



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

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

Option: IRRIGATION ET DRAINAGE

THEME :

***ETUDE D'AMENAGEMENT HYDRO-AGRICOLE DU PERIMETRE
D'IRRIGATION DE PLAINES SETIFIENNES (SECTEUR 05) 300 HA A
PARTIR DU BARRAGE MAHOUANE (W- SETIF).***

Présenté par :

LABRI Mohamed Abdelmounaim

Devant les membres du jury

Nom et Prénoms	Grade	Qualité
Mr Mohammed DJELLAB	Professeur	Président
Mme NADHIRA SAIL	M.C.B	Examineur
Mr BENKACI ALI TAREK	M.C.B	Examineur
Mme AZIEZ Ouahiba	M.C.B	Examineur
Mr RASSOUL Abdelaziz	Professeur	Promoteur

Session 2022

Dédicace

Du fond du cœur, je dédie cette thèse en signe d'amour, de respect et de reconnaissance:

A mes chers parents Rabah et Razika

Pour leur soutien, patience et leurs sacrifices durant mes études et durant ce projet. Je vous dois ce que je suis aujourd'hui et ce que je serai demain et je ferais toujours de mon mieux pour rester votre fierté et ne jamais vous décevoir. Que dieu le tout puissant, vous préserve, vous accorde santé, bonheur et vous protège de tout mal.

A mes chères sœurs : Khadidja , Nourelhouda et Meriem

Que ce modeste travail soit l'expression des vœux que vous n'avez cessé de formuler dans vos prières. Que dieu vous préserve santé et longue vie.

A la mémoire de mon grand-père

Que ce modeste travail soit l'expression des vœux que vous n'avez cessé de formuler dans vos prières. Que dieu vous préserve santé et longue vie.

A mes amis de toujours M.AYMENE, B.Seif-Islam, M.Islam...

En souvenir de notre sincère amitié et des moments agréables que nous avons passés ensemble, veuillez trouver dans ce travail l'expression de mon respect le plus profond et mon affection la plus sincère.

A toute la famille LABRI et Boularas et a tous ceux que j'ai omis de citer.

Remerciement

Au terme de cette étude, fruit de mes années de labeur, je tiens à remercier en premier lieu dieu le tout puissant de m'avoir donné le courage, les moyens et les personnes qui m'ont aidé à l'élaboration de ce modeste travail.

Je tiens à présenter ma reconnaissance et mes remerciements à mon encadreur monsieur **RASSOUL Abdelaziz**, pour le temps consacré à la lecture, les conseils et l'orientation qui ont rythmé les différentes étapes de mon mémoire. Je le remercie aussi pour sa sympathie et sa disponibilité à encadrer ce travail à travers ses critiques et ses propositions.

Je tiens à remercier du fond du cœur :

- Madame AZIEZ Ouahiba pour son aide, ses conseils, sa disponibilité et pour les détails nécessaires concernant le thème traité dans ce travail.
- Tous les membres de jury qui m'ont fait l'honneur d'examiner et juger mon travail.
- Tous mes professeurs de l'Ecole Nationale Supérieure de l'Hydraulique, pour le savoir qu'ils m'ont transmis durant mon parcours universitaire.
- Tous ceux qui ont contribué de près et de loin à la réalisation de ce projet.

ملخص

الهدف من مذكرة تخرجي هو إجراء التغييرات اللازمة، وتطوير المنشآت الزراعية في سهول سطيف لسقي المنطقة المغلقة من مياه سد مهوان المتواجد بسطيف، هذا الأخير مدعوم من مياه سد اغيل أمداء المتواجد بحوالي 6 كم من منطقة بجاية. من خلال هذه الدراسة، استنتجنا أن الري ضروري لتطوير الزراعة لأنه في بعض المناطق شبه القاحلة، هطول الأمطار غير كافي و غير منتظم، مما يعني إدخال تقنيات السقي الحديثة مثل الرش و التقطير و ذلك لتحسين استخدام المياه و الحد من الخسائر.

Résumé:

L'objectif de ma mémoire de fin d'études est de réaliser les transformations nécessaires, et l'aménagement hydro-agricole des plaines Sétifiennes, afin d'irriguer la zone délimitée avec l'eau provenant du barrage de Mehouane et qui lui est alimenté par l'eau provenant du barrage d'Ighil Emda.

Dans cette étude, il en sort que l'irrigation est indispensable pour développer l'agriculture car dans certaines zones semi arides, les précipitations sont insuffisantes et irrégulières, ce qui implique l'introduction de nouvelles techniques d'irrigation telles que les systèmes gouttes a gouttes et l'aspersion, pour optimiser l'utilisation de l'eau par la plante et limiter les pertes.

Abstract:

The aim of my thesis is to make the necessary changes, and hydro-agricultural development of Setif plains to irrigate the area enclosed with water from the dam Mehouane and will be feeds by water from the dam Ighil Emda.

In this study, it comes out that irrigation is essential to develop agriculture because in some semi-arid areas ; rainfall is insufficient and irregular, which implies the introduction of new irrigation techniques such as the system of drops and sprinkling drops, optimizing the use of water by plant and limit losses.

Sommaire

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

Chapitre I : Présentation de la zone d'étude

Introduction-----	3
I.1) Localisation et présentation de la zone d'étude -----	3
I.1.1) Situation géographique-----	3
I.1.2) Voies de communication -----	5
I.2) Réseau hydrographique -----	6
I.3) Géologie -----	7
I.3.1) les formations quaternaires -----	7
I.3.2) les formations mio-pliocènes -----	8
I.4) Conditions climatiques-----	8
I.5) Indices agro-météorologiques -----	12
I.5.1) Classification du climat selon l'indice de De Martone : -----	12
I.5.2) Classification du climat selon le diagramme d'Emberger -----	13
I.5.3) Classification du climat selon l'indice de Bagnouls et Gaussen-----	14
I.6) Etude socio économique-----	15
I.6.1) population-----	15
Conclusion-----	16

Chapitre II : Ressources en sol

<i>Introduction</i>	18
II.1) Classification des sols.....	18
II.2) Caractéristiques morphologiques et analyse des sols.....	18
II.3) Caractéristiques hydrodynamiques des sols	24
II.4) Etude foncière.....	25
II.5) Aptitudes culturales	26
II.5.1) Détermination des aptitudes culturales des sols	26
Conclusion.....	27

Chapitre III : Ressources en eau

Introduction.....	29
III.1) Alimentation en eau du périmètre : le barrage de Mahouane	29
III.2) Description du système de transfert	30
<i>III.3) Caractéristiques hydrauliques du Barrage de Mahouane</i>	30
III.3.1) Qualité de l'eau d'irrigation des eaux du barrage	32
III.3.2) classification des eaux pour l'irrigation	33
<i>III.3.3) Composition chimique de l'eau d'irrigation</i>	34
III.4) Etude hydrologique.....	36
III.4.1) Choix de la station pluviométrique	36
III.4.2) Etude statistique des précipitations	38
III.4.3) Ajustement statistique des pluies.....	40
III.4.4) Détermination de l'année de calcul :	45
Conclusion.....	46

Chapitre IV : Besoins en eau des cultures

Introduction	48
IV.1) Occupation du périmètre : les cultures envisageables	48
IV.1.1) situation actuelle	48
IV.1.2) Situation future	49
IV.2) Besoins en eau du périmètre	52
IV.2.1) L'évapotranspiration	52
IV.2.2) Méthodes d'évaluation d'évapotranspiration de référence (ETP ou ET0)	53
IV.3) Calcul de la pluie efficace	55
IV.4) Calcul des besoins en eau d'irrigation des cultures	55
IV.5) Estimation des besoins en eau des cultures	56
IV.6) Calcul des besoins en eau des assolements	61
IV.6.1) Calcul des débits spécifiques	62
IV.6.2) Calcul du débit caractéristique	62
IV.7) Estimation des besoins en eau totaux du périmètre	63
Conclusion	64

Chapitre V : Etude du système d'adduction

Introduction	66
V.1) Présentation du périmètre des plaines Sétifiennes	66
V.2) Organisation du périmètre : plan de bornages	68
V.2.1) disposition des ilots d'irrigation	68
V.2.2) Taille maximum de l'ilot	68
V.2.3) Rôle et fonction de la borne d'irrigation	68
V.3) Calcul hydraulique des bornes	68
V.3.1) Choix du diamètre de la borne	69

V.4) Schéma d'aménagement hydro-agricole et variantes d'aménagement -----	70
V.5) Dimensionnement du réseau de distribution-----	71
V.6) Choix du matériau des conduites-----	73
V.6.1) Caractéristiques des canalisations-----	73
V.6.2) Choix du matériau-----	74
V.7) Points spéciaux d'une conduite-----	74
Conclusion-----	76

Chapitre VI : Dimensionnement a la parcelle

Introduction-----	78
Dimensionnement d'un réseau goutte à goutte-----	78
VI.1.Données générales -----	78
VI.2.Besoins d'irrigation des cultures en irrigation localisée-----	79
VI.2.1.Influence du taux de couverture du sol-----	79
VI.2.2.Dose nette pratique : -----	79
VI.2.3. Fréquence et intervalle des arrosages (Fr): -----	80
VI.2.4. Calcul de la dose (brute) : -----	80
VI.2.5. Durée de fonctionnement par d'arrosage (h) :-----	80
VI.2.6. Nombre de poste : -----	81
VI.2.7. Débit d'installation -----	81
VI.2.8. Surface du poste :-----	81
VI.3. Calculs hydrauliques -----	81
VI.3.1. La variation maximale de la pression -----	81
VI.3.2. Dimensionnement des canalisations du réseau : -----	82
Conclusion-----	85

Chapitre VII : Calcul technico-économique

Introduction-----	87
VII.1 Différents travaux à entreprendre -----	87
VII.2. Facture des différents types de conduites du réseau de distribution-----	88
VII.3 Frais des travaux sur réseau d'irrigation..... -----	90
<i>Calcul des volumes de déblais et remblais</i> -----	90
<i>Volume du déblaiement</i> -----	90
<i>Volume de remblais</i> -----	90
<i>Volume de sable</i> -----	90
Calcul des différents volumes -----	91
Estimation du cout du projet -----	92
Conclusion-----	93
Conclusion générale-----	95

Liste des tableaux

Chapitre I : Présentation de la zone d'étude

Tableau I. 1: Précipitations mensuelles de la station de Sétif. -----	7
Tableau I. 2: Données de températures recueillis dans la station de Sétif en °C. -----	8
Tableau I. 3: Les valeurs de l'humidité relative de l'air en %. -----	9
Tableau I. 4: La vitesse du vent en m/s. -----	9
Tableau I. 5: Nombre de jours de sirocco durant l'année. -----	9
Tableau I. 6: Nombre moyen de jours de gelée blanche. -----	10
Tableau I. 7: Moyenne mensuelle de l'insolation. -----	11
Tableau I. 8: Caractéristiques climatiques. -----	11
Tableau I. 9: Répartition en tranche d'âge et par sexe de la population de la wilaya de Sétif. -----	15

Chapitre II : Ressources en sol

Tableau II. 1: Résultat analytique du profil 1. -----	20
Tableau II. 2: Résultat analytique du profil 2. -----	23
Tableau II.3 : Propriétés hydrodynamiques des sols -----	24
Tableau II. 4: Distribution du foncier a la zone d'étude par classes. -----	25
Tableau II. 5: Les aptitudes culturales associées à chaque zone. -----	26

Chapitre III : Ressources en eau

Tableau III. 1: Fiche synoptique du barrage de MAHOUANE. -----	31
Tableau III. 2: Classe des eaux en fonction de la conductivité électrique. -----	33
Tableau III. 3: Composition chimique de l'eau du barrage. -----	34
Tableau III. 4: Caractéristiques de la station pluviométrique. -----	36
Tableau III. 5: Pluie moyenne mensuelle observé de la station de FERMATO. -----	37
Tableau III. 6: Test de Wilcoxon de la station de FERMATO. -----	39
Tableau III. 7: Ajustement a la loi normale. -----	42
Tableau III. 8: Ajustement a la loi log normale. -----	43
Tableau III. 9: Test de validité de l'ajustement. -----	44
Tableau III. 10: Année de calcul. -----	45

Chapitre IV : Besoins en eau des cultures

Tableau IV. 1: Occupation agricole actuelle. -----	49
Tableau IV. 2: Gamme de cultures proposées à la zone d'étude. -----	49
Tableau IV. 3: Les assolements proposés. -----	50
Tableau IV. 4: Calendrier d'occupation des sols pour les cycles culturaux. -----	51
Tableau IV. 5: Calcul de l'évapotranspiration. -----	54
Tableau IV. 6: Estimation des besoins en eau de l'orge en vert. -----	56
Tableau IV. 7: Estimation des besoins en eau du blé et de l'avoine. -----	56
Tableau IV. 8: Estimation des besoins en eau de l'oignon. -----	57
Tableau IV. 9: Estimation des besoins en eau de la tomate. -----	57
Tableau IV. 10: Estimation des besoins en eau de la pomme de terre saison. -----	58
Tableau IV. 11: Estimation des besoins en eau des choux. -----	58
Tableau IV. 12: Estimation des besoins en eau des carottes. -----	59
Tableau IV. 13: Estimation des besoins en eau de l'olivier. -----	59
Tableau IV. 14: Estimation des besoins en eau du pommier. -----	60
Tableau IV. 15: Besoin en eau de l'assolement 1. -----	61
Tableau IV. 16: Besoin en eau de l'assolement 2. -----	61
Tableau IV. 17: Les besoins totaux du périmètre. -----	63

Chapitre V : Etude du système d'adduction

Tableau V. 1: Superficie des différents secteurs du périmètre. -----	67
Tableau V. 2: Choix du diamètre de la borne. -----	69
Tableau V. 3: Calcul des débits des ilots et choix du diamètre des bornes. -----	69
Tableau V. 4: Les paramètres de perte de charge. -----	72
Tableau V. 5: Résultat de calcul (Vitesse, Perte de charge, Pression). -----	75

Chapitre VI : Dimensionnement a la parcelle

Tableau VI.1 Récapitulatif des calculs hydrauliques.....	84
----------------------------------------------------------	----

Chapitre VII : Calcul technico-économique

Tableau VII1 : Facture des différents types de conduites du réseau de distribution.....	92
Tableau VII2 : Fourniture de pose de pièces spéciales.....	89
Tableau VII.3.Quantité des travaux de terrassement.....	94
Tableau VII.4 : Coût des travaux de terrassement.....	95

Liste des figures

Chapitre I : Présentation de la zone d'étude

Figure I. 1: Plan de situation de la wilaya de Sétif. -----	4
Figure I. 2: carte de situation de la zone de projet. -----	5
Figure I. 3: Diagramme bioclimatique d'EMBERGER. -----	13
Figure I. 4: Climogramme pluviométrique de Gaussien. -----	14

Chapitre III : Ressources en eau

Figure III. 1: Barrage de MAHOUANE. -----	31
Figure III. 2: Conduites de distribution pour l'irrigation. -----	32
Figure III. 3: Diagramme (selon RIVERSIDE) de classification des eaux d'irrigation. -----	35
Figure III. 4: Ajustement a la loi normale. -----	42
Figure III. 5: Ajustement a la loi Log normale. -----	44

Chapitre VI : Dimensionnement a la parcelle

Figure VI.I : calcul du pourcentage d'humification	79
Figure VI.2 : schéma explicatif du système goutte à goutte.....	84

Chapitre VII : Calcul technico-économique

Figure VII.1: Schéma Disposition de la conduite dans une tranchée -----	91
-------------------------------------------------------------------------	----

Liste des annexes

<i>ANNEXE I: Humidités pondérales en % de poids sec.....</i>	<i>99</i>
<i>ANNEXE II : Prix unitaire des conduits par CHIALI.....</i>	<i>100</i>
<i>ANNEXE III : FONCTION DE REPARTITION DE LA LOI NORMALE REDUITE</i>	<i>101</i>
<i>ANNEXE IV : COEFFICIENT CULTUREL KC DE CHAQUE CULTURE.....</i>	<i>102</i>

Liste des planches

Planche 1: Plan de situation de la zone d'étude par rapport au barrage et aux autres secteurs

Planche 2: Plan d'adduction du secteur 5 de plaines Setifiennes

Planche 3: Plan de reseau d'Irrigation par goutte a goutte du Ilot N°17
des plaines Setifiennes secteur 5 (**W.SETIF**)

Planche 4: Profil en long de la conduite distribution du secteur 5 W.Sétif

Introduction générale

Vu les aléas climatiques, et leurs impacts sur l'agriculture, le recours à l'irrigation est dans la plupart des cas nécessaire pour garantir le maintien d'une production suffisante dans de nombreuses régions. Sachons que l'irrigation doit combler les insuffisances des précipitations lors des périodes de développement des plantes cultivées. Dans ce cas, il est important de maîtriser les quantités d'eaux nécessaires de l'eau leurs caractéristiques afin de garantir des éléments de valeur concernant sa qualité.

L'objet de l'aménagement hydro-agricole d'un périmètre est l'amélioration du rendement des cultures, en choisissant le système convenable pour la région d'étude après l'analyse de toutes les conditions nécessaires dans l'élaboration du projet.

Le présent travail a pour objectif l'aménagement hydro-agricole des plaines Sétifiennes tout en permettant de réaliser les transformations nécessaires pour irriguer la zone délimitée avec l'eau provenant du barrage de «**Mahouane**».

Ainsi, afin de répondre à cet objectif, une étude détaillée du relief et de la pédologie du site sera détaillée dans les chapitres 1,2 et 3, l'analyse des ressources en eau et les besoins en eau des cultures sera détaillée dans les chapitres 4 et 5.

Ce qui permettra dans les derniers chapitres de dimensionner le réseau d'irrigation à partir des eaux du barrage de Mahouane en utilisant les systèmes d'irrigation par goutte à goutte.

En fin une analyse technico économique sera nécessaire pour évaluer la faisabilité du projet hydro-agricole du périmètre des plaines setifiennes.

Chapitre I

Présentation de la zone d'étude

Chapitre I : Présentation de la zone d'étude

Introduction

Dans le cadre d'une bonne conception de réseau d'irrigation, il est essentiel de comprendre et d'analyser divers facteurs dans le développement de la conservation de l'eau et de l'agriculture.

Une étude détaillée des principaux facteurs climatiques nous permettra de déterminer le type de climat qui caractérise la zone d'étude.

Ce chapitre donnera une introduction générale au site de recherche du point de vue de la situation géographique et des conditions climatiques.

I.1) Localisation et présentation de la zone d'étude

I.1.1) Situation géographique

La wilaya de Sétif se trouve à l'Est de l'Algérie à 300 km de la capitale Alger et a 100 km des cotes Maritimes sur les hautsplateaux qui séparent l'Atlas du nord et celui du sud avec une altitude 1000 etc mètres de hauteur et d'une superficie de 6504 Km². Cette situation confère à la ville de Sétif un climat mainland avec un hiver très froid et un été très chaud.

La région est connue par ses potentialités édaphiques particulièrement les hautes Plaines Sétifiennes. Ces Plaines qui englobent une surface de 28.228 hectares bruts sont étendues entre les wilayas de Sétif et de Bordj Bou Arreridj.

