					
besoin_net (mm)				-570,60	-195,01	56,80	103,35					
besoin_brute (mm)				-760,80	-260,02	75,73	137,80					
deb_speci (l/s/ha)				-2,94	-1,00	0,29	0,53					

poivrons

	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juillet	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc
ET0	46,19	51,24	77,81	94,50	112,84	142,50	157,80	155,00	110,10	85,87	57,00	45,57
KC	0,75	0,86	0,99	0,97	0,85							
ETM	34,64	44,07	77,03	91,67	95,91							
Pluie (mm)	111,43	90,30	72,56	71,05	34,26	10,71	1,87	6,23	50,22	70,74	127,33	150,15
P eff (mm)	89,14	72,24	58,05	56,84	27,40	8,57	1,50	4,98	40,18	56,59	101,86	120,12
Z (m)	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60							
RFU max	16,00	24,00	32,00	40,00	48,00							
RFU reele	16,00	16,00	24,00	0,00	0,00							
besoin_net (mm)	-1016,76	-838,33	-743,47	-476,74	-178,09							
besoin_brute (mm)	-1355,68	-1117,78	-991,29	-635,65	-237,45							
deb_speci (l/s/ha)	-5,23	-4,31	-3,82	-2,45	-0,92							

pastèque

	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juillet	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc
ET0	46,19	51,24	77,81	94,50	112,84	142,50	157,80	155,00	110,10	85,87	57,00	45,57
KC				0,40	0,70	1,00	0,75					
ETM				37,80	78,99	142,50	118,35					
Pluie (mm)	111,43	90,30	72,56	71,05	34,26	10,71	1,87	6,23	50,22	70,74	127,33	150,15
P eff (mm)	89,14	72,24	58,05	56,84	27,40	8,57	1,50	4,98	40,18	56,59	101,86	120,12
Z (m)				0,20	0,40	0,50	0,60					
RFU max				16,00	32,00	40,00	48,00					
RFU reele				0,00	0,00	0,00	0,00					
besoin_net (mm)				-530,60	-195,01	56,80	103,35					
besoin_brute (mm)				-707,47	-260,02	75,73	137,80					
deb_speci (l/s/ha)				-2,73	-1,00	0,29	0,53					

tomate industriel

	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juillet	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc
ET0	46,19	51,24	77,81	94,50	112,84	142,50	157,80	155,00	110,10	85,87	57,00	45,57
KC			0,45	0,50	0,85	1,02	0,96	0,85	0,75			
ETM			35,01	47,25	95,91	145,35	151,49	131,75	82,58			
Pluie (mm)	111,43	90,30	72,56	71,05	34,26	10,71	1,87	6,23	50,22	70,74	127,33	150,15
P eff (mm)	89,14	72,24	58,05	56,84	27,40	8,57	1,50	4,98	40,18	56,59	101,86	120,12
Z (m)			0,40	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00	1,00			
RFU max			32,00	48,00	56,00	64,00	72,00	80,00	80,00			
RFU reele			32,00	16,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			
besoin_net (mm)			-865,49	-681,15	-178,09	59,65	136,49	81,95	-319,23			
besoin_brute (mm)			-1153,98	-908,20	-237,45	79,53	181,98	109,27	-425,63			
deb_speci (l/s/ha)			-4,45	-3,50	-0,92	0,31	0,70	0,42	-1,64			

courgette

	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juillet	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc
ET0	46,19	51,24	77,81	94,50	112,84	142,50	157,80	155,00	110,10	85,87	57,00	45,57
KC									0,81	1,08	1,06	
ETM									89,18	92,74	60,42	
Pluie (mm)	111,43	90,30	72,56	71,05	34,26	10,71	1,87	6,23	50,22	70,74	127,33	150,15
P eff (mm)	89,14	72,24	58,05	56,84	27,40	8,57	1,50	4,98	40,18	56,59	101,86	120,12
Z (m)									0,20	0,30	0,50	
RFU max									16,00	24,00	40,00	
RFU reele									0,00	0,00	24,00	
besoin_net (mm)									490,01	361,50	-654,40	
besoin_brute (mm)									653,35	481,99	-872,53	
deb_speci (l/s/ha)									2,52	1,86	-3,37	