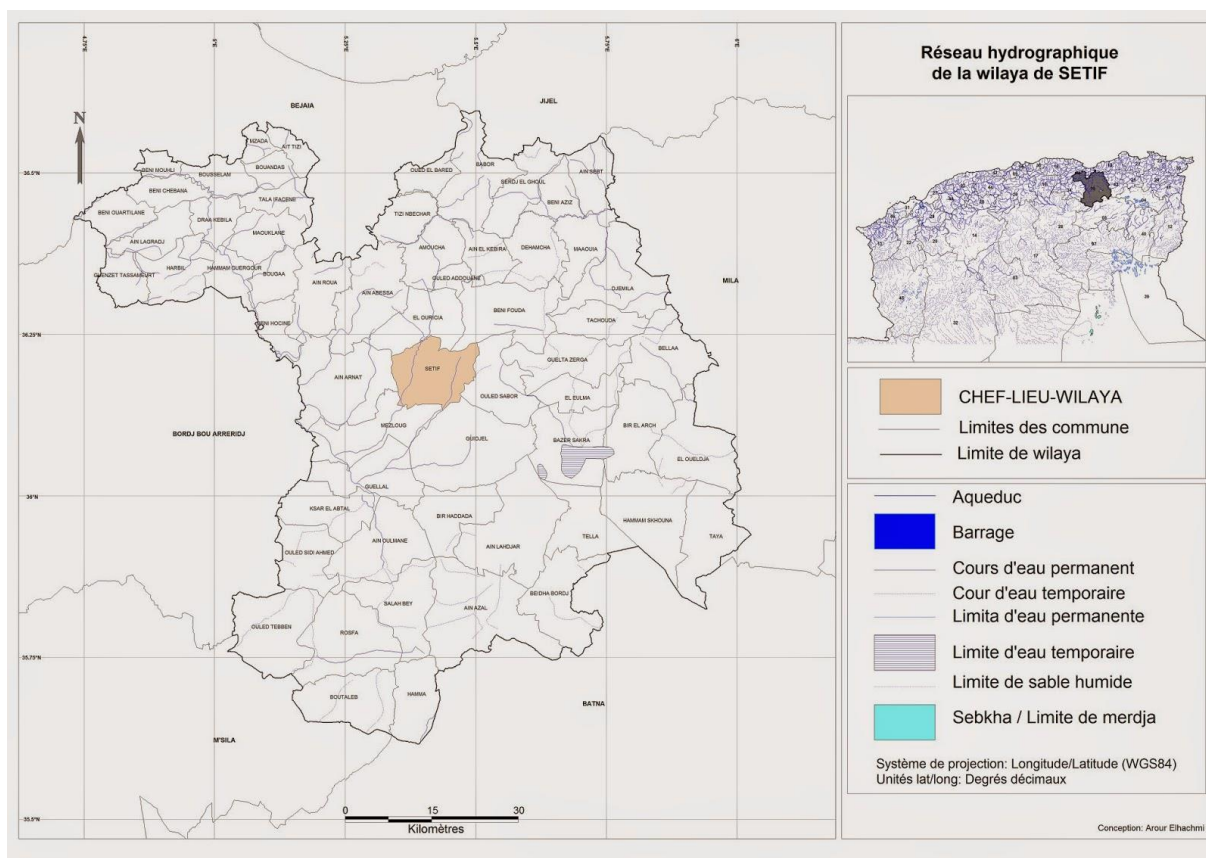


Figure I. 1: Carte de situation de la wilaya de Sétif

Echelle : 1/ 1 000 000 ème

Les Plaines Setifiennes occupe une superficie de 15 000 ha, Nous avons distingué deux Plaines:

La Plaine de Mezloug est entièrement située dans la wilaya de Sétif. Cette Plaine est à plus de 1000 mètres d'altitude et à 300 Km à l'Est d'Alger.

Elle est limitée:

À l'Est par Ain Arnat – Mezloug

À l'Ouest par Bir Kasdali

Au Nord par les monts de la chaîne des Babors

Et au sud par les crêtes du Hodna.

La plaine d'Ain Taghrout se localise à la limite de la Wilaya de Bordj Bou Arréridj. Cette plaine est limitée au Nord par les monts des Babors, à l'est par Ain Arnat Mezloug.

L'irrigation des plaines se fera à partir du barrage de Mahouane, situé sur le cours supérieur de l'oued Bou Sellam et qui sera alimenté par le barrage d'Ighil Emda.



Figure I. 2: carte de situation de la zone de projet.

Echelle : 1/1 000 000 ème

I.1.2) Voies de communication

Le réseau routier dans la zone d'étude est généralement bien réparti. Le réseau routier de la ferme est composé de plusieurs pistes et chemins de wilaya. Ces routes goudronnées et ces pistes traversent la zone d'étude et peuvent facilement relier les exploitations agricoles et les routes principales, telles que : RN 05 d'Alger à Constantine, la route de Wilaya entre BBA, Hammam Ouled Yellés, Guellal et Guidjel. L'autoroute est-ouest traverse le périmètre irrigué.

I.2) Réseau hydrographique

La zone d'étude est traversée par un ensemble important d'oued. Les principaux oueds qui traversent la région étudiée et par zones sont les suivants :

1- Zone de Mezloug :

- Oued Bou Sellam

2- Zone intermédiaire :

- Oued Bou Sellam
- Oued Tixter

3- Zone de Ain Taghrout:

- Oued Ain Taghrout

La région située au nord de Sétif est drainée par l'oued Bou Sellam, d'axe sensiblement Nord – sud, et son affluent de rive droite, l'oued El Guessar, sur lequel sera implantée la retenue de Mahouane.

I.3) Géologie

Les plaines Sétifiennes sont principalement des formations quaternaires, et quelques formations calcaires. Cependant on rencontre aussi des formations du mio-pliocène à l'Ouest de la zone d'étude.

I.3.1) les formations quaternaires

- Alluvions récentes ou actuelles : ce sont surtout des limons et des graviers rencontrés le long des oueds et quelques galets gréseux provenant du mio-pliocène qui se caractérise par un mauvais drainage. Ce qui permet le développement d'une végétation herbacée et qui constitue d'excellents pâturages.
- Terres arables, formation de pente, alluvions anciennes et quaternaire indéterminé : ce sont des placages limoneux qui eux ne sont qu'exceptionnellement inondables et sur lesquels s'est installés des sols bruns calcaires.
- Villafranchien probable : calcaires lacustres, sols à croute, cailloutis fluviaux, ces

niveaux sont ravinés par des argiles. Sur les croutes sont installés des sols peu profonds ou la partie la plus récente est une nouvelle croute dont l'épaisseur est comprise généralement entre 2 à 10 cm, alimentée en carbonate par la croute massive et que les labours doivent disloquer.

I.3.2) les formations mio-pliocènes

- Mio-pliocène continental : sables, limons rougeâtres, cailloutis et conglomérats. C'est une puissante accumulation de cailloutis de limons rougeâtres argilo-sableux ou marno-calcaires qui correspond a des épandages fluviatiles dans un bassin dépendant de la dépression Sétifienne.

I.4) Conditions climatiques

Les conditions climatiques sont importantes dans la mesure où elles affectent le choix des cultures et les modes de mise en valeur. Elles déterminent le potentiel d'évapotranspiration des plantes ainsi que leurs besoins en eau.

Dans un projet d'irrigation, outre les facteurs climatiques les plus déterminants tenant à la situation géographique du projet et à ses données de températures et de pluviométrie, d'humidité relative, d'évapotranspiration, d'intensité des vents et leur direction, ainsi que l'ensoleillement forment un ensemble d'éléments décisifs.

La zone d'étude est caractérisée par un climat continental semi aride avec un hiver froid, des gelées fréquentes et des chutes de neige, l'été au contraire est sec et chaud, avec parfois un vent du sud sec (Sirocco).

Pluviométrie

Le régime pluviométrique est irrégulier en quantité et en intensité, les vents froids d'hiver et de printemps provenant du nord et nord-ouest influent sur les périodes de pluviosité et exercent une action sur la réserve hydrique du sol. Les pluies annuelles moyennes sont de 396.2 mm/an.

Les pluies mensuelles moyennes de la station de Sétif citées dans le tableau I.1, montrent d'appréciables quantités d'eau pouvant atteindre ou dépasser parfois le cumul saisonnier hivernal. On peut également constater que dès l'automne, les premières précipitations orageuses font leur apparition.

Tableau I. 1: Précipitations mensuelles de la station de Sétif (1969-2010).

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Année
Pluies (mm)	32,42	32,25	34,14	56,79	43,47	39,79	42,97	41,74	36,74	17,6	8,5	9,82	396.2

Source : A.N.R.H

Températures

Pour l'étude du climat, nous nous sommes référées à la station climatologique de la station de Sétif gérée par l'ONM.

De façon générale, à Sétif l'hiver est très froid notamment le mois de janvier avec une température minimale moyenne de -3°C et le minimum absolu observé est de -8°C .

Par contre l'été se caractérise par une température moyenne maximale pendant le mois de juillet qui avoisine les 37.7°C .

Le risque de gelée s'observe à partir du mois de novembre pour atteindre le maximum pendant la période de décembre à février. Il disparaît fin mars.

Le tableau 2 englobe les températures de l'air d'après les données de l'ONM s'étalant sur une période de 15 ans d'observation comme indiqué

Tableau I. 2: Données de températures recueillis dans la station de Sétif en $^{\circ}\text{C}$.

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
Min ($^{\circ}\text{C}$)	0.4	1.1	3.2	5.5	9.2	13.5	16.9	16.7	13.9	9.1	4.5	1.3	7.9
Max ($^{\circ}\text{C}$)	9.2	11.0	14.0	18.1	22.4	27.7	32.5	31.9	27.0	20.4	14.0	10.1	19.9
Moy ($^{\circ}\text{C}$)	4.8	6.0	8.6	11.8	15.8	20.6	24.7	24.3	20.4	14.7	14.7	5.7	13.9

Source : O.N.M

min : moyenne de tous les minima

Max : moyenne de tous les maxima

Moy : moyenne mensuelle

Humidité relative

L'humidité relative ou état hydrométrique (exprimé en %) est le rapport de la tension de vapeur à la tension maximale. La moyenne mensuelle de l'humidité relative est de **70%** à Sétif.

Tableau I. 3: Les valeurs de l'humidité relative de l'air en %.

Mois	sep	oct	nov	dec	jan	fev	mars	avr	mai	juin	juil	aout
Humidité	85	73	81	85	83	77	76	72	65	62	52	50

Source : O.N.M

Vent

Les vents influent considérablement sur le l'évapotranspiration, de plus ils représentent un facteur important dans le cas de l'irrigation par aspersion.

Au cours de l'année, les vents dominants sont de direction Nord-Ouest. Les vents de direction Nord-est sont frais et chauds, et peuvent favoriser les maladies cryptogamiques. La moyenne annuelle de la force du vent est de 2.9m/s. La fréquence de la direction du vent est présentée dans le tableau suivant :

Tableau I. 4: La vitesse du vent en m/s.

Mois	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
V (m/s)	2.9	3.1	3.1	2.9	2.9	2.9	2.7	2.8	2.7	2.8	2.8	2.8

Source : A.N.R.H

Le sirocco

Le sirocco est fréquent dans la zone d'étude, il se manifeste de Mai à Septembre, ce vent sec et chaud peut causer des dégâts importants aux cultures en faisant augmenter la température et en asséchant le sol. Le nombre moyen de jours de sirocco est de 40.8 à Bir Kasd Ali et 15.8 à Sétif.

Tableau I. 5: Nombre de jours de sirocco durant l'année.

Mois	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
Jours (Sétif)	0	0	1	2	1	2	3	2	2	2	1	0

Source : O.N.M

La gelée

Le problème des gelées est particulièrement important dans les Plaines Sétifiennes. Le maraîchage et les autres espèces sensibles subissent régulièrement des dégâts dus au gel. Ce phénomène par son intensité, sa fréquence et sa localisation conditionnent l'établissement de vergers et l'implantation de cultures nouvelles dans le futur périmètre irrigué.

Le risque de gelée se produit lorsque le minimum moyen de température se situe au-dessous de 10°C. Le phénomène s'observe à partir du mois de novembre pour atteindre le maximum pendant la période de décembre à février. Il disparaît fin mars.

La gelée blanche est un phénomène correspondant à un dépôt de cristaux de glace sur une surface refroidie par rayonnement nocturne. Dans les plaines Sétifiennes, ce phénomène est fréquent.

Tableau I. 6: Nombre moyen de jours de gelée blanche.

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
Sétif	7.8	6.4	4.2	1.8	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	3.6	9.3	33.5

Source : O.N.M

Neiges

Sur les hautes plaines sétifiennes, les chutes de neige tombent pendant plusieurs jours de fin novembre à début Avril, soit 17 jours en moyenne par an. L'enneigement est important. Les quantités d'eau produites par la neige vont alimenter les nappes, principalement, celles de la terrasse alluviale.

La grêle

La grêle est un phénomène qui se produit fréquemment d'Avril à Mai. On observe en moyenne quatre averses de grêle dans l'année.

L'enseillement

La quantité d'heures d'enseillement dans la région est élevée : la moyenne annuelle est de 8.2 heures par jour. L'enseillement annuel total est de 2 990 heures réparties entre 1 169 heures en hiver et 1 821 heures en été.

Tableau I. 7: Moyenne mensuelle de l'insolation.

Mois	sep	oct	nov	dec	jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout
h/j	9.33	7.16	5.73	4.03	6.32	7.86	7.55	8.63	8.52	11.13	11.9	10.16

Source : O.N.M

I.5) Indices agro-météorologiques

I.5.1) Classification du climat selon l'indice de De Martone :

Le type de la zone climatique est déterminé à partir des données climatiques citées antérieurement, introduits à la formule de « De Martone ».

$$I = P/(T + 10) \dots\dots\dots (I.1)$$

Avec :

I : indice d'aridité.

P : pluviométrie annuelle en mm

T : température moyenne annuelle de l'air en °C.

Donc :

$$I = 365.5 / (13.9 + 10)$$

$$I = 15.29$$

Les limites des zones climatiques d'après l'indice de « De Martonne » sont données dans le tableau suivant :

Tableau I. 8: Caractéristiques climatiques.

Valeur de l'indice d'aridité	Type de climat
$I < 5$	Désertique
$5 < I < 10$	Très sec (aride)
$10 < I < 20$	Sec (semi aride)
$20 < I < 30$	Relativement humide (sub-humide)
$I > 30$	Humide

Source: Bulletin n°24 FAO.

Au vu des valeurs de l'indice d'aridité obtenues, à partir de la formule « De Martone », le périmètre des plaines Sétifiennes dont fait objet cette étude, se trouve dans l'étage bioclimatique semi-aride.

I.5.2) Classification du climat selon le diagramme d'Emberger

Le **quotient pluviométrique** ou indice climatique d'Emberger sert à définir les cinq différents types de climats méditerranéens, depuis le plus aride, jusqu'à celui de haute montagne, il s'exprime comme suit :

$$Q = (2000 \times p)/(M^2 - m^2) \dots\dots\dots(\mathbf{I.2})$$

Avec :

Q : Coefficient pluviométrique d'Emberger.

P : Précipitation moyenne annuelle (mm).

M : Température maximale maximale du mois le plus chaud (Kelvin).

m : Températures minimale du mois le plus froid (Kelvin).

Pour :

- p= 396.2 mm
- M= 32.5 °C
- m= 0.4 °C

On a :

- M = 32.5+273= 305.5 °K
- m = 0.4+273= 273.4 °K

AN :

$$Q = 39.33 \text{ mm}$$

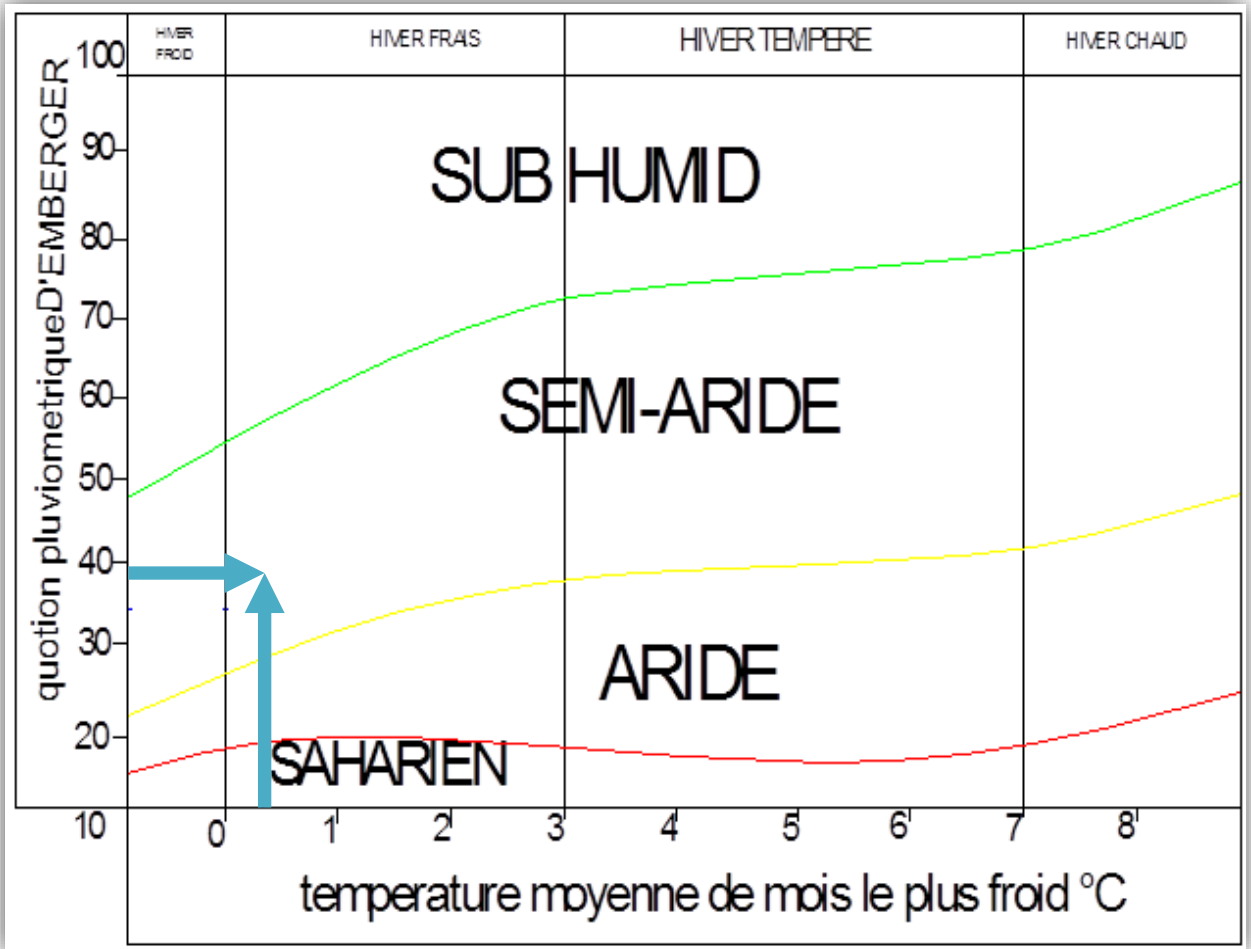


Figure I. 3: Diagramme bioclimatique d'EMBERGER.

D'après le diagramme bioclimatique d'EMBERGER on peut dire que le climat de notre région est un climat semi aride.

I.5.3) Classification du climat selon l'indice de Bagnouls et Gausson

L'aridité est un phénomène climatique impliquant une pluviométrie faible, Dans les régions dites arides, les précipitations sont inférieures à l'évapotranspiration potentielle (notée ETP).

Selon Henry Gausson une période donnée est dite aride si : $P < 2 \times T$

Le diagramme ombrothermique permet la détermination de la période sèche, 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.

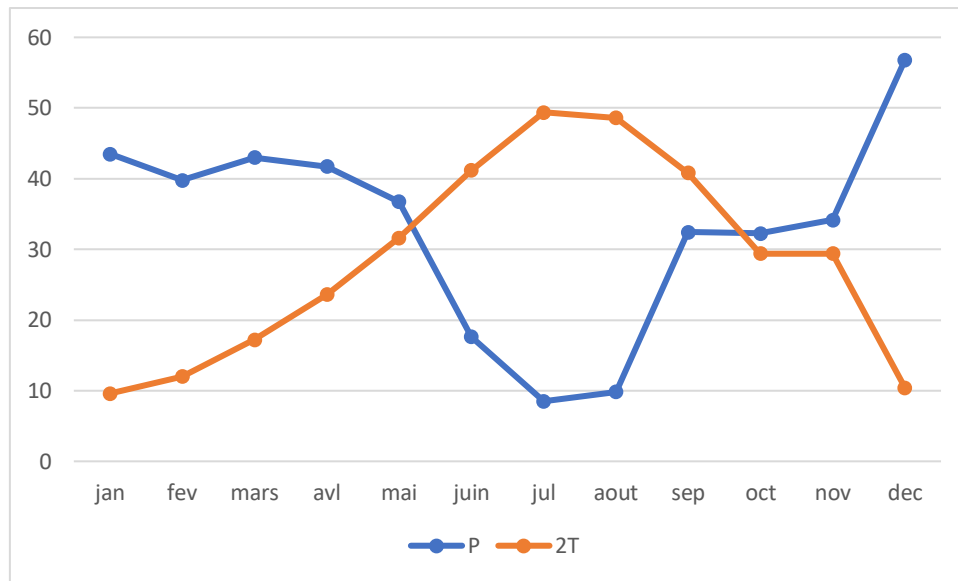


Figure I. 4: Climogramme pluviométrique de Gausсен.

D'après BAGNOULS et GAUSSEN (1953), un mois sec est un mois où les précipitations sont inférieures à 2 fois la température moyenne mensuelle ($P < 2T$).

D'après le graphe la période sèche s'étend sur plus de 6 mois ce qui confirme le caractère semi-aride de cette zone.

I.6) Etude socio économique

I.6.1) POPULATION

La population de la wilaya de Sétif est estimée en 2008 à 1.496 million. Elle est répartie sur 60 communes avec des densités de population très variables. Cette densité présente une forte étendue. Les valeurs extrêmes peuvent aller jusqu'à 2 140 hab / km².

La densité moyenne pour la wilaya est de 228 hab. / km². En ce qui concerne les communes concernées par le projet on peut relever les caractéristiques suivantes :

- La commune de **Guellal** a une population de 22 321 habitants avec une densité de 178 hab/km².
- La commune de **Aïn Oulmene** a une population de 73 831 habitants avec une densité de 139 hab/ km².
- La commune de **Bir Haddada** a une population de 20 860 habitants avec une densité de 142 hab/km².

Tableau I. 9: Répartition en tranche d'âge et par sexe de la population de la wilaya de Sétif.

Sexe Age	Masculin	Féminin	Ensemble	%
0-4 ans	68.832	67.761	136.593	9,14
5-9 ans	88.706	85.247	173.953	11,64
10-14 ans	107.253	103.165	210.418	14,08
15-19 ans	108.011	105.544	213.555	14,29
20-24 ans	79.786	76.683	156.469	10,47
25-29 ans	61.743	62.146	123.883	8,29
30-34 ans	49.979	50.150	100.129	6,70
35-39 ans	46.614	45.593	92.207	6,17
40-44 ans	38.714	37.653	76.367	5,11
45-49 ans	31.084	27.947	59.031	3,95
50-54 ans	15.031	15.455	30.486	2,04
55-59 ans	13.551	15.142	28.693	1,92
60 ans et plus	45.443	47.216	92.659	6,20
Ensemble	754.747	739.702	1494.449	100
%	50,50	49,50	100%	-

Source : APC.

Conclusion

Dans le présent chapitre nous avons fait une présentation générale de la zone d'étude afin de mieux connaître le périmètre, en particulier les conditions climatiques de la zone d'étude.

Les paramètres agro-météorologiques indiquent que notre zone est soumise à un régime pluviométrique semi-aride. Dans ce cas, l'introduction de l'irrigation s'avère utile pour l'intensification des cultures.

Chapitre II

Ressources en sol

Chapitre II : Ressources en sol

Introduction

La pédologie est la science qui étudie la formation et l'évolution d'un sol sous l'action du milieu, du climat, de l'activité biologique, et de la végétation.

L'étude pédologique est un facteur primordial pour prendre en compte la nature et la distribution des caractéristiques et des contraintes relevant des sols.

II.1) Classification des sols

La classification des sols utilisée est celle de la CPCS, 1967, conjointement avec celle de Ruellan, 1975, sur les sols méditerranéens calcaires.

Les critères de classification utilisés sont surtout : la profondeur, la teneur en calcaire total et actif (forme d'accumulation de calcaire), hydromorphie, halomorphie et la recalcarification.

La prospection pédologique et l'analyse des différents échantillons prélevés ont révélés l'existence de deux (02) classes :

- Classe des sols peu évolués
- Classe des sols calcimagnésiques (peu différenciés et différenciés)

Les sols calcimagnésiques occupent la plus grande superficie car on se trouve dans la voie calcimorphe. les sols peu évolués, se sont développés principalement au niveau des terrasses alluviales de Bou sellam, Ben Diab et F'taissa.

II.2) Caractéristiques morphologiques et analyse des sols

A. Les sols peu évolués

Les sols peu évolués ont un profil de type AC et caractérisés par une faible altération du milieu minéral et une faible teneur en matière organique. On les rencontre sur plusieurs types de roches : alluvions récentes, alluvions anciennes, encroutement calcaire et dalle calcaire.

Il s'agit de sols formés aux dépens d'un matériau transporté par l'eau, la matière organique, le plus souvent a évolution rapide s'incorpore profondément, Ils sont calcaires dès la surface et a texture fine a très fine.

Profil n°1○ **Situation :**

- Localisation : a 15 m d'un forage
- Coordonnées Lambert : X= 740.100 Y=310.650 Z= 925m
- Site : bord de la parcelle
- Topographie : plane
- Géomorphologie : terrasse alluviale
- Utilisation du sol : cultures maraichères
- Charge de surface : 10-15% de cailloux et graviers calcaires
- Drainage externe : nul
- Erosion : nulle
- Microrelief : plat
- Aptitude : bonne
- Roche mère : alluvions récentes
- Classification : sols peu évolués- non climatique- d'apport alluvial- modal- sur alluvions récentes- profond- texture argileuse.
-

○ **Description des horizons :**

0-30 cm : état frais, couleur 10YR 5/3.5 (brun), humide, texture argileuse, structure massive a sous structure polyédrique moyenne, collant (trempé), plastique (état humide), cohérent, compact, non poreux, activité biologique faible a nulle, Hcl+++ , transition nette.

30-115 cm : état frais, couleur 10 YR 5/3.5 (brun), humide, texture argileuse, structure massive a sous structure polyédrique prismatique, friable, collant (trempé), plastique (état humide), peu cohérent, peu poreux (micropores), activité biologique faible (restes des coquilles d'escargots, gastéropodes et quelques radicelles), réaction à l'HCL relativement importante.

Tableau II. 1: Résultat analytique du profil 1.

Profondeur (cm)	0-30	30-115
<u>Granulométrie :</u>		
Argile %	57	56
Limons fins%	28	28
Limons grossiers%	8	8
Sables fins%	3	3
Sables grossiers%	1	0
<u>Matière organique :</u>		
Matière organique%	2.41	1.93
C%	14	11.2
N%	1.42	1.19
C/N	10	9
<u>Reserve minérales :</u>		
CaCo3 total	27	27.4
CaCo3 actif	14.74	15.37
P205 total a P%	4.83	4.22
P205 assimilable (ppm)	210	95
K2o%	3.14	3.59
K2o assimilable mg/100g	40	24
<u>Complexe absorbant :</u>		
Ca++ en meq/100g	34	35
Mg++ en meq/100g	3.79	3.20
K+ en meq/100g	0.87	1.63
Na+ en meq/100g	-	-
T en meq/100g	31	35
<u>Solution du sol :</u>		
pH	7.90	7.80
CE du sol mmhos/cm	1.69	1.57
<u>Caractéristiques physiques :</u>		
pF 4.2	25	24.4
pF3	30.8	29
K Henin	4.1	12.4
Is	3.8	1.8

B. Les sols calcimagnésiques

Les sols calcaires sont des sols dont l'évolution est marquée par la présence en excès d'ions alcalino-terreux. Il ya deux raisons principales à cette présence de calcaire :

Les roches sont fréquemment calcaires puis le régime pluviométrique est peu favorable à un entrainement profond des solutions et en conséquence, a un lessivage du calcaire hors des sols.

Ils sont généralement caractérisés par la présence de trois horizons principaux.

Dans la partie moyenne du sol, un horizon d'accumulation de calcaire : horizon Bca qui peut être plus ou moins développer ils sont très répondu dans la zone d'étude.

Profil n°2

○ Situation :

- Localisation : à 25 m de la route menant à ouled Boutara
- Coordonnées Lambert : X= 731.200 Y= 308.650 Z=900 m
- Site : bord de la parcelle
- Topographie : plane
- Géomorphologie : plaine
- Utilisation du sol : labouré
- Charge de surface : 20-25% de cailloux et graviers calcaires
- Drainage externe : nul
- Erosion : nulle
- Microrelief : plat
- Aptitude : bonne
- Roche mère : alluvions anciennes
- Classification : sols calcimagnésique, carbonatés, brun calcaire peu différencié, modal, sur alluvions anciennes, profond, texture limono –argileuse

○ **Description des horizons :**

0-25cm : état sec, couleur 10YR 4/6 (brun jaunâtre foncé), humide, texture limono-argileuse, 5-8% de cailloux et graviers calcaires, structure polyédrique fine a particulière, collant (trempé), plastique (etat humide), meuble, poreux, activité biologique moyenne, Hcl+++ , transition nette.

25-50cm : état sec, couleur 10YR 5/4 (jaune brunâtre), humide, texture argileuse, 10-15% de cailloux et graviers calcaires, structure massive a sous structure polyédrique moyenne a fine, collant (trempé), plastique (état humide), cohérent, assez compact, non poreux, activité biologique moyenne, Hcl+++ , transition nette.

50-110cm :état sec, couleur 10 YR 6/6 (jaune brunatre), humide, texture argileuse, 15-20% de cailloux et graviers calcaires, structure massive a sous structure polyédrique moyenne a fine, collant (trempé), plastique (etat humide), cohérent, compact, peu poreux, activité biologique nulle.

Tableau II. 2: Résultat analytique du profil 2.

Profondeur	0-25	25-50	50-110>
<u>Granulométrie :</u>			
Argile %	34	51	50
Limons fins%	29	32	31
Limons grossiers%	16	5	6
Sables fins%	11	5	6
Sables grossiers%	6	4	3
<u>Matière organique :</u>			
Matière organique%	1.38	0.98	0.69
C%	8.01	5.7	4
N%	1.01	0.65	0.54
C/N	8	9	7
<u>Reserve minérales :</u>			
CaCo3 total	25	44.8	46.4
CaCo3 actif	15.12	18.10	17.73
P205 total a P%	1.94	2.85	2.50
P205 assimilable (ppm)	52	20	30
K2o%	1.88	1.39	1.45
K2o assimilable (mg/100g)	24	11.5	12.5
<u>Complexe absorbant :</u>			
Ca++ en meq/100g	24	18	17
Mg++ en meq/100g	3.10	4.50	6.40
K+ en meq/100g	0.71	0.26	0.32
Na+ en meq/100g	0.36	0.43	0.50
T en meq/100g	26	25	24
<u>Solution du sol :</u>			
pH	8.80	7.70	8.10
CE du sol mmhos/cm	0.85	0.81	0.85
<u>Caractéristiques physiques :</u>			
pF 4.2			
pF3	18.6	21.7	-
K Henin	23	25.7	-
Is	10.2	5.8	-
	-	-	3.7

II.3) Caractéristiques hydrodynamiques des sols :

Un sol se caractérise par un certain nombre de paramètres physiques mesurables. Les valeurs de ces paramètres sont généralement fonctions à la fois de la structure et de la texture du sol, sans toutefois leur être rigoureusement liés.

Les paramètres hydrodynamiques, qui interviennent entre autres dans le calcul de la dose d'irrigation sont résumés dans le tableau II.3 :

Tableau II.3 : Propriétés hydrodynamiques des sols.

Texture	Argileux-limoneux
Capacité au champ (%)	25
Point de flétrissement (%)	15
Vitesse de perméabilité (mm/h)	7mm/h
Densité apparente	1.4

II.4) Etude foncière

L'étude d'enquête foncière menée dans le cadre du projet nous a permis d'établir la structure foncière de la zone d'étude. Le tableau ci-dessous représente la distribution du foncier à la zone d'étude par le secteur public et privé.

Tableau II. 4: Distribution du foncier a la zone d'étude par classes.

Classes	Nombre de parcelles	Superficie (ha)	Superficie (%)
EAC	61	12.052 ,07	42,69
EAI	99	939,25	3,33
Privée	2.474	9.985,13	35,37
Publique	252	3.596,19	12,74
Inconnu	222	1.655,88	5,87
Total	3.657	28.228,52	100

Les parcelles classées comme «inconnues» sont celles où on n'a pas trouvé le propriétaire sur terrain et il n'y a pas d'information disponible au niveau du cadastre.

Sur la taille des parcelles on a constaté que les parcelles les plus grandes se trouvent entre les EAC (19,79 ha/parcelle en moyenne) et les plus petites entre les privées (4,04 ha/parcelle). Les exploitations publiques ont une superficie moyenne de 14,27 ha/parcelle. Les EAI ont une superficie moyenne de 9,49 ha/parcelle.

Par unités foncières, les EAC sont composées en moyenne par 2 parcelles et la même chose pour les propriétaires privées. La différence se trouve en la superficie des parcelles.

Les EAI sont composées par 1,5 parcelle en moyenne. Les terrains publics se composent de 7 parcelles.

II.5) Aptitudes culturales

II.5.1) Détermination des aptitudes culturales des sols

L'étude de l'aptitude culturale des sols vise à estimer la valeur agronomique des sols du point de vue cultures, cette étude est primordiale, elle permet de mieux orienter les agriculteurs dans leur choix des cultures.

Les critères de détermination des aptitudes culturales reposent essentiellement sur les caractères morphologiques des sols (profondeur essentiellement) et leur position topographique sans tenir compte de la ressource en eau. Ainsi la détermination est établie en considérant que l'on dispose d'une eau d'irrigation de bonne qualité.

Les classes des aptitudes culturales du périmètre d'étude sont résumées dans le tableau suivant :

Tableau II. 3: Les aptitudes culturales associées à chaque zone.

Zones		Zone I	Zone II
Propriétés		sont des sols profonds, à dominance Argileux-limoneux perméables, bien aérés	sont des sols moyennement profonds, Structure généralement favorable
Aptitudes	Les cultures maraîchères	Tomate, oignon, ail, pomme de terre, haricot, carotte Petits pois, Chou, concombre.	Tomate, oignon, ail, pomme de terre, haricot, carotte, concombre.
	les cultures céréalières	Blé, orge	Blé, orge
	les cultures fourragères	Avoine	Avoine
	l'arboriculture fruitière	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pêcher ▪ Pommier ▪ Olivier 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Olivier

Conclusion

L'étude pédologique est primordiale avant tout aménagement hydro-agricole d'un périmètre.

L'analyse approfondie des sols et l'analyse physico-chimique montrent que les sols calcimagnésiques sont les plus répondus dans le secteur, et qui présentent les caractéristiques suivantes :

- Texture Argileux-limoneux.
- Stabilité structurale moyenne.
- Une bonne capacité de rétention.

L'analyse des aptitudes culturales, a révélé que les sols ne présentent pas de grandes restrictions vis-à-vis des spéculations agricoles les plus consommées dans la région

Chapitre III

Ressources en eau

Chapitre III : Ressources en eau-Hydrologie

Introduction

En Algérie, du fait de l'aridité du climat, l'eau constitue un facteur de développement socio-économique important.

Sur les 100 milliards de m³ d'eau qui tombent chaque année sur l'ensemble du territoire, les eaux de ruissellement ne présentent que 12.5 milliards de m³ le reste des précipitations étant dispersé par évaporation d'environ 85% et par infiltration dans le sol d'environ 15%.

Ces chiffres montrent tous l'intérêt de disposer d'ouvrages de stockage des eaux tant pour l'irrigation que pour la production d'énergie électrique et l'industrie.

Le présent chapitre a pour objet d'examiner les ressources en eau du barrage de Mahouane qui permettent d'approvisionner en eau et d'irriguer le périmètre des plaines Sétifiennes.

III.1) Alimentation en eau du périmètre : le barrage de Mahouane

La ressource en eau provient du système de transfert qui est composé de l'ouvrage principal qu'est le barrage de Mahouane dans la Wilaya de Setif. Le barrage de Mahouane est la seule source d'eau pour le périmètre des Plaines Sétifiennes. Il est situé à 14 km au nord du périmètre d'irrigation sur le tracé de l'actuelle route RN-75.

Ce barrage fonctionnera à mode de réservoir d'eau, puisque la plupart d'eau de celui-ci proviendra du transvasement du barrage d'Ighil Emda, situé à 20 km environ au nord. La dotation d'eau de ce transvasement est de 121 hm³ par an, avec un apport testimonial du bassin versant du propre barrage de Mahouane estimé en 2,6 hm³ environ par an. Des 121 hm³ annuels nommés dans le tableau ci-dessus, dont 88,9 hm³ approximativement seront destinés à l'irrigation du périmètre et les 33 hm³ restants seront destinés à l'approvisionnement en eau potable de la ville de Sétif.

III.2) Description du système de transfert

Le système se compose de deux barrages qui permettent d'accumuler les ressources en eau disponible. Il s'agit du barrage d'Ighil Emda et du barrage de Mahouane.

Le barrage d'Ighil Emda est alimenté par l'oued d'Agrioun. Le bassin versant a une superficie de 652 km². Jusqu'à maintenant, cette retenue utilise son apport en eau pour la production d'énergie aux centrales de Kherrata et Darguinah.

D'après les études faites par l'ANBT, il a été démontré que la retenue s'envase rapidement et ils s'attendaient, à l'époque, une diminution marquée de la capacité de régulation.

La capacité initiale de la retenue était de 160 Mm³, il s'ait estimé que la capacité de régulation avait diminué jusqu'à 89 Mm³. Par conséquent, une étude de sensibilité sera réalisée en fonction de la capacité de régulation du barrage d'Ighil Emda.

En raison de l'envasement de la retenue d'Ighil Emda, la solution recommandée consiste, en partie, à construire une adduction destinée à refouler les débits d'Ighil Emda sur la retenue de Mahouane, située près de Sétif, sur l'oued d'El Guessar. Le bassin versant de cette retenue est de 20.8 km², et c'est à partir de cette retenue que s'alimentera la ville de Sétif en eau potable et que s'irriguera la région de Sétif.

III.3) Caractéristiques hydrauliques du Barrage de Mahouane

Le barrage de MAHOUANE est une retenue en enrochement avec un noyau d'Argile et d'une capacité de stockage de 147.9 Mm³.

Les caractéristiques hydrauliques du barrage de Mahouane sont présentées dans le tableau suivant :

Tableau III. 1: Fiche synoptique du barrage de MAHOUANE.

RESERVOIR		
Volume de la tranche morte	Mm ³	0,5
Capacité utile d'exploitation	Mm ³	147,40
Capacité totale	Mm ³	147,90
Cote du fond de la vallée au droit du barrage	NGA	1073,00
Cote minimale d'exploitation	NGA	1083,00
Cote de la limite d'utilisation	NGA	1088,60
Superficie du plan d'eau à la limite d'utilisation	Ha	39
Cote de la retenue normal	NGA	1146,30
Superficie du plan d'eau à la retenue normale	Ha	534
Cote des plus hautes eaux	NGA	1146,70
Volume régularisé	Mm ³	121

Les ressources en eau de la retenue proviennent principalement du refoulement du barrage d'Ighil Emda, et de l'oued El Guessar qui alimentera également la retenue.