Mais												
	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juillet	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc
ET0	46,19	51,24	77,81	94,50	112,84	142,50	157,80	155,00	110,10	85,87	57,00	45,57
KC			0,70	0,85	1,20	1,20	1,20	1,00				
ETM			54,47	80,33	135,41	171,00	189,36	155,00				
Pluie (mm)	111,43	90,30	72,56	71,05	34,26	10,71	1,87	6,23	50,22	70,74	127,33	150,15
P eff (mm)	89,14	72,24	58,05	56,84	27,40	8,57	1,50	4,98	40,18	56,59	101,86	120,12
Z (m)			0,10	0,20	0,20	0,40	0,50	0,50				
RFU max			8,00	16,00	16,00	32,00	40,00	40,00				
RFU reele			4,00	4,00	0,00	0,00	0,00	0,00				
besoin_net (mm)			-75,83	194,85	1080,08	1624,30	1878,60	1500,20				
besoin_brute (mm)			-101,11	259,80	1440,11	2165,73	2504,80	2000,27				
deb_speci (l/s/ha)			-0,39	1,00	5,56	8,36	9,66	7,72				

Concombre

	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juillet	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc
ET0	46,19	51,24	77,81	94,50	112,84	142,50	157,80	155,00	110,10	85,87	57,00	45,57
KC			0,45	0,50	0,38	0,57	0,71	0,71				
ETM			35,01	47,25	42,88	81,23	112,04	110,05				
Pluie (mm)	111,43	90,30	72,56	71,05	34,26	10,71	1,87	6,23	50,22	70,74	127,33	150,15
P eff (mm)	89,14	72,24	58,05	56,84	27,40	8,57	1,50	4,98	40,18	56,59	101,86	120,12
Z (m)			0,10	0,20	0,20	0,40	0,50	0,50				
RFU max			8,00	16,00	16,00	32,00	40,00	40,00				
RFU reele			4,00	4,00	0,00	0,00	0,00	0,00				
besoin_net (mm)			-270,36	-135,90	154,79	726,55	1105,38	1050,70				
besoin_brute (mm)			-360,47	-181,20	206,39	968,73	1473,84	1400,93				
deb_speci (l/s/ha)			-1,39	-0,70	0,80	3,74	5,69	5,40				

Fraise

	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juillet	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc
ETO	46,19	51,24	77,81	94,50	112,84	142,50	157,80	155,00	110,10	85,87	57,00	45,57
KC	0,40	0,40	0,40	0,50	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	0,70	0,60	0,50
ETM	18,48	20,50	31,12	47,25	56,42	85,50	110,46	124,00	99,09	60,11	34,20	22,79
Pluie (mm)	111,43	90,30	72,56	71,05	34,26	10,71	1,87	6,23	50,22	70,74	127,33	150,15
P eff (mm)	89,14	72,24	58,05	56,84	27,40	8,57	1,50	4,98	40,18	56,59	101,86	120,12
Z (m)	1,00	1,00	1,00	1,00	0,20	0,40	0,50	0,50	0,70	0,80	0,90	1,00
RFU max	80,00	80,00	80,00	80,00	16,00	32,00	40,00	40,00	56,00	64,00	72,00	80,00
RFU reele	80,00	80,00	40,00	40,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	32,00	72,00
besoin_net (mm)	-1506,64	-1317,44	-669,26	-495,90	290,20	769,30	1089,60	1190,20	589,10	35,19	-996,60	-1693,35
besoin_brute (mm)	-2008,85	-1756,59	-892,35	-661,20	386,93	1025,73	1452,80	1586,93	785,47	46,92	-1328,80	-2257,80
deb_speci (l/s/ha)	-7,75	-6,78	-3,44	-2,55	1,49	3,96	5,60	6,12	3,03	0,18	-5,13	-8,71

carotte

	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juillet	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc
ET0	46,19	51,24	77,81	94,50	112,84	142,50	157,80	155,00	110,10	85,87	57,00	45,57
KC									0,80	1,00	1,10	0,75
ETM									88,08	85,87	62,70	34,18
Pluie (mm)	111,43	90,30	72,56	71,05	34,26	10,71	1,87	6,23	50,22	70,74	127,33	150,15
P eff (mm)	89,14	72,24	58,05	56,84	27,40	8,57	1,50	4,98	40,18	56,59	101,86	120,12
Z (m)									0,10	0,20	0,25	0,30
RFU max									8,00	16,00	20,00	24,00
RFU reele									4,00	4,00	8,00	20,00
besoin_net (mm)									439,00	252,80	-471,60	-1059,43
besoin_brute (mm)									585,33	337,07	-628,80	-1412,57
deb_speci (l/s/ha)									2,26	1,30	-2,43	-5,45