Figure III. 1: Barrage de MAHOUANE.

Ci-dessous sont présentés les divers types de sorties d'eau pour le barrage :

- La demande en eau pour l'alimentation en eau potable de la ville de Sétif, et pour l'irrigation des plaines sétifiennes.
- Les pertes par évaporation.
- Les pertes par infiltration.
- Les 10% des apports provenant du refoulement depuis le barrage d'Ighil Emda. Ces pertes correspondent aux pertes dus au refoulement.



Figure III. 2: Conduites de distribution pour l'irrigation.

Une conduite de plus de 22 Km, de diamètre de 1800 mm sera installée, Par la différence de cote importante entre les deux barrages, il s'installera trois stations de pompage équipées d'un nombre de groupes de pompes 4 + 1 de secours par station de pompage.

Il est prévu transférer un volume annuel de 121 Mm³, et le débit d'équipement est de 6 m³/s. il est prévu de pomper un débit de 5 m³/s pendant un fonctionnement normal, et un débit de 6 m³/s pendant une crue importante.

III.3.1) Qualité de l'eau d'irrigation des eaux du barrage

La qualité chimique de l'eau provenant du barrage a été étudiée sur des échantillons prélevés au long de diverses années, et ceci a partir des eaux des barrages Mehouane et de Ighil Imda.

La classification des eaux d'après la qualité chimique a été établie selon le diagramme de l'USDA (classification américaine).

III.3.2) classification des eaux pour l'irrigation

L'eau d'irrigation qu'elle provienne de rivières ou qu'elle soit pompée dans les nappes, n'est jamais pure : elle contient des sels dissous qui suivant leur concentration, peuvent affecter le sol et les cultures. Il importe alors d'adapter les pratiques agricoles à l'eau dont on dispose, sachant que les comportements seront différents suivant la nature des sels en cause.

La classification des eaux d'irrigation est basée sur deux paramètres :

- La Conductivité électrique CE.
- le rapport d'absorption du Sodium SAR.

➤ **Classification américaine :**

La classification américaine est basée sur deux paramètres (CE à 25°C et le S.A.R)

- **La Conductivité électrique (CE) :**

La conductivité électrique est une propriété associée à la mobilité des ions, elle est mesurée à 25°C et exprimée en mmhos/cm.

On distingue quatre classes de danger de salinité de l'eau en fonction de la conductivité électrique :

Tableau III. 2: Classe des eaux en fonction de la conductivité électrique.

Classe	Conductivité électrique CE	Qualité des eaux
C1	CE ≤0.25	Eau de risque faible (salinité)
C2	0.25<CE ≤0.75	Eau de risque moyen
C3	0.75<CE ≤2.25	Eau de risque élevé
C4	CE>2.25	Eau de risque très élevé

- **Le coefficient d'absorption du sodium (S.A.R) :**

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

$$S.A.R = (Na^+)/\sqrt{((Ca^{++} + Mg^{++})/2)} \dots\dots\dots (III.1)$$

Avec : Na⁺, Ca⁺⁺ et Mg⁺⁺ en meq/l

- S1 : S.A.R <10

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

- S2 : 10 < S.A.R < 18

Les eaux contenant une quantité moyenne de sodium, peuvent présenter quelques difficultés dans les sols à texture fine, ces eaux peuvent être utilisées sur des sols à texture grossière.

- S3 : 18 < S.A.R < 26

Les eaux contenant une quantité de sel élevée, peuvent provoquer des difficultés dans la plupart des sols et ne peuvent être employées qu'avec des précautions spéciales.

S4 : S.A.R > 26

Les eaux contenant une quantité très élevée de sodium, sont généralement impropres à l'irrigation.

III.3.3) Composition chimique de l'eau d'irrigation

D'après les analyses faites au laboratoire de l'ANRH, la composition chimique moyenne de l'eau est donnée dans le tableau suivant :

Tableau III. 3: Composition chimique de l'eau du barrage.

Elément	Ca mg/l	Mg mg/l	Na mg/l	NO3 mgN/l	SO4 mg/l	CE Mmhos/cm	Alcalinité totale mg/CaCO3	PH
Barrage	70	26	17	0.3	167	0.760	130	7.9

Le calcul du S.A.R donne le résultat suivant :

$$S.A.R = \frac{17}{\sqrt{\frac{70+26}{2}}} = 2.45$$

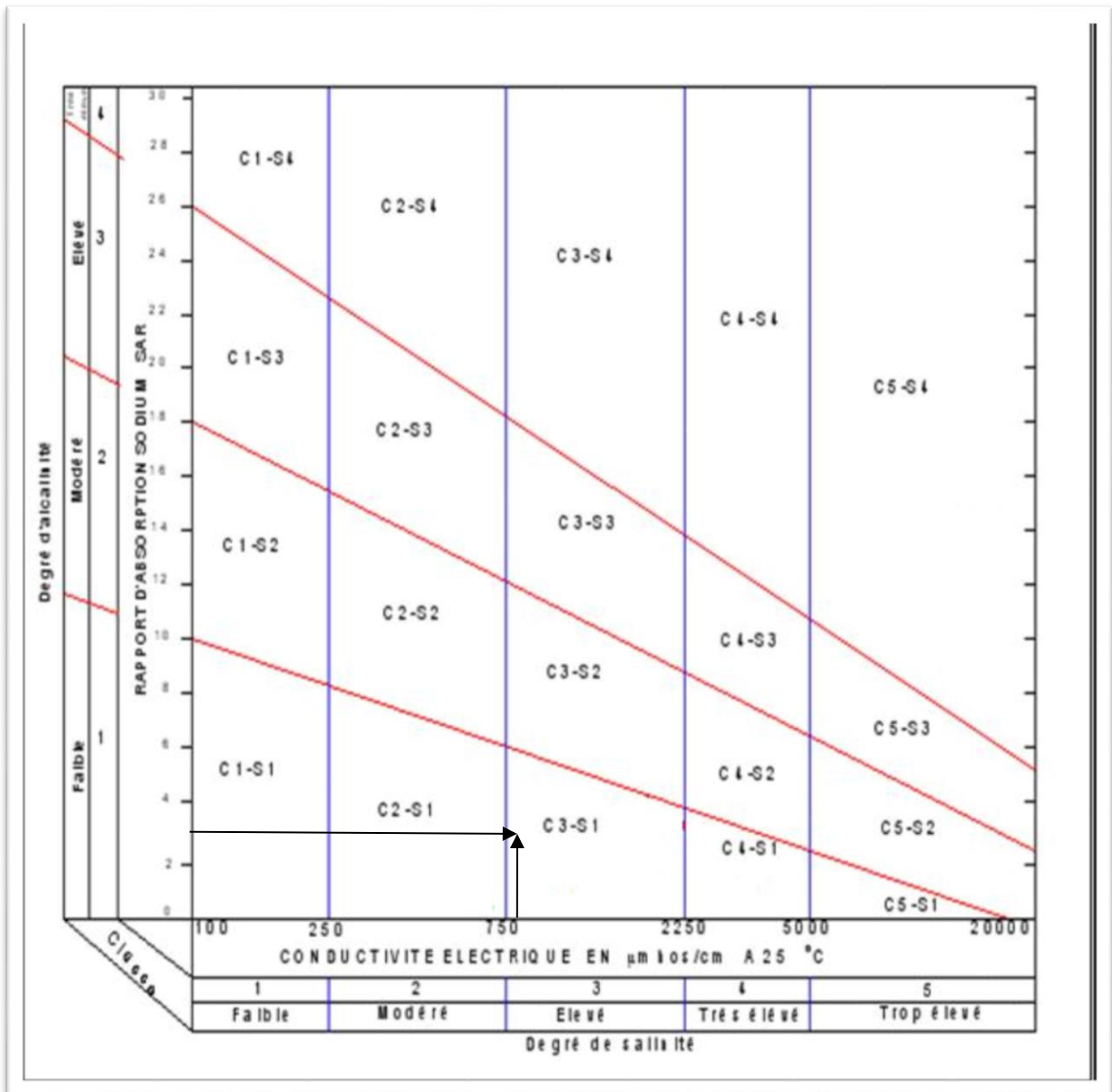


Figure III. 3: Diagramme (selon RIVERSIDE) de classification des eaux d'irrigation.

D'après les valeurs moyennes de la CE et du S.A.R des résultats d'analyse, l'eau du barrage de MAHOUANE est classée en C3 S1,

Classe S1 :la quantité du sodium est qualifiée de faible, cette eau ne posera pas de problèmes sauf éventuellement aux arbres fruitiers;

Classe de salinité C3 : la salinité est qualifiée de forte rarement très forte, elle n'est autorisée que sur des sols bien drainés et sur cultures tolérantes.

III.4) Etude hydrologique

L'étude hydrologique est nécessaire dans les projets d'irrigation, le but du présent volet est de déterminer les caractéristiques des pluies de fréquences données, qui conditionnent l'étude de notre projet d'aménagement hydro hydro-agricole.

L'étude consiste a :

- Homogénéisation des séries pluviométrique.
- L'étude fréquentielle de la série pluviométrique par des lois statistiques, et déterminer l'année de calcul.

III.4.1) Choix de la station pluviométrique

Les stations pluviométriques retenues pour l'estimation des précipitations dans le bassin versant, ont été sélectionnées sur la base de l'emplacement géographique de ces stations, et la période d'observation de ces dernières.

L'agence nationale des ressources en eau (ANRH), gère plusieurs stations pluviométriques. Pour notre région nous avons choisi la station de Fermato codée (150610) par l'ANRH, dont les coordonnées sont présentées dans le tableau suivant :

Tableau III. 4: Caractéristiques de la station pluviométrique.

La station pluviométrique	code	Coordonnées Lambert			altitude	Période d'observation	Nombre d'années d'observation
		X(Km)	Y(Km)	Z(Km)			
FERMATO	150610	742	328.6	1030	1030	1969/2010	41

La série pluviométrique de la station de Fermato est donnée dans le tableau suivant :

Tableau III. 5: Pluie moyenne mensuelle observé de la station de FERMATO.

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Tot
1969	61,9	170,4	20,3	90,5	41,2	18	65,8	25,6	29,6	5,4	5	0	533,7
1970	2,8	19	0	21,7	86,1	19,5	65,8	29,1	37,5	8,5	13,5	2	305,5
1971	20,6	18,4	45,4	25,8	133,2	15,5	32,8	65,9	42	26,5	2	1	429,1
1972	41,1	32,8	12,6	66,8	49,9	34,8	93,9	22,4	2	50	0	4,5	410,8
1973	34	17,6	3,1	20	2	47,1	52,6	24,5	26	14,4	3,2	0	244,5
1974	9,1	52,4	20	9	12	62,9	37	22,5	36,7	6,2	10	25	302,8
1975	29,4	2	47,7	46,2	10	69,3	56,7	79,7	91,3	15	16,8	28,2	492,3
1976	31	45	43,8	44,4	26,2	8,4	5,7	16,2	3,4	17,8	0	3	244,9
1977	0	11,5	17	10	1	5	19,5	29,7	36,5	5	0	1	136,2
1978	0	17,2	6,9	1,4	24,4	23,4	42,2	77,1	8,9	22,7	3	1,4	228,6
1979	23,2	0	40,7	79,3	15,6	40,6	162,5	17,1	20,8	0	0	0	399,8
1980	10,9	15,2	24,5	97,9	23,5	22	45,1	27,7	16,1	25,6	0	26,7	335,2
1981	30,8	23,3	10,4	63,5	96	54,3	57,9	80,9	68,9	30,7	0	13,8	530,5
1982	62,2	53,1	59,9	51	5,5	9,9	14,4	26,4	19	6,4	11,9	25	344,7
1983	0,3	25,3	13,7	29,3	78,9	84	0	51,4	19,7	8	2,5	6,1	319,2
1984	7,5	112,7	11,5	116,3	54,7	25,8	94,4	32,2	42,1	0,9	24,6	0,3	523
1985	39	48,9	30,5	39,3	38,2	35	70,3	23,1	32,4	31,8	9,5	12,6	410,6
1986	6,4	40,9	52,3	42,6	30,1	92,1	28,4	15,7	38,4	0	19	4,6	370,5
1987	8,3	22,8	49,2	39,4	24,3	6	45,2	40,1	49,1	28,6	8,5	1,1	322,6
1988	26,7	2,7	30	136,5	29,1	42,6	33,2	72,1	31,4	41,3	23,8	19,7	489,1
1989	39,5	8,8	10,3	14,1	35	0	22,9	66,3	51,4	35,4	7,9	14,8	306,4
1990	31,7	3,9	96,8	83,1	15,2	54	93,6	41,5	120,2	3,7	25,4	5	574,1
1991	37,3	77,6	30,6	19,2	51	30,8	29,3	104,5	71,6	22	46,6	3,5	524
1992	56,8	14,8	30,2	111,1	47,6	54,3	36	18,9	45,8	4,8	1,2	23,5	445
1993	33,7	11,1	47,2	73,4	30,7	64,7	17,2	36,4	3,7	0	14,9	8	341
1994	62,8	60	7,7	31,2	68,5	38,3	75,2	42,1	2,5	48,4	0,6	1,4	438,7
1995	41,9	34	14,8	35,4	60,8	138,7	28,8	33,9	59,4	36,4	1,8	9,1	495
1996	18,8	15,3	12,7	48,9	35,8	15,1	5	37,4	23,4	17,5	11,5	23,6	265
1997	43,9	33,4	89	65,3	26,6	56,6	16,7	62,9	98,2	25,5	0	8,8	526,9
1998	148,3	23,7	103,4	45,3	65,8	54,4	27,4	12,5	3,9	20	3,1	2,5	510,3
1999	61,1	37,4	24,5	100,7	11,4	8,2	13	17,1	34,5	6	0	6,8	320,7
2000	39,5	35,5	18,6	77,5	95	27,7	9,1	18,1	22,7	0	0	1,8	345,5
2001	55,9	7,1	23,9	9,9	26	39,7	31,7	18,6	20,2	0	29,8	0	262,8
2002	5,2	9,2	130,1	142,1	165,1	43	32,4	82,6	38,7	35,8	16,5	26,1	726,8
2003	14,4	66,1	13,5	137,9	59,4	19,6	50,7	74,9	105,4	9,9	1	56,6	609,4
2004	26	24,9	50,1	122,2	32,6	54,7	20	49,1	1,5	34,3	1,8	6,3	423,5
2005	28,4	8,4	67,9	50,3	66,1	34,1	16,8	24,7	63,1	3,8	4,5	2,3	370,4
2006	49,2	0,3	2,5	55,9	7	22,9	90,1	67,1	14,5	21,4	0	0,9	331,8
2007	29,8	22,8	17	24,8	12,6	14,1	51	19,2	45,2	5,1	22,1	15,1	278,8
2008	21,5	77	32,6	43,8	83,9	42,8	43,8	73,2	2,8	5,7	11,2	0	438,3
2009	62,6	6,8	36,6	34,7	38,4	34,7	52,3	35,2	46,7	30,5	3,6	10,6	392,7
2010	8	45,3	34,5	27,4	9,5	106,5	18,4	37,5	15,9	28,4	0	11,9	343,3
moy	32,42	32,25	34,14	56,79	43,47	39,79	42,97	41,74	36,74	17,60	8,50	9,82	396,2

III.4.2) Etude statistique des précipitations

• **Etude de l'homogénéisation de a série pluviométrique:**

Pour vérifier l'homogénéité de la série pluviométrique on procède au test de Wilcoxon ou test des rangs, ce test permet l'homogénéisation de la série sans qu'il fasse appel à une autre série pluviométrique homogène d'une station voisine, étalé sur la même période d'observation.

Soient 2 variables aléatoires Y et X, représentant respectivement 2 séries de précipitations annuelles de taille N1 et N2.

Y étant la série à étudier et X étant la série de base avec N2>N1.

Si l'échantillon Y est issu de la même population que l'échantillon X, l'échantillon nouveau YUX est également issu de la même population.

On classe les éléments de ce nouvel échantillon Y U X par ordre décroissant et on associe à chacune des valeurs le rang qu'elle occupe dans cette série.

On calcul les quantités Wy et Wx :

Wy : représente la somme des rangs des Y et c'est celle qui nous intéresse et est égale a :

$$W_y = \sum_{i=1}^n rang = 1+3+4+\dots\dots\dots+13+17+\dots\dots+n$$

$$W_x = \sum_{j=1}^{n-1} rang = 2+5+\dots\dots\dots+12+14+15+16+\dots\dots + n-1$$

L'hypothèse est vérifiée si : $W_{min} < W_y < W_{max}$

Avec :

$$W_{min} = \frac{(N_1+N_2+1)N_1-1}{2} - u_{1-\frac{\alpha}{2}} * \sqrt{\frac{N_1 N_2 (N_1 + N_2 + 1)}{12}} \dots\dots\dots \text{(III.2)}$$

$$\text{Et : } W_{max} = (N_1 + N_2 + 1)N_1 - W_{min} \dots\dots\dots \text{(III.3)}$$

$U_{1-\frac{\alpha}{2}}$: représente la valeur de la variable centrée réduite de Gauss correspondant a une

probabilité de $1 - \frac{\alpha}{2}$

Tableau III. 6: Test de Wilcoxon de la station de FERMATO.

rang	série	X	y	Tri	X U Y
1	533,7	533,7	341	726,8	y
2	305,5	305,5	438,7	609,4	y
3	429,1	429,1	495	574,1	x
4	410,8	410,8	265	533,7	x
5	244,5	244,5	526,9	530,5	x
6	302,8	302,8	510,3	526,9	y
7	492,3	492,3	320,7	524	x
8	244,9	244,9	345,5	523	x
9	136,2	136,2	262,8	510,3	y
10	228,6	228,6	726,8	495	y
11	399,8	399,8	609,4	492,3	x
12	335,2	335,2	423,5	489,1	x
13	530,5	530,5	370,4	445	x
14	344,7	344,7	331,8	438,7	y
15	319,2	319,2	278,8	438,3	y
16	523	523	438,3	429,1	x
17	410,6	410,6	392,7	423,5	y
18	370,5	370,5	343,3	410,8	x
19	322,6	322,6		410,6	x
20	489,1	489,1		399,8	x
21	306,4	306,4		392,7	y
22	574,1	574,1		370,5	x
23	524	524		370,4	y
24	445	445		345,5	y
25	341			344,7	x
26	438,7			343,3	y
27	495			341	y
28	265			335,2	x
29	526,9			331,8	y
30	510,3			322,6	x
31	320,7			320,7	y
32	345,5			319,2	x
33	262,8			306,4	x
34	726,8			305,5	x
35	609,4			302,8	x
36	423,5			278,8	y
37	370,4			265	y
38	331,8			262,8	y
39	278,8			244,9	x
40	438,3			244,5	x
41	392,7			228,6	x

Après avoir effectué les calculs on obtient :

$$W_y = 366 \quad ; \quad W_{min} = 309.38 \quad ; \quad W_{max} = 464.62$$

Donc : $309.39 < 366 < 464.62$

D'où : $W_{min} < W_x < W_{max}$

La condition de Mr Wilcoxon est vérifiée, donc la série des précipitations moyennes annuelles de la station de Fermato code (150610) est homogène.

III.4.3) Ajustement statistique des pluies

Les séries pluviométriques peuvent être ajustées par de nombreuses lois statistiques, pour notre projet on utilise celles qui garantissent le meilleur ajustement possible.

Les lois d'ajustement les plus utilisées sont les suivantes :

- Loi de Gauss ou loi normale.
- Loi de Gibrat-Galton ou loi log normale.
- **Ajustement des pluies annuelles a la loi de Gauss ou loi normale :**

La méthode de Gauss consiste a :

- Classer les valeurs des précipitations annuelles par ordre croissant.
- Affecter un numéro d'ordre aux valeurs classées.
- Classer les fréquences des valeurs observées par la formule :

$$F_{(x)} = \frac{n - 0.5}{N}$$

Avec : n : Numéro d'ordre

N : nombre d'années observées

- Calculer la moyenne arithmétique : $\bar{X} = \sum \frac{X_i}{n}$
- Calculer l'écart type : $\delta = \sqrt{\frac{\sum(X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$ pour $n > 30$
- Calculer la variable réduite de Gauss : $U = \frac{x - \bar{X}}{\delta}$

- Calculer le coefficient de variation : $C_v = \frac{\delta}{\bar{X}}$
- Calculer les caractéristiques empiriques : (\bar{X} ; δ ; C_v ; $CS=0$).
- L'équation de la droite de Henry sur papier de probabilité gaussien :

$$X_p \% = \bar{X} + \delta * U_p \%$$

Avec :

X_p : Précipitation de probabilité P%

U_p : Variable réduite de Gauss

\bar{X} : Moyenne arithmétique

δ : Ecart type

Pour le calcul on a utilisé le logiciel HYFRAN, dans ce cas, nous avons :

Station : FERMATO

Résultat de l'ajustement a la loi normale (maximum de vraisemblance)

Nombre d'observation : 41

Mu : 396,285714

Sigma : 118,365236

Quantiles :

q= F(x) (probabilité au non dépassement)

T=1/ (1-q)

Tableau III. 7: Ajustement a la loi normale.

T	q	XT	ECART TYPE	Intervalle de confiance (95%)
50	0.98	639	32,5	576-703
20	0.95	591	28,2	536-646
10	0.9	548	24,8	499-597
2	0.5	396	18.3	360-432
1.25	0.2	297	21.3	225-338
5	0.8	496	21.3	454-538

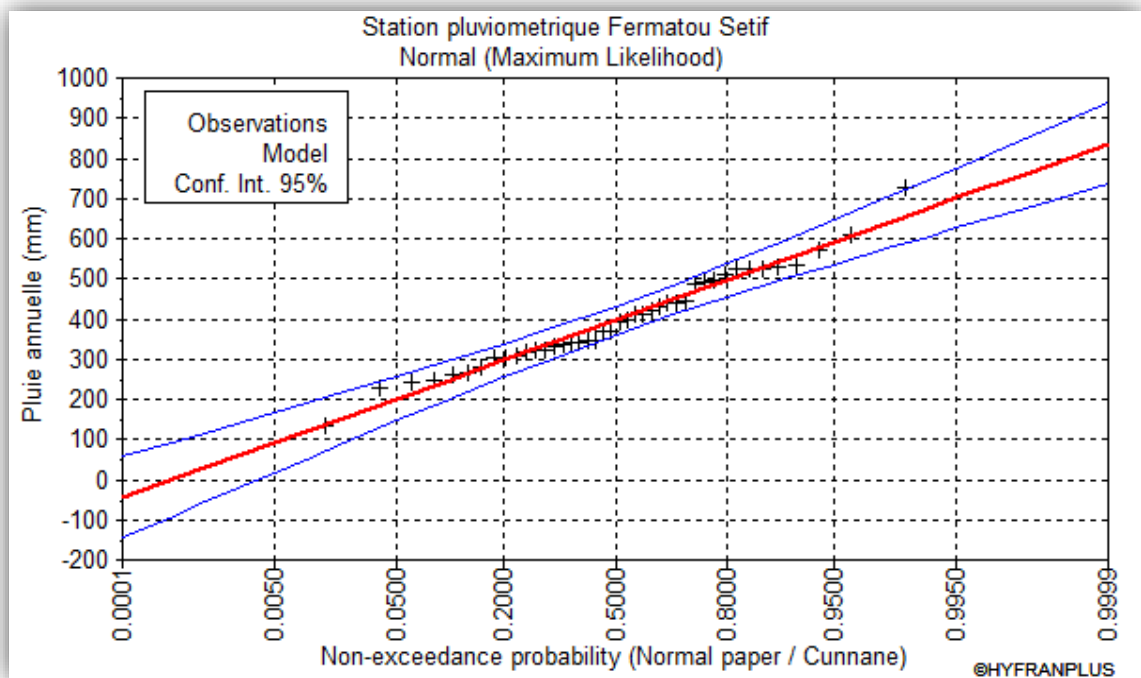


Figure III. 4: Ajustement a la loi normale.

• **Ajustement des pluies annuelles a la loi log normale :**

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

- Les données statistiques des pluies sont rapportées à l'échelle log-normale.

L'équation de la droite de Galton s'écrit comme suit :

$$\text{Ln}(X_p\%) = \overline{\text{Ln}(X)} + \delta \text{Ln} * (U_p\%)$$

$X_p\%$: Précipitation probable a 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 :

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

$$\delta \text{Ln} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^{i=n} (\text{Ln}(X_i) - \overline{\text{Ln}(X)})^2} \quad \text{si } n \geq 30$$

Up% : variable réduite de Gauss

Pour le calcul on a utilisé le logiciel HYFRAN.

Station : FERMATO

Résultat de l'ajustement a la loi normale (maximum de vraisemblance)

Nombre d'observation : 41

Mu : 5,935927

Sigma : 0,316826

Quantiles :

q= F(x) (probabilité au non dépassement)

T=1/ (1-q)

Tableau III. 8: Ajustement a la loi log normale.

T	q	XT	Ecart type	Intervalle de confiance (95%)
50	0.98	725	63.1	602-849
20	0.95	637	48.1	543-732
10	0.9	568	37.7	494-642
5	0.8	494	28.2	439-549
1.25	0.2	290	16.5	257-322
2	0.5	378	18.5	342-415

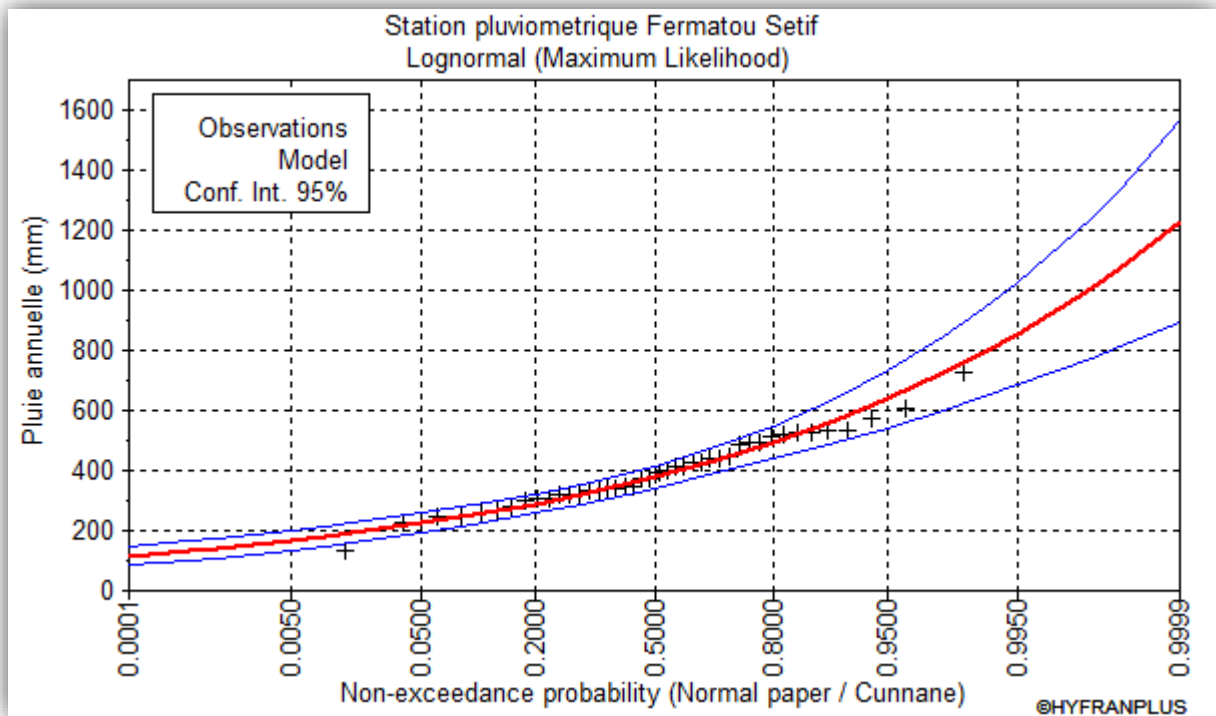


Figure III. 5: Ajustement à la loi Log normale.

• **Test de validité d'un ajustement :**

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

Ce test permet de juger la qualité de l'ajustement d'une distribution théorique à une distribution expérimentale.

A partir du logiciel HYFRAN on obtient les résultats suivants :

Tableau III. 9: Test de validité de l'ajustement.

	Loi normal	Loi log-normal
χ^2 calculée	6.67	4.86
α	0.05	0.05
γ	5	5

A partir du tableau de Pearson on peut tirer la valeur de χ^2 théorique, tel que :

$$\chi^2 \text{ théorique} = f(\gamma, \alpha)$$

Le test de khi-deux (χ^2) montre que les deux lois présentent une même adéquation, sur la table de Pearson khi-deux (χ^2) théorique = 11.070, pour : $\alpha = 0.05$ et $\gamma = 5$

Donc : $\chi^2 \text{ calculée} < \chi^2 \text{ théorique}$ (pour les deux lois)

L'adéquation de la loi est bien définie, ce qui résulte que l'ajustement est correct avec une certaine probabilité : $1-\alpha$ soit 95%.

Après l'examen d'ajustement sur les deux lois, il en résulte que la loi log-normale s'ajuste mieux à la série des pluies annuelles pour la station de Fermato.

III.4.4) Détermination de l'année de calcul :

Le but principal de la détermination de l'année de calcul, est de connaître la quantité de pluie qui peut être utilisée par la plante, c'est une fraction de la pluie efficace (pluie de probabilité 80%).

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

$$P_{i,80\% \text{ de chaque mois}} = P_{i,moy \text{ de chaque mois}} \times \frac{P_{\text{théorique } 20\% (\text{annuel})}}{P_{\text{théorique } 50\% (\text{annuel})}} \dots\dots\dots \text{(III.5)}$$

Donc $P_{i,80\%}$ de chaque mois est donnée dans le tableau suivant :

Tableau III. 10: Année de calcul.

Mois	sep	oct	nov	Dec	jan	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout
P_{moy} (mm)	32,42	32,25	34,14	56,79	43,47	39,79	42,97	41,74	36,74	17,60	8,50	9,82
$P_{80\%}$ (mm)	24,96	24,83	26,29	43,73	33,47	30,64	33,09	32,14	28,29	13,55	6,55	7,56

Conclusion

La mobilisation des ressources en eau est une étape importante pour l'élaboration d'un projet hydro-agricole. Dans notre cas, le périmètre des plaines setifiennes sera irrigué à partir du barrage de Mahouane. Ce dernier représente une opportunité pour la région vue la rareté de la ressource en eau.

Les eaux du barrage de Mahouane ont un pH normal compatible pour l'irrigation, l'eau contenant une faible quantité de sodium, alcalinité moyenne et une salinité qui peut être utilisée pour l'irrigation.

L'irrigation du périmètre à partir du barrage de Mahouane est donc sans contraintes.

L'étude hydrologique a permis de reconstituer l'année de pluie mensuelle de probabilité 80%, afin de connaître la quantité de pluie qui peut être utilisée par la plante, afin de satisfaire ses besoins.

Chapitre IV

Besoins en eau des cultures

Chapitre IV : Besoins en eau des cultures

Introduction

Les pluies, en particulier leur part efficace, fournissent une partie de l'eau requise pour satisfaire les besoins d'évapotranspiration des cultures. Le sol peut stocker une partie de l'eau de pluie et la restitue aux cultures en période de déficit. Sous les climats humides, ce mécanisme suffit pour assurer une croissance satisfaisante dans des systèmes de culture sans irrigation. Dans des conditions arides ou en cas de saison sèche prolongée, il est nécessaire d'irriguer pour compenser le déficit d'évapotranspiration (transpiration des cultures et évaporation à partir du sol) dû à l'insuffisance ou à l'irrégularité des précipitations.

La consommation d'eau pour l'irrigation est définie comme étant le volume d'eau nécessaire pour compenser le déficit, d'une part l'évaporation potentielle et d'autre part les pluies efficaces pendant la période de croissance des cultures et le changement dans la teneur en eau du sol. Elle varie considérablement en fonction des conditions climatiques, des saisons, des cultures et des types de sol.

L'objectif de ce chapitre est de quantifier les besoins en eau des cultures sur la base des calculs définis auparavant, telle que les doses et les dates d'arrosage qu'il faut appliquer aux cultures cultivées au cours de la période de végétation, afin de compenser le déficit hydrique dans la couche active du sol.

IV.1) Occupation du périmètre : les cultures envisageables

Afin de quantifier les besoins en eau des cultures, il faut étudier et prévoir l'évolution de la répartition culturale de la situation existante et celle projetée dans le périmètre. Ce passage permettra l'augmentation des superficies occupées par les cultures rémunératrices. Tels que : le maraichère en plein champs, ainsi que l'arboriculture fruitée.

IV.1.1) situation actuelle :

Le système agraire des Plaines Sétifiennes peut être défini comme un classique système Agraire extensif privilégiant l'assolement biennal (céréales – jachère) en association avec l'élevage ovin et bovin.

La situation actuelle des cultures à la zone à aménager se résume dans le tableau suivant :

Tableau IV. 1: Occupation agricole actuelle.

occupation	Surface agricole (ha)	Répartition (%)
Maraichères	101.89	6.33%
Céréale	1443.49	89.68%
Improductif	3.86	0.24%
Foret	0.32	0.02%
Terrain de parcours	22.53	1.40%
Autres	37.50	2.33%
Total	1609.6	100%

Concernant les rendements, ce sont très faibles dans tous les produits. Par exemple les céréales ont un rendement moyen de 10 Qx/ha.

IV.1.2) Situation future

L'objectif de la mise en irrigation est de transformer à moyen terme l'actuel système agricole biennal, en un système de polyculture tout en réduisant les céréales et encourageant les cultures intensives (maraichères et arboriculture) et les cultures fourragères, afin d'augmenter le taux d'occupation du sol, et dynamiser la croissance économique du secteur agricole qui se traduira par une élévation des revenus des agriculteurs, et une offre importante en travail.

a. Cultures proposées pour la zone :

La gamme des cultures proposées relative aux cultures envisageables dans notre scénario est indiquée dans le tableau suivant :

Tableau IV. 2: Gamme de cultures proposées à la zone d'étude.

cultures		Surface en (%)	Surface en (ha)
Céréaliculture	blé	35	105
	Orge en vert		
Cultures fourragères	Avoine	10	30
Maraichage	Pomme de terre saison	35	105
	Tomate		
	Oignon vert		
	Carotte		
	Choux		
Cultures arboricoles à noyaux	Pommier (pleine production)	20	60
	Olivier (pleine production)		
		100%	300 ha

b. Rotation et assolements :

La pratique des assolements a pour but principal de maximiser les revenus et minimiser les risques de fluctuation de la fertilité de sol, d'une année à l'autre, elle permet l'association et la combinaison des grandes classes de cultures, à savoir : les maraîchages, arboriculture, céréaliculture, les cultures fourragères suivant la taille des exploitations, les moyens financiers, les capacités techniques et de la gestion des agriculteurs.

L'assolement proposé est détaillé dans le tableau suivant :

Tableau IV. 3: Les assolements proposés.

Assolement 1	Assolement 2
Blé – Avoine	Orge en vert
Blé	Oignon vert
Oignon vert	Tomate
Pomme de terre (S)	Choux
Tomate	Pomme de terre (S)
Choux	Carotte
Arboriculture : Olivier, pommier.	Arboriculture : Olivier, pommier.

c. Calendrier d'occupation des sols :

La répartition d'occupation des sols, relative aux cycles culturels retenus pour le projet, est tracée dans le calendrier ci-dessous

Tableau IV. 4: Calendrier d'occupation des sols pour les cycles culturaux.

Cultures	Sept	Oct	nov	dec	jan	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout
Céréales												
Blé			←							→		
orge vert			←							→		
Fourrage												
Avoine			←							→		
Maraichage plein champs												
Pomme de terre saison						←			→			
Tomate saison							←			→		
Oignon vert		←				→						

Carotte	←				→							
choux	←			→								
Arbres à noyaux												
Pommier	←											→
Olivier	←											→

IV.2) Besoins en eau du périmètre

Les besoins en eau des cultures, peuvent être définis comme la dose apportée à la plante dans des moments propices, afin de mettre celle-ci dans les meilleures conditions d'humidité requises, pour obtenir son rendement maximal. Pour cela on définit :

IV.2.1) L'évapotranspiration

L'évapotranspiration représente la quantité d'eau perdue sous forme de vapeur à partir d'une surface couverte de végétation. Cette quantité est généralement exprimée par unité de surface et par unité de temps, m³/ha/jour, en m³/ha/mois, ou en m³/ha/an. Bien entendu, l'évapotranspiration peut également s'écrire en mm/jours ou par mois ou par an.

On distingue : l'évapotranspiration de référence (ET₀) et l'évapotranspiration maximale (ETM).

- **L'évapotranspiration de référence (ET₀) :**

L'évapotranspiration de référence (ET₀) est définie comme l'ensemble des pertes en eau d'un couvert végétal abondant bien alimenté en eau lorsque l'énergie (évaporation de l'atmosphère) est le seul facteur qui limite cette évaporation.

C'est l'évapotranspiration d'une culture (généralement le gazon) bien fournie en eau ou le sol est à sa capacité de rétention, autrement dit c'est la limite maximal de l'évapotranspiration.

- **L'évapotranspiration Maximale (ETM) ou Besoins en eau des cultures (ET_c):**

Lorsque l'eau n'est plus un facteur limitant au niveau de l'absorption racinaire (conditions hydriques optimales), la régulation stomatique est minimale et l'évapotranspiration de la culture pendant un stade végétatif est maximal.

Dans ce cas, les besoins en eau des cultures se calculent comme suit :

$$ETM = K_c \times ET_0 \dots\dots\dots (IV.1)$$

Avec :

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

ET₀ : Evapotranspiration de référence.

IV.2.2) Méthodes d'évaluation d'évapotranspiration de référence (ETP ou ET0)

L'évapotranspiration potentielle peut être évaluée selon plusieurs méthodes :

- L'évapotranspiromètre (mesures directes).
- Les stations expérimentales.
- Formules empiriques.

Il existe plusieurs formules empiriques parmi lesquelles, on peut citer :

- Formule de Thornthwaite (1948).
- Formule de Penman.
- Formule de Blaney- Criddle (1959).
- Formule de Turc (1960).
- Formule de Bouchet (1960)

Dans notre cas, nous avons estimé l'évapotranspiration de référence ET_0 par la méthode de Penman-Monteith.

- **Calcul de l'évapotranspiration de référence (ET0) par la formule Penman-Monteith :**

La détermination de l'évapotranspiration de référence (ET_0) est calculée en se basant sur la formule de Penman-Monteith modifiée :

$$ET_0 = \frac{0,408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{C_{ste}}{T+273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0,34 u_2)}$$

Avec:

ET_0 : évapotranspiration de référence [mm jour-1]

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

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

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

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

e_s : Pression de vapeur saturante [kPa]

e_a : Pression de vapeur réelle [kPa]

$e_s - e_a$: Déficit de pression de vapeur saturante [kPa]

γ : Constante psychrométrique [kPa °C-1]

Δ : Pente de la courbe de pression de vapeur saturante [kPa °C-1]

Pour l'exécution des calculs, nous avons appliqué le logiciel **CROPWAT** version **8.0**, où nous avons introduit les données mensuelles de la station météorologique de Setif.

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

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

Tableau IV. 5: Calcul de l'évapotranspiration.

Evapotranspiration de référence ET₀ de Penman et Monteith							
Pays : Algérie		station : Sétif			Altitude : 1033m		
latitude : 36.18°N		Longitude : 5.42 °E					
Mois	T_{min} °C	T_{max} °C	Humidité (%)	Vent (m/s)	Insolation (heures)	Radiation MJ/m²/jour	ET₀ panman Mm/mois
Janvier	0.4	9.2	83	2.9	6.3	9.9	34.63
Février	1.1	11.0	77	3.1	7.9	13.9	49.37
Mars	3.2	14.0	76	3.1	7.5	16.5	76.12
Avril	5.5	18.1	72	2.9	8.6	20.8	106.14
Mai	9.2	22.4	65	2.9	8.5	22.2	142.11
Juin	13.5	27.7	62	2.9	11.1	26.4	179.68
Juillet	16.9	32.5	52	2.7	11.9	27.3	218.09
Aout	16.7	31.9	50	2.8	10.1	23.4	199.47
Septembre	13.9	27.0	58	2.7	9.3	19.8	141.78
Octobre	9.1	20.4	73	2.8	7.2	14.1	84.79
Novembre	4.5	14.0	81	2.8	5.7	9.9	44.62
Décembre	1.3	10.1	85	2.8	4.0	7.3	31.05

IV.3) Calcul de la pluie efficace

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

Ces pertes sont estimées à 20% de la pluie tombée. Pour l'appréciation de la pluie efficace on distingue deux (2) cas :

$$P_{eff} = 0.8 \times P_{moy} \dots\dots\dots \text{(IV.2)}$$

Avec :

P_{moy} : Est la pluie moyenne mensuelle.

Dans le cas, où la pluie efficace (P_{eff}) est inférieure à 5mm, P_{eff} est remise à zéro.

IV.4) Calcul des besoins en eau d'irrigation des cultures

$$B = ETM - (P_{eff} + RFU) \dots\dots\dots \text{(IV.3)}$$

Avec:

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

E.T.M : évapotranspiration (mm/mois).

P_{eff} : pluie efficace

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 :

$$RFU = Y \times (H_{cc} - H_{pf}) \times D_a \times Z \dots\dots\dots \text{(IV.4)}$$

Avec :

H_{cc} : Humidité à la capacité aux champs (25%)

H_{pf} : Humidité au point de flétrissement (15%)

D_a : densité apparente (1.4)

Y : degré de tarissement (2/3)

Z : profondeur d'enracinement en mm

Remarque : L'irrigation est faite lorsque **B_h** (bilan hydrique) > 0

IV.5) Estimation des besoins en eau des cultures

Les besoins en eau de chaque culture sont donnés dans les tableaux suivant :

Tableau IV. 6: Estimation des besoins en eau de l'orge en vert.

mois	P moy (mm)	Peff (mm)	ETP (mm/mois)	Z (m)	RFU_Theo	RFU_reel	Kc	ETM	B(mm)
Septembre	24,96	19,97	141,78						
Octobre	24,83	19,86	84,79						
Novembre	26,29	21,03	44,62	0,30	28,00	6,62	0,30	13,39	0,00
Décembre	43,70	34,96	31,05	0,50	46,67	9,33	0,30	9,32	0,00
Janvier	33,50	26,80	34,63	0,50	46,67	15,56	0,50	17,32	0,00
Février	30,60	24,48	49,37	0,60	56,00	15,56	0,50	24,69	0,00
Mars	33,10	26,48	76,12	0,60	56,00	18,67	1,00	76,12	30,97
Avril	32,10	25,68	106,14	0,60	56,00	18,67	1,15	122,06	77,71
Mai	28,30	22,64	142,11	0,70	65,33	18,67	1,00	142,11	100,80
Juin	13,60	10,88	179,68						
Juillet	6,50	5,20	218,09						
Août	7,60	6,08	199,47						

Tableau IV. 7: Estimation des besoins en eau du blé et de l'avoine.

Mois	P moy(mm)	Peff(mm)	ETP (mm/mois)	Z (m)	RFU_Theo	RFU_reel	KC	ETM	B (mm)
Septembre	24,90	19,92	141,78						
Octobre	24,83	19,86	84,79						
Novembre	26,29	21,03	44,62	0,30	28,00	6,62	0,40	17,85	
Décembre	43,73	34,98	31,05	0,50	46,67	9,33	0,70	21,74	
Janvier	33,47	26,78	34,63	0,50	46,67	15,56	0,85	29,44	
Février	30,64	24,51	49,37	0,60	56,00	15,56	0,95	46,90	6,83
Mars	33,09	26,47	76,12	0,60	56,00	18,67	1,05	79,93	34,79
Avril	32,14	25,71	106,14	0,60	56,00	18,67	1,05	111,45	67,07
Mai	28,29	22,63	142,11	0,60	56,00	18,67	0,80	113,69	72,39
Juin	13,55	10,84	179,68	0,60	56,00	0,00	0,75	134,76	123,92
Juillet	6,55	5,24	218,09		0,00				
Août	7,56	6,05	199,47		0,00				

Tableau IV.8: Estimation des besoins en eau de l'oignon .

Mois	P moy(mm)	Peff(mm)	ETP (mm/mois)	Z (m)	RFU_Theo	RFU_reel	KC	ETM	B (mm)
Septembre	24,90	19,92	141,78						
Octobre	24,83	19,86	84,79	0,40	37,33	0,00	0,50	42,40	22,53
Novembre	26,29	21,03	44,62	0,40	37,33	12,44	0,75	33,47	
Décembre	43,73	34,98	31,05	0,40	37,33	12,44	0,95	29,50	
Janvier	33,47	26,78	34,63	0,40	37,33	12,44	0,95	32,90	
Février	30,64	24,51	49,37	0,40	37,33	12,44	0,75	37,03	0,07
Mars	33,09	26,47	76,12						
Avril	32,14	25,71	106,14						
Mai	28,29	22,63	142,11						
Juin	13,55	10,84	179,68						
Juillet	6,55	5,24	218,09						
Août	7,56	6,05	199,47						

Tableau IV.9: Estimation des besoins en eau de la tomate.

Mois	P moy(mm)	Peff(mm)	ETP (mm/mois)	Z (m)	RFU_Theo	RFU_reel	KC	ETM	B(mm)
Septembre	24,90	19,92	141,78						
Octobre	24,83	19,86	84,79						
Novembre	26,29	21,03	44,62						
Décembre	43,73	34,98	31,05						
Janvier	33,47	26,78	34,63						
Février	30,64	24,51	49,37						
Mars	33,09	26,47	76,12	0,70	65,33	8,17	0,50	38,06	3,42
Avril	32,14	25,71	106,14	0,90	84,00	21,78	0,85	90,22	42,73
Mai	28,29	22,63	142,11	1,20	112,00	28,00	1,15	163,43	112,79
Juin	13,55	10,84	179,68	1,20	112,00	0,00	0,90	161,71	150,87
Juillet	6,55	5,24	218,09		0,00			0,00	
Août	7,56	6,05	199,47		0,00				

Tableau IV.10: Estimation des besoins en eau de la pomme de terre saison.

Mois	P moy(mm)	Peff(mm)	ETP (mm/mois)	Z (m)	RFU_Theo	RFU_reel	KC	ETM	B (mm)
Septembre	18,21	14,57	141,78						
Octobre	24,26	19,41	84,79						
Novembre	29,76	23,81	44,62						
Décembre	33,33	26,66	31,05						
Janvier	40,38	32,30	34,63						
Février	33,87	27,10	49,37	0,40	37,33		0,50	24,69	
Mars	30,61	24,49	76,12	0,60	56,00	12,44	0,75	57,09	20,16
Avril	29,14	23,31	106,14	0,60	56,00	18,67	1,05	111,45	69,47
Mai	24,34	19,47	142,11	0,60	56,00		0,75	106,58	87,11
Juin	7,21	5,77	179,68						
Juillet	4,81	3,85	218,09						
Août	5,04	4,03	199,47						

Tableau IV.11: Estimation des besoins en eau des choux.

Mois	P moy(mm)	Peff(mm)	ETP (mm/mois)	Z (m)	RFU_Theo	RFU_reel	KC	ETM	B (mm)
Septembre	24,90	19,92	141,78	0,30	28,00	0,00	0,50	70,89	50,97
Octobre	24,83	19,86	84,79	0,40	37,33	9,33	0,70	59,35	30,16
Novembre	26,29	21,03	44,62	0,50	46,67	12,44	0,95	42,39	8,91
Décembre	43,73	34,98	31,05	0,60	56,00	15,56	0,80	24,84	
Janvier	33,47	26,78	34,63						
Février	30,64	24,51	49,37						
Mars	33,09	26,47	76,12						
Avril	32,14	25,71	106,14						
Mai	28,29	22,63	142,11						
Juin	13,55	10,84	179,68						
Juillet	6,55	5,24	218,09						
Août	7,56	6,05	199,47						

Tableau IV.12: Estimation des besoins en eau des carottes.

Mois	P moy(mm)	Peff(mm)	ETP (mm/mois)	Z (m)	RFU_Theo	RFU_reel	KC	ETM	B (mm)
Septembre	24,90	19,92	141,78	0,30	28,00	0,00	0,42	59,55	39,63
Octobre	24,83	19,86	84,79	0,40	37,33	9,33	0,70	59,35	30,16
Novembre	26,29	21,03	44,62	0,50	46,67	12,44	0,81	36,14	2,67
Décembre	43,73	34,98	31,05	0,60	56,00	15,56	0,77	23,91	
Janvier	33,47	26,78	34,63	0,70	65,33	18,67	0,57	19,74	
Février	30,64	24,51	49,37					0,00	
Mars	33,09	26,47	76,12					0,00	
Avril	32,14	25,71	106,14					0,00	
Mai	28,29	22,63	142,11					0,00	
Juin	13,55	10,84	179,68					0,00	
Juillet	6,55	5,24	218,09					0,00	
Août	7,56	6,05	199,47					0,00	

Tableau IV.13: Estimation des besoins en eau de l'olivier.

Mois	P moy(mm)	Peff(mm)	ETP (mm/mois)	Z (m)	RFU_Theo	RFU_reel	KC	ETM	B (mm)
Septembre	24,90	19,92	141,78	1,50	140,00	0,00	0,85	120,51	100,59
Octobre	24,83	19,86	84,79	1,50	140,00	46,67	0,85	72,07	5,54
Novembre	26,29	21,03	44,62	1,50	140,00	46,67	0,75	33,47	
Décembre	43,73	34,98	31,05	1,50	140,00	46,67	0,65	20,18	
Janvier	33,47	26,78	34,63	1,50	140,00	46,67	0,65	22,51	
Février	30,64	24,51	49,37	1,50	140,00	46,67	0,65	32,09	
Mars	33,09	26,47	76,12	1,50	140,00	46,67	0,65	49,48	
Avril	32,14	25,71	106,14	1,50	140,00	46,67	0,65	68,99	
Mai	28,29	22,63	142,11	1,50	140,00	46,67	0,65	92,37	23,07
Juin	13,55	10,84	179,68	1,50	140,00	0,00	0,80	143,74	132,90
Juillet	6,55	5,24	218,09	1,50	140,00	0,00	0,90	196,28	191,04
Août	7,56	6,05	199,47	1,50	140,00	0,00	0,90	179,52	173,48

Tableau IV.14: Estimation des besoins en eau du pommier.

Mois	P moy(mm)	Peff(mm)	ETP (mm/mois)	Z (m)	RFU_Theo	RFU_reel	KC	ETM	B (mm)
Septembre	18,21	14,57	141,78	1,50	140,00	0,00	0,70	99,25	84,68
Octobre	24,26	19,41	84,79	1,50	140,00	46,67	0,70	59,35	
Novembre	29,76	23,81	44,62	1,50	140,00	46,67	0,70	31,23	
Décembre	33,33	26,66	31,05	1,50	140,00	46,67	0,70	21,74	
Janvier	40,38	32,30	34,63	1,50	140,00	46,67	0,70	24,24	
Février	33,87	27,10	49,37	1,50	140,00	46,67	0,70	34,56	
Mars	30,61	24,49	76,12	1,50	140,00	46,67	0,80	60,90	
Avril	29,14	23,31	106,14	1,50	140,00	46,67	0,85	90,22	20,24
Mai	24,34	19,47	142,11	1,50	140,00	0,00	0,85	120,79	101,32
Juin	7,21	5,77	179,68	1,50	140,00	0,00	0,70	125,78	120,01
Juillet	4,81	3,85	218,09	1,50	140,00	0,00	0,70	152,66	148,82
Août	5,04	4,03	199,47	1,50	140,00	0,00	0,70	139,63	135,60

IV.6) Calcul des besoins en eau des assolements

Le calcul des besoins en eau des cultures pour les deux assolements est reporté dans les tableaux ci-dessous. Nous pouvons ainsi dégager le mois de pointe qui correspond au mois où la demande en eau est maximale.

Tableau IV.15: Besoin en eau de l'assolement 1.

Mois	blé	avoine	oignon	tomate	Pomme de terre (S)	choux	pommier	olivier	total
Sep						50,97	84,678	100,59	236,24
Oct			22,53			30,16		5,54	58.23
Nov						8,91			8.91
Dec									
Jan									
Fev	6,83	6,83	0,071						13,81
Mars	34,79	34,79		3,42	20,16				93,15
Avr	67,07	67,07		42,73	69,47		20,24		266,57
Mai	72,39	72,39		112,8	87,11		101,32	23,07	469.08
Juin	123,92	123,92		113,54			120,01	132,90	614.29
Juil							148,82	191,04	339.86
aout							135,6	173,48	309.08

Tableau IV.16: Besoin en eau de l'assolement 2.

Mois	Orge en vert	tomate	oignon	carotte	Pomme de terre (S)	pommier	choux	olivier	total
Sep				39,63		84,68	50,97	100,59	275.87
Oct			22,53	30,16			30,16	5,54	88.39
Nov	0			2,67			8,91		11.58
Dec	0								
Jan	0								
Fev	0		0,071						0.071
Mars	30,97	3,42			20,16				54.55
Avr	77,714	42,73			69,46	20,24			210.144
Mai	100,80	112,79			87,11	101,32		23,07	425.09
Juin		113,54				120,01		132,90	366.45
Juil						148,82		191,04	339.86
aout						135,6		173,48	309.08

IV.6.1) Calcul des débits spécifiques

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

$$q = \frac{B_m}{T \times t \times 3.6 \times K} \text{ (l/s/ha)} \quad \dots\dots\dots \text{(IV.5)}$$

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

T : Temps d'irrigation par jour;

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

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

$$q_s = \frac{614.29 \times 10 \times 1000}{30 \times 24 \times 3600 \times 0.75} = 3.15 \text{ (l/s/ha)}$$

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

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

$$Q_{sp} = 1.0 \text{ (l/s /ha)}$$

IV.6.2) Calcul du débit caractéristique

C'est le débit maximum en rapport à la pression de service dans le réseau d'irrigation. Il est égal à: **Q caractéristique=Qsp × surface**

La surface totale est égale a : **300 ha**

D'où : **Q caractéristique = 1.0 × 300 =300 l/s**

IV.7) Estimation des besoins en eau totaux du périmètre

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

On trouve les résultats dans le tableau suivant :

Tableau IV.17: Les besoins totaux du périmètre.

Les cultures	La surface de la culture (ha)	Besoins nets (mm)	Efficiencie	Besoins bruts de la culture m ³ /ha	Les volumes des besoins en eau en m ³
Blé	105	305	0.75	4066.67	427000
Avoine	30	305	0.75	4066.67	122000
oignon	22.5	22.601	0.75	301.35	6780.375
Choux	30	90.04	0.75	1200.53	36016
Tomate	22.5	272.49	0.75	3633.2	81747
Pomme de terre (S)	30	176.74	0.75	2356.53	70695
Olivier	30	626.62	0.75	8354.93	250650
pommier	30	610.668	0.75	8142.24	244267.2

On remarque que le volume total des besoins en eau de notre périmètre est de 1239155.58 m³, ce volume peut être déduit du barrage de Mahouane.

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons mis en évidence les besoins en eau d'irrigation des cultures mises en place sur la surface d'étude de **300 ha**.

Le volume des besoins en eau d'irrigation, réservés à l'irrigation de la surface d'étude sont de l'ordre de **1239155.58 m³**, prélevés à partir du barrage **Mahouane** d'une capacité totale de **147.9 Mm³**.

De ces résultats on peut conclure que la capacité du barrage suffit largement à alimenter la surface d'étude.

Chapitre V :

Etude du système d'adduction

Chapitre V : Etude du système d'adduction

Introduction

L'objectif du présent chapitre, est de faire l'optimisation du réseau de distribution de l'eau destiné à l'irrigation des plaines Setifiennes. Pour cela nous allons dimensionner les différents ouvrages d'adduction et de distribution.

V.1) Présentation du périmètre des plaines Sétifiennes

La zone d'étude concerne les plaines setifiennes qui englobent deux (02) plaines :

- La plaine de Mezloug est entièrement située dans la Wilaya de Sétif. Cette plaine est à plus de 1000 mètres d'altitude et à 300 km à l'Est d'Alger.
- La plaine d'Ain Taghrout se localise à la limite est de la Wilaya de Bordj Bou Arréridj. Cette plaine est limitée au Nord par les Monts des Babors, à l'Est par Ain Arnat-Mezloug.

Dans le but du développement et de l'augmentation de la production agricole on s'est intéressé à l'aménagement hydro-agricole des plaines setifiennes d'une superficie de **15 764.8** ha, le périmètre irrigué a été divisé en treize (13) secteurs.

Les secteurs ont été divisés en îlots de telle sorte que la surface de l'îlot alimenté à partir d'une prise ne dépasse pas 100 Ha. Ils ont été pris en considération dans la délimitation des îlots les propriétés, les routes, et les pistes ainsi que les infrastructures existantes de même que la topographie de terrain. Le périmètre a été divisé en **296** îlots.

Le tableau suivant montre la superficie des différents secteurs :

Tableau V. 1: Superficie des différents secteurs du périmètre.

Secteurs	Superficies (ha)
1	1.609,6
2	1.677,4
3	1.753,7
4	1.189,4
5	1.122,7
6	1.966,0
7	1.195,2
8	1.303,2
9	964,6
10	693,4
11	828,4
12	460,7
13	1.000,5
Total	15.764,8

Dans notre thèse, l'étude est basée sur l'aménagement hydro-agricole d'un parti de secteur 5 d'une superficie de 300 ha.

V.2) Organisation du périmètre : plan de bornages

V.2.1) disposition des îlots d'irrigation

Le terme <îlot d'irrigation> décrit l'unité hydro agricole, alimentée par une seule borne d'irrigation. Dans le cas d'un réseau de distribution au niveau du périmètre, la borne représente le point limite du réseau où l'administration du réseau intervient directement dans la gestion de l'eau. En aval de la borne, la gestion de l'eau est à la charge de l'exploitant, ou d'un groupe d'exploitants.

V.2.2) Taille maximum de l'îlot

La taille maximum de l'îlot est déterminée en tenant compte des facteurs suivants :

- le débit d'équipement de la borne
- la superficie des unités foncières existantes
- la distance maximale entre la borne et la parcelle

Pour notre secteur, le périmètre est divisé en 9 îlots. Chaque îlot, sera desservi par une ou deux bornes. Chaque borne aura une ou plusieurs sorties, suivant le nombre d'exploitants et les besoins en eau pour la superficie de l'îlot défini.

Pour, d'une part, éliminer tout risque de conflit entre agriculteurs et, d'autre part, permettre la mise en place d'une tarification ramenée au volume réellement consommé, les limites des îlots coïncident avec celles des parcelles.

V.3) Calcul hydraulique des bornes

Le débit de chaque borne pouvant desservir un îlot est donné par la formule suivante :

$$Q_b = q_s \times S \quad \dots\dots\dots (V.1)$$

Tel que :

Q_b : Débit de chaque îlot en l/s

q_s : Débit spécifique en l/s/ha

S : Superficie de l'îlot en h

V.3.1) Choix du diamètre de la borne

Les diamètres des bornes en fonction des débits sont détaillés dans le tableau suivant :

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

Débit fourni	Diamètre de la borne
$Q < 40 \text{ m}^3/\text{h}$ (11.11) l/s	D= 65mm
$40 \text{ m}^3/\text{h}$ (11.11l/s) $< Q < 80 \text{ m}^3/\text{h}$ (22.22 l/s)	D= 100mm
$80 \text{ m}^3/\text{h}$ (22.22 l/s) $< Q < 1200 \text{ m}^3/\text{h}$ (33.33 l/s)	D= 150mm
$Q > 1200 \text{ m}^3/\text{h}$ (33.33 l/s)	D= 200 mm

Le calcul des débits des prises et des bornes est présenté dans le tableau suivant :

Tableau V. 3: Calcul des débits des ilots et choix du diamètre des bornes.

N° des bornes	Nombre de parcelles	Surface planimétrique (ha)	Débit spécifique (l/s/ha)	Débit brut (l/s)	Débit de la borne (l/s)	Diamètre de la borne (mm)
B17	1	15.37	1	15.37	36.43	200
	2	4.2	1	4.2		
	3	10.05	1	10.05		
	4	6.81	1	6.81		
B14	1	23.83	1	23.83	50.8	200
	2	5.43	1	5.43		
	3	15.67	1	15.67		
	4	5.87	1	5.87		
B193	1	3.94	1	3.94	25.61	150
	2	9.45	1	9.45		
	3	5.7	1	5.7		
	4	6.53	1	6.53		
B12	1	8.26	1	8.26	34.9	200
	2	2,28	1	2,28		
	3	8.31	1	8.31		
	4	7.82	1	7.82		
	5	8.23	1	8.23		
B10	1	9.21	1	9.21	40.93	200
	2	1.82	1	1.82		

	3	9.52	1	9.52		
	4	8.71	1	8.71		
	5	8.23	1	8.23		
	6	3.4	1	3.4		
B11	1	7.9	1	7.91	19.57	100
	2	4.11	1	4.11		
	3	3.01	1	3.01		
	4	4.54	1	4.54		
B200	1	6.46	1	6.46	29.73	150
	2	5.45	1	5.45		
	3	7.72	1	7.72		
	4	4.22	1	4.22		
	5	5.88	1	5.88		
B13	1	1.66	1	1.66	26.58	150
	2	13.45	1	13.45		
	3	5.43	1	5.43		
	4	6.04	1	6.04		
B105	1	30.9	1	30.9	38.03	200
	2	2.54	1	2.54		
	3	4.59	1	4.59		

V.4) Schéma d'aménagement hydro-agricole et variantes d'aménagement

a) Schéma d'adduction :

L'eau du système d'irrigation des plaines Sétifiennes sera fournie par le barrage de Mahouane situé à 14 km au nord du côté du périmètre. Ce barrage a une capacité utile d'exploitation de 147.4 Mm³ une cote de crête de 1 149m et une cote minimale d'exploitation pour l'irrigation de 1 106 m.

La conduite d'adduction part du barrage de Mahouane en parallèle à l'oued Bou salem. Tout le système est irrigué par pression naturelle, et toutes les conduites d'adduction sont en fonte, matériel qui permet de supporter les pressions du système avec de nombreux avantages d'installation et de maintenance.

Cependant, dans le cas où la pression entre la chambre de vanne et la tête de secteur est importante (>10 bars) on préconise soit :

- La réalisation d'un réservoir de stockage (de régulation) pour baisser la charge hydrostatique dans les canalisations ;
- L'installation des brises charge.

Etant donné une différence de charge importante supérieure à 11 bars, la variante retenue sera une adduction du barrage vers un bassin (réservoir de régulation).

b) Schéma de distribution :(conduites secondaires et tertiaires)

Pour le réseau de distribution, des canalisations secondaires et tertiaires alimenteront les parcelles a partir de la conduite principale.

V.4.1) Dimensionnement du réservoir de distribution

Pour le dimensionnement de ce réservoir, nous avons pris en considération les données suivantes :

Le volume du réservoir est calculé comme suit :

$$V = Q \cdot T_f \dots\dots\dots (V.2)$$

Q est le besoin maximum journalier = 300 l/s = 1080 m³/h

T_f : 2h

$$V = 1080 \cdot 2 = 2160 \text{ m}^3.$$

Le bassin ou réservoir projeté est prévu circulaire en béton armé situé a une cote de 950 m.

Les dimensions du réservoir sont comme suit :

- Hauteur et 4m.
- Longueur et 30 m.
- Largeur et 20 m.

V.5) Dimensionnement du réseau de distribution

Après avoir calculé les débits des ilots, nous procédons au dimensionnement des conduites et qui doit répondre aux normes hydrauliques suivantes :

• La vitesse admissible :

La vitesse admissible varie entre 0.5 m/s et 2.5 m/s. Dans notre étude, on prend la vitesse admissible dans la conduite égale à 1.25 m/s.

• Le calcul du diamètre :

Le calcul des diamètres est réalisé sur la base des débits véhiculés par le tronçon de conduite, et les vitesses. La formule de " LABYE " nous donne une approche du diamètre économique qu'on normalise :

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q \times 0.001}{\pi \times V}} \times 100 \dots\dots\dots (V.3)$$

Avec :

- **Q** : débit, exprimé en m³/s ;
- **D**: diamètre exprimé en mm.
- **V** : vitesse économique de l'ordre de 1.25 m/s

• **Calcul des pertes de charges :**

Les pertes de charge unitaires, ont été définies par la formule de Lechapt et Calmon, elle est donnée par l'expression suivante :

$$h_{pu} = \frac{L \times Q^M}{D^N} \times C \dots\dots\dots (V.4)$$

Avec :

h_{pu} : perte de charge unitaire en m/ml.

Q : débit en m³/s.

D : diamètre de la conduite considérée.

L, M et **N** : Paramètres en fonction de la rugosité absolue (Ks) des canalisations.

C : coefficient compris une majoration de 10 % pour les pertes de charge singulière:

$$J=L \times Q^M/D^N \dots\dots\dots (V.5)$$

Tableau V. 4: Les paramètres de perte de charge.

K (mm)	L	M	N
0,1	1,2	1,89	5,01
0,5	1,4	1,96	5,19
1	1,6	1,975	5,25

Les pertes de charge singulières sont estimées à **10%** des pertes de charge linéaires. Les calculs hydrauliques sont détaillés dans le tableau qui suivra.

L'estimation des pressions est basée sur le principe de Bernoulli entre le point A et le point B :

$$Z_1 + h_1 + \frac{V_1^2}{2g} = Z_2 + h_{21} + \frac{V_2^2}{2g} + \Delta H$$

Où h_1 et h_2 sont les hauteurs de pressions

V_1 et V_2 sont les vitesses d'écoulement dans A et B

Z_1 et Z_2 sont les côtes du terrain naturel.

ΔH : sont les pertes de charge entre A et B.

V.6) Choix du matériau des conduites

Le choix du matériau est l'un des compromis entre critères à voir :

- La satisfaction des conditions hydrauliques (débit, pression).
- La disponibilité sur le marché local.
- L'intérêt économique.
- Du type de sol.

V.6.1) Caractéristiques des canalisations

a) Conduites en fonte :

Présentent plusieurs avantages :

- Bonne résistance aux forces internes ;
- Bonne résistance à la corrosion ;
- Très rigides et solides.

Leur inconvénient est :

- coût relativement important

b) Conduite en PEHD

Ils sont les plus utilisés car ils présentent des avantages importants

- Bonne résistance à la corrosion
- Disponible sur le marché
- Une pose de canalisation facile
- Leur coût est relativement faible.

Leur inconvénient est

- le risque de rupture dans le cas d'une mauvaise soudure.

V.6.2) Choix du matériau

Dans le cas de notre étude, on choisira un matériau selon le diamètre de la conduite :

- Fonte pour les conduites de 400 à 1800 mm.
- PEHD pour les conduites de diamètre inférieurs à 400 mm.

V.7) Points spéciaux d'une conduite

Les points spéciaux d'une conduite sont:

- Les points hauts, où seront installées des ventouses trifonctionnelles d'entrée et de purge d'air.
- Les points bas, où dans quelques-uns, seront installés des dérivations pour le vidage exceptionnel de la conduite.
- Les dérivations vers les branches.
Les sectionnements intermédiaires.

Tableau V. 5: Résultat de calcul (Vitesse, Perte de charge, Pression).

N° du tronçon	Longueur du tronçon L(m)	Longueur du tronçon L (km)	Surface	débit Q (l/s)	débit Q (M3/S)	Diamètre calculé	Diamètre Normalise	Vitesse réelle (m /s)	Perte de charge total ΔH_t (m)	Cote terrain aval Z (m)	cote piezo (m)	P (bar)
Res-N1	1252.39	1.25	302.58	302.58	0.30258	555.16	600	1.07	2.62	926.4	954.1	3.77
N1-B200	658.77	0.658	29.73	29.73	0.02973	174.01	200	0,94	3.59	926.1	950.5	3.44
N1-B14	212.22	0.212	87.23	87.23	0,08723	298	315	1,12	0.91	926	953.2	3.72
B14-B17	36	0.036	36.43	36.43	0,03643	192.63	200	1.16	0,29	925.1	952.9	3.78
N1_B12	583.34	0.583	185.62	185.62	0,18562	434.5	500	0.94	1.21	924.2	952.9	3.87
B12-B13	204.8	0.204	150.72	150.72	0,15072	391.18	400	1,19	0.9	923	952	3.9
B13-N2	533.33	0.533	124.14	124.14	0,12414	355.6	400	0.98	1.6	921.2	950.4	3.92
N2-B105	742	0,742	38.03	38.03	0,03803	204.81	250	0.78	2.46	920.5	948	3.75
N2-B11	328.02	0.328	86,11	86.11	0,08611	296.6	315	1,1	1.6	923.9	948.8	3.49
B11-B10	384.15	0,384	66.54	66.54	0,06654	260.03	315	0,85	0.98	931	947.9	2.69
B10-B193	944.83	0,944	25.61	25.61	0,02561	161.5	200	0,81	3.88	935	945	2

Conclusion :

Dans Ce chapitre, nous avons étudié le système d'adduction du périmètre des plaines Setifiennes. Le périmètre est découpé en 9 ilots, et comporte 9 bornes, le réseau d'adduction projeté est constitué par une conduite gravitaire vers un réservoir, qui a son tour alimentera les parcelles.

Cette phase de calcul nous a permis :

De projeter le réseau de distribution, du réservoir vers les bornes d'irrigation à travers un système de canalisation en fonte et en PEHD.

De s'assurer des pressions des bornes, qui sont nécessaires à toute projection d'un réseau d'irrigation, ce qui permet d'utiliser plusieurs systèmes d'irrigation même les plus exigeants en pression (tel que goutte a goutte) et de diversifier les cultures pour de meilleurs rendements.

Chapitre VI :

Dimensionnement à la parcelle

Chapitre VI : Dimensionnement à la parcelle

Introduction :

L'irrigation à la parcelle est relative à la mise en œuvre de l'eau d'irrigation délivrée aux prises du conduit principal .

Les équipements mis en jeu ou les aménagements de terrain sont fonction de la technique d'irrigation adoptée par les irrigants : irrigation de surface, irrigation par aspersion, irrigation localisée.

Ce présent chapitre a pour but le dimensionnement d'un réseau goutte à goutte.

Dimensionnement d'un réseau goutte à goutte

Le réseau d'irrigation sera installé sur la parcelle N° alimentée par la borne N° 17 et dont les pressions calculées sont de l'ordre de 3.63 bars. La surface de l'exploitation est de 4.2 ha et présente une forme relativement rectangulaire.

VI.1.Données générales

Culture : pommier : Besoin de pointe : 148.82 mm (Juil)

Organisation du réseau : Avec un écartement de 4*4m, et un espacement des goutteurs 2 m,

- -surface : **1.1ha** ha. -Longueur : **140 m.** -Largeur : 60 m.

Caractéristique du goutteur :

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

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

VI.2.1. Influence du taux de couverture du sol

On applique à L'ETM un coefficient de réduction : K_r dépend du taux de couverture du sol ($C_s = 60\%$) pour les plantes adultes. K_r peut être calculé par diverses formules proposées ci-après

- La formule de Freeman et Garzoli

$$K_r = C_s + 0.5(1 - C_s) \quad \dots\dots\dots \quad \text{(VI.1)}$$

Ex : Pour notre cas on considère un taux de couverture égale à 60% (pour les arbres adultes) donc : $K_r = 0.80$.

$$B_{ji} = B_j * K_r \quad B_j = ETM_c = (148.82/30) * 0.8 = 4 \text{mm/j} \dots\dots\dots \quad \text{(VI.2)}$$

VI.2.2. Dose nette pratique :

Détermination d'une fraction ou pourcentage d'humidification (P) du bulbe humide dans la zone racinaire. La dose (RFU) étant définie par le paramètre (P) :

$$D_p = (H_{cc} - H_{pf}) * Y * Z * d_a * P\% = RFU * P\% \dots\dots\dots \quad \text{(VI.3)}$$

H_{cc} : (26%), H_{pf} : (15%) ; Y : (2/3) ; Z : P. racines (1500 mm), $d_a = 1.35$

P : Pourcentage du sol humidifié.

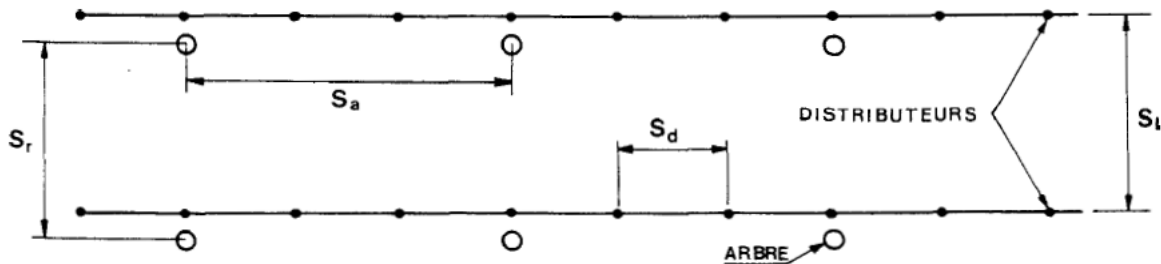


Figure N°VI.I : calcul du pourcentage d'humidification

$$P\% = \frac{n * S_p * d * S_h}{S_a * S_r} \quad \dots\dots\dots \quad \text{(VI.4)}$$

P : Volume du sol humidifié

N : Nombre de point (de goutteurs) de distribution par arbre =2.

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

S_h: Largeur de la bande humidifiée (tirée de la table) = 1m (arbres).

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

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

$$P\% = \frac{2.2.1}{4.4} = 25\%$$

$$D_P = (26-15)/100. 1500.2/3.1,35. 0.25= \quad \mathbf{Dp=37.13 \text{ mm.}}$$

VI.2.3. Fréquence et intervalle des arrosages (Fr):

L'intervalle entre deux d'arrosage (tour d'eau) est donné par la formule suivante :

$$Fr = \frac{Dose \ nettec}{ETMc} = 149/4 \dots\dots\dots \quad \mathbf{(VI.5)}$$

Donc on prend un Tour = **10 jours**. Fi=30/Fr= 3 fois/Mois

VI.2.4. Calcul de la dose (brute) :

On recalcule la nouvelle dose brute : Fj.ETM_{loc}= 10 x3.1 = 31mm.

Dbrute= 31 /(Ef.Cu), Eff : efficacité du réseau d'irrigation Eff=90%

Cu : Coefficient d'uniformité Cu=90%

$$Dbrute = \frac{Dr}{Cu*eff} = \frac{31}{0.9*0.9} = \mathbf{38 \text{ mm}} \quad \dots\dots\dots \quad \mathbf{(VI.6)}$$

VI.2.5. Durée de fonctionnement par d'arrosage (h) :

$$\theta = Tf = \frac{Dbr*Sd*Sr}{n*qg} \quad \dots\dots\dots \quad \mathbf{(VI.7)}$$

Sr et Sd espacement entre rang et distributeur, n et Qg nombre et débit du goutteur.

$$\theta = \frac{38 * 2 * 4}{2 * 4} = 38 \text{ heures}$$

-Soit on augmente le débit des goutteurs à 8 l/h donc θ = 19 h

-Soit on augmente le nombre de goutteurs à 4 goutteurs par arbre.

VI.2.6. Nombre de poste :

N = On prend 1 poste.

VI.2.7. Débit d'installation : si on prend Ta = 20heures, et 1 poste

$$Q_{in} = 2.78 \frac{S * Dbr}{np * Tf} = 2.78 \frac{1 * 38}{1 * 20} = 5.3 \text{ m}^3/\text{h} \quad \dots\dots\dots \quad \text{(VI.8)}$$

VI.2.8. Surface du poste :

$$Sp = \frac{\text{Surface totale}}{\text{Nombre de poste}} = \frac{1}{1} = 1 \text{ ha} \quad \dots\dots\dots \quad \text{(VI.9)}$$

$$\text{Nbre de goutteurs} = Sp = \frac{\text{Surface totale}}{SrxSpd} = 10000 / (4 * 2) = 1200 \text{ goutteurs}$$

VI.3. Calculs hydrauliques

Nous avons notre parcelle avec les caractéristiques suivantes :

S=1 ha, Ex: La longueur de la rampe: 60 m La longueur de la porte rampe: 140m
 La longueur de la conduite secondaire : 10m, S irriguée = 120*80 = 0.96 ha
 La variation maximale du débit entre goutteur ne doit pas dépasser 10% selon la règle de Christiansen :

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

VI.3.1. La variation maximale de la pression

Pour les goutteurs (circuit court) et H(n) =10 mce (1 bar)

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

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

Donc selon la règle de Christiansen 10% ΔH singulières = 0.2 m

Le reste 1.8 ΔH linéaire = 1.8 m

Donc pour les rampes 2/3. 1.8 = 1.2 m

Pour le porte rampe = 1/3. 1.8 = 0.6 m

VI.3.2. Dimensionnement des canalisations 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 portes rampes est calculé d’après les formules suivantes :

$$\varnothing r(cal) = \left[\frac{P.d.c(r)*2.75}{0.478*Q(r)^{1.75} L(r)} \right]^{-\frac{1}{4.75}} \dots\dots\dots \text{(VI.11)}$$

$$\varnothing pr(cal) = \left[\frac{P.d.c(pr)*2.75}{0.478*Q(pr)^{1.75} L(pr)} \right]^{-\frac{1}{4.75}} \dots\dots\dots \text{(VI.12)}$$

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.

❖ **Pour les rampes : L= 60 m**

- . Qr : Débit de rampe.
- . Qg: Débit du goutteur
- . Ng/r : Nombre des goutteurs par rampe
- . Nr : Nombre des rampes
- . Qpr: Débit de porte rampe.

➤ **Le nombre d’arbres par rampe**
 N arbres = Lr/Ea=60/4 = 15 => 15 arbres **(VI.13)**

➤ **Nombre des goutteurs par rampe**
 N=Narbres*n =15*2 =30 goutteurs **(VI.14)**

- **Débit de la rampe**
- Qr=Ng*Qg => Qr= 4*30 = 120 l/h
 - $\varnothing r(cal) = \left[\frac{P.d.c(r)*2.75}{0.478*Q(r)^{1.75} L(r)} \right]^{-\frac{1}{4.75}} = 9.2\text{mm}$
 - D-rampe= 9.2 mm, on prend DN = **16 mm.**

➤ **Vérification des pertes de charges :**

Pour la détermination des pertes de charges des différents tronçons de la canalisation après choix du diamètre, On recalcule les pertes de charges pour un D = 16 mm

Perte de charge selon hazen-williams

$$\Delta H = \left(\frac{3.592}{C_w} \right)^{1.852} \cdot \frac{L}{D^{4.87}} \cdot Q^{1.852} \quad \dots\dots\dots \quad \text{(VI.15)}$$

Ou : L : la longueur de la conduite ; Q : débit (m3/s) ; D : diamètre intérieur de la canalisation (m) ;

C_w= 130 PEBD, L=60m, D= 0.012m, Q= 0.00044 m3/s

ΔH rampe = 0.22 m < 1.2 m (vérifiée)

❖ Pour le porte rampe :

➤ **Le nombre des rampes: L_{pr}=140m.**

N_r=L_{pr}/E_r= 140/4=35 rampes.

➤ **Débit de la porte rampe:**

Q_{pr}=Q_r*N_r= 35* 120=4200 l/h (1.17. 10⁻³ m³/s), P_{dc} = 0.6 m

$$\varnothing_{pr(cal)} = \left[\frac{P.d.c(pr)*2.75}{0.478*Q(pr)^{1.75} L(pr)} \right]^{\frac{1}{4.75}} \quad \dots\dots\dots \quad \text{(VI.16)}$$

D_{pr}= 47.14 on prend 63 mm.

ΔH p-rampe =0.5 m

➤ **Nombre de porte rampe.**

N_{pr}=1 (1 seul porte rampe).

➤ **Pour la conduite d’approche**

Pour la conduite d’approche l=5m, On prend le diamètre 63mm.

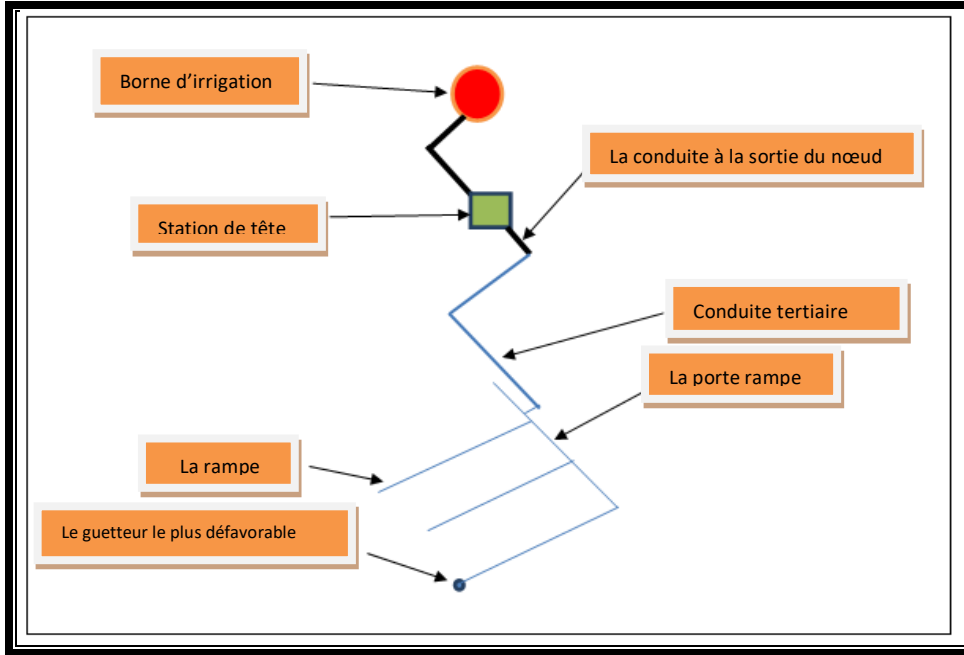


Figure N°VI.2 : schéma explicatif du système goutte à goutte

Les calculs hydraulique du système goutte à goutte sont résumé comme suite :

Tableau VI.1 Récapitulatif des calculs hydrauliques

Conduites	Rampe	Porte rampe	c. approche
Longueur(m)	60	140	5
Diamètre(mm)	16	63	63
Débit (m ³ /s)	3.3. 10 ⁻⁵	1.2. 10 ⁻³	1.2.10 ⁻³
Pertes de charge(m)	0.22	0.5	0.03

A partir du tableau on peut déterminer la perte de charge totale entre la borne d'irrigation jusqu'au goutteur le plus défavorable $\Delta H = 0.73\text{m}$;

Donc la pression demandée à la borne égale à la pression nominale plus la somme des pertes de charges.

$$P(m) = 10 + 0.22 + 0.5 + 0.03 = \mathbf{10.73\ m.}$$

Conclusion

Dans ce chapitre nous avons étudié le dimensionnement d'un réseau goutte à goutte. Ayant dimensionné tous les organes du réseau localisé projeté sur la parcelle choisie, nous avons effectué une vérification de la pression à la sortie de la borne, afin d'assurer la pression nominale de 10 mce dans le goutteur le plus éloigné et cela pour assurer le bon fonctionnement des goutteurs.

CHAPITRE VII :

Etude TECHNICO- ECONOMIQUE

CHAPITRE VII : Etude TECHNICO-ECONOMIQUE**Introduction**

Dans ce présent chapitre on estimera le cout total du projet de l'aménagement hydro-agricole du périmètre de Tafna Isser. Pour se faire il est important de quantifier l'ensemble des travaux à entreprendre et qui sont :

- Réseau de distribution.
- Conduite d'adduction.
- Travaux divers.

VII.1 Différents travaux à entreprendre

Les étapes des différents travaux sur des chantiers de réalisation des adductions sont :

a) Exécution des tranchées

C'est une opération de terrassement (déblais) qui consiste à faire des excavations. Ces excavations seront faites par une pelle hydraulique et les déblais seront posés à côté de la tranchée, l'autre côté étant réservé au bardage des conduites.

b) Pose du lit de sable

Cette opération consiste à poser un lit de sable au fond de la tranchée, ce lit aura une épaisseur de 20cm dans notre cas.

c) Pose des conduites

Avant la pose des conduites dans chaque fouille, on procède à un tri des conduites de façon à écarter celles qui ont subies des chocs ; et on les descend lentement à l'aide d'un engin de levage, dans le fond de la fouille. Au cours de pose, on vérifie régulièrement l'alignement des tuyaux pour n'avoir pas des difficultés au raccordement des conduites.

d) Epreuve de joint et de la canalisation

Pour plus de sécurité, l'essai de pression des conduites et des joints se fait avant le remblaiement, on l'effectue à l'aide d'une pompe d'essai qui consiste au remplissage en eau de la conduite sous une pression de 1,8 fois la pression de service à laquelle sera soumise la conduite lors du fonctionnement. Cette épreuve doit durer 30 minutes environ où la variation ne doit pas excéder 0.2 bar

e) **Remblayage des tranchées**

C'est une opération de terrassement qui consiste à enterrer la conduite, en utilisant le remblai résultant de l'excavation.

f) **Nivellement et compactage**

Une fois le remblai fait, on procède au nivellement qui consiste à étaler les terres qui sont en monticule, ensuite au compactage pour augmenter la densité des terres et éviter le tassement par la suite.

VII.2. Facture des différents types de conduites et pièces spéciales du réseau de distribution

Tableau N°1VII: Facture des différents types de conduites et pièces spéciales du réseau de distribution

Conduites	Type de conduite	Unités de mesure	Quantité (m)	Prix unitaire (DA/m)	Montant (DA)
Ø 200	PEHD	ml	1639.6	2397.85	3931514.8
Ø 250	PEHD	ml	742	3709.88	2752731
Ø 315	Fonte	ml	924.41	5881.51	5436926.7
Ø 400	Fonte	ml	738.13	9500.9	7012899.3
Ø 500	Fonte	ml	583.34	14816.89	8643284.6
Ø 600	Fonte	ml	1252.39	22513.76	28196008
Bornes d'irrigation 100 mm		U	1252.39	50000	450000
Goutteur 04 l/h		U	1200	37	44400
les rampes Ø16		ml	1800	58.21	104778.0
les portes rampes Ø63		ml	140	542.34	75927.6
Total (HT)					56467764.4
TVA (19%)					10728875.2
Total (TTC)					67196639.6

Tableau VII°2 : Fourniture de pose de pièces spéciales.

Désignation des travaux	Unité	Quantité	Prix unitaire	Montant
Fourniture pose de réduction en PEHD diamètre 600-500 mm PN 10	U	1	57987.0	57987.0
Fourniture pose de réduction en PEHD diamètre 600-315 mm PN 10	U	1	56421.0	56421.0
Fourniture pose de réduction en PEHD diamètre 600-200 mm PN 10	U	1	54056.0	54056.0
Fourniture pose de réduction en PEHD diamètre 500-400 mm PN 10	U	1	52487.0	52487.0
Fourniture pose de réduction en PEHD diamètre 400-250 mm PN 10	U	1	48448.0	48448.0
Fourniture pose de réduction en PEHD diamètre 400-315 mm PN 10	U	1	47451.0	47451.0
Fourniture pose de réduction en PEHD diamètre 400-110 mmPN 10	U	1	34985.0	34985.0
Fourniture pose de réduction en PEHD diamètre 315-200 mm PN 10	U	2	17945.0	35890.0
Total (HT)				568431.0
TVA (19%)				108001.8
Total (TTC)				676432.4

VI.3 Frais des travaux sur réseau d'irrigation

Il s'agit des frais des travaux exécutés pour la réalisation des tranchées et autres emplacements pour la pose de canalisations :

Calcul des volumes de déblais et remblais

La pose des conduites dans le réseau se fait dans des tranchées conçues selon le tracé et l'itinéraire des lignes de conduites et prend en compte les longueurs, les largeurs et les hauteurs de chaque tranchée conçue à recevoir une conduite de diamètre spécifique

La largeur de la tranchée varie selon la section des conduites est de :

$$l = D + 2 \times 0.3 \text{ (m)} \quad \dots\dots\dots \quad \text{(VII.1)}$$

La hauteur est de :

$$H = D + h_{\text{sable}} + 0.8 \text{ (m)} \quad \dots\dots\dots \quad \text{(VII.2)}$$

Avec :

h_{sable} : qui est la hauteur du lit de sable comprise entre 0.1 et 0.2 mètres

Sois L la longueur de la tranchée en mètres.

D : diamètre de la conduite.

Volume du déblaiement

Le volume des déblaiements sera alors égal à :

$$V_{\text{deb}} = L \times H \times l \text{ (m}^3\text{)} \quad \dots\dots\dots \quad \text{(VII.3)}$$

Volume de remblais

Le volume du remblai est égale à celui des déblais duquel on soustrait le volume de la conduite enterrée on aura donc :

$$V_{\text{remb}} = V_{\text{deb}} - V_{\text{cond}} \quad \dots\dots\dots \quad \text{(VII.4)}$$

$$\text{Avec : } V_{\text{cond}} = \left(\pi \frac{D^2}{4}\right) \cdot L \quad \dots\dots\dots \quad \text{(VII.5)}$$

$$\text{Donc : } V_{\text{remb}} = V_{\text{deb}} - \left(\pi \frac{D^2}{4}\right) \cdot L$$

Volume de sable

Le Volume du sable nécessaire pour le lit de sable est égale à :

$$V_{\text{sable}} = h_{\text{sable}} \times L \times l \quad \dots\dots\dots \quad \text{(VII.6)}$$

La figure si après illustre la disposition de la conduite au niveau de la tranchée :

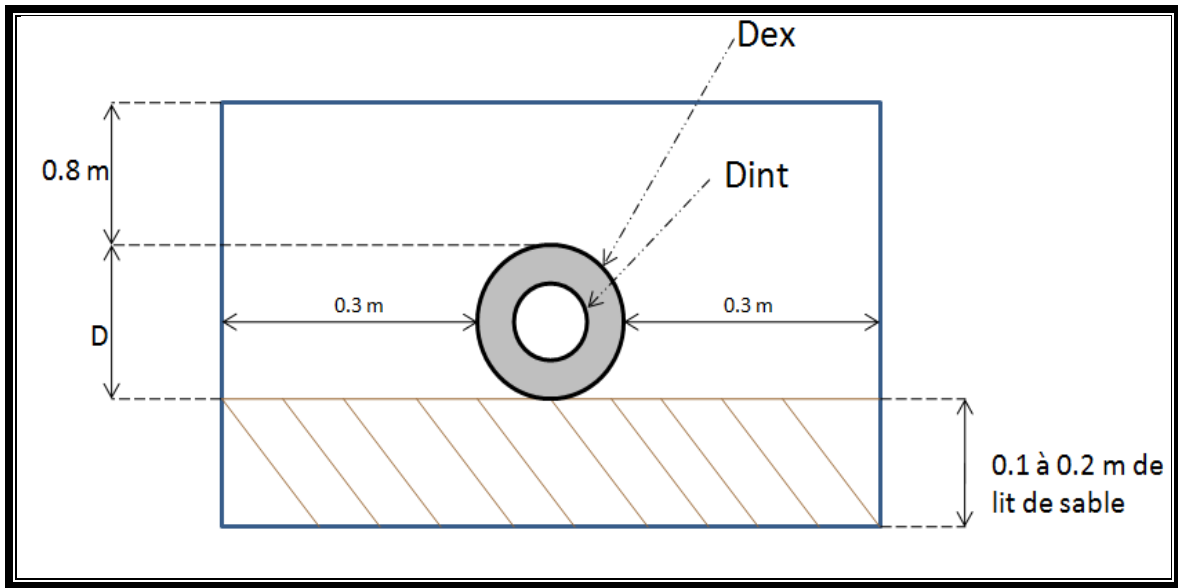


Figure VI.1 : Disposition de la conduite dans une tranchée

Calcul des différents volumes

Tableau N°VII.3. Quantité des travaux de terrassement.

Conduites	l (m)	h (m)	L (m)	V _{deb} (m ³)	V _{cond} (m ³)	V _{sable} (m ³)	V _{remb} (m ³)	V _{excédentair} (m ³)
Ø 200	1	1.1	1639.6	1803.56	51.48	180.35	1752.08	51.5
Ø 250	1	1.2	742	890.4	36.4	89.04	854	36.4
Ø 315	1	1.2	924.41	1109.3	72	110.93	1037.3	72
Ø 400	1	1.3	738.13	959.57	92.7	95.96	866.87	92.7
Ø 500	1.2	1.4	583.34	980	114.48	98	865.52	137.4
Ø 600	1.2	1.5	1252.4	2254.32	353.92	225.43	1900.4	425
Total				7997.15	--	800	7280	815

Tableau VII.4 : Coût des travaux de terrassement.

Conduites	Unités de mesure	Quantité	Prix unitaire (DA)	Montant (DA)
Déblai	M ³	7997.15	1000	7997150
Pose du lit de sable	M ³	800	1100	880000
Remblai de la tranchée	M ³	7280	600	4368000
Evacuation de terres excédentaires à la décharge	M ³	815	500	407500
Réservoir	M ³	2160	20000	43200000
HT				56852650
TVA(19%)				10802003.5
TOTAL (DA)				67654653.5

Le cout total des travaux est estimé comme suit :

$$P_t = F_{\text{remb}} + F_{\text{sable}} \quad \text{soit donc} \quad \dots \quad \text{(VII.7)}$$

$$P_t = 67654653.5 \text{DA}$$

Estimation du cout du projet

Le cout total du projet en prenant en compte toutes les opérations financières est de l'ordre de :

$$CT = 67196639.6 + 67654653.5 + 676432.4 = \mathbf{135\ 527\ 605\ DA\ TTC.}$$

Conclusion

Dans Ce chapitre nous avons déterminé le devis général de réalisation du réseau de distribution, en premier lieu nous avons fait une étude quantitative des volumes des travaux. Comme deuxième étape nous avons estimé le cout du projet qui est de **135 527 605,00DA.**

Le cout du projet est relativement élevé, mais on doit noter que ce réseau est rentable à moyen terme

Conclusion générale

Conclusion générale

L'analyse du rôle de l'irrigation dans la production agricole montre que celle-ci est de plus en plus mise à contribution pour assurer la sécurité alimentaire mondiale.

L'irrigation a été, avec les améliorations génétiques et la fertilisation chimique, une des composantes essentielles de la révolution verte, mais cette sécurité ne peut être garantie qu'en irriguant plus, ce que est contrainte à la gestion de l'eau, ou il est important d'irrigué mieux en économisant l'eau dans tous les systèmes d'irrigation existants.

Ce mémoire, sans être exhaustif, présente une récapitulation détaillée et raisonnée de l'ensemble des données pratiques pour conduire au mieux l'aménagement hydro agricole du plaines Setifiennes (wilaya de SETIF) qui s'étend sur une superficie nette de 300 ha irrigué à partir du barrage de MAHOUANE a fait l'objet de ce mémoire de fin d'études qui comporte plusieurs chapitres.

En premier lieu, une étude détaillée de la région et sous différents angles a permis de classer son climat comme étant semi-aride avec une période sèche d'environ 5 mois.

Deuxièmement on a quantifié les ressources en sol et en eau disponibles au niveau du bassin versant de la SETIF afin de les exploiter au mieux dans la réalisation du projet.

Puis vient alors le dimensionnement du système d'adduction qui est indispensable pour l'optimisation de l'eau lors de son acheminement jusqu'à notre périmètre

Après d'avoir opté pour les systèmes goutte à goutte étant donné les multiples avantages qu'elles offrent, on est passé au dimensionnement à la parcelle.

En fin pour compléter notre travail on a estimé le cout total du projet qui est primordial car l'ingénieur doit avoir la notion de la faisabilité technique mais aussi de la rentabilité économique, dans notre cas l'aménagement demande un montant d'environ 135 millions de dinars.

Références

bibliographiques

References bibliographiques

- [1] Bulletin N°33 FAO Calcul des besoins en eau des cultures.
- [2] Dubreuil (1974) : initiation a l'analyse hydrologique; Paris, France, Disponible sur Internet, consulté le Avril 2016 .
- [3] M. MESSAHEL (1988) : Irrigation au goutte à goutte (Régime d'irrigation).
- [4] Walker W.R. (1989). Guide lines for designing and evaluating surface irrigation systems. Rome, Italy, FAO. Disponible sur Internet, consulté le 5 mai 2016 :
<http://www.fao.org/docrep/T0231E/t0231e00.htm>
- [5] B. TOUAIBIA. (2004). (Cours d'Hydrologie 3ème Année et Régularisation des débits 4ème année).
- [6] **Paul Audoye, Clément Mathieu et Jean-Claude Chossat.** Bases techniques de l'irrigation par aspersion. Lavoisier paris, 2007.
- [7] **MESSAHEL M.(2013-2014).**Syllabus de cours: irrigation et drainage. Document non publié, Ecole Nationale Supérieure de l'Hydraulique(ENSH), Blida.

ANNEXES

ANNEXE I

Humidités pondérales en % de poids sec

Texture	Humidités pondérales en % du poids sec			Réserve utile volumétrique en mm/m
	à la rétention HCC	du flétrissement HPP	disponible HCC-HPP	
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 II

Prix unitaire des conduits par CHIALI

Réf é re nce	Désignation	Diamè tre	Epaisseur	Qualité	Pression	Prix HT	Prix TTC
		Ext en MM	e n MM	Produit	Service	le M/L	le M/L
11 003 0161	Tube PEHD	16	-----	PE80	10 Bars	-----	-----
11 003 0201	Tube PEHD	20	2,0	PE80	10 Bars	26,31	30,78
11 003 0251	Tube PEHD	25	2,0	PE80	10 Bars	33,85	39,60
11 003 0321	Tube PEHD	32	2,4	PE80	10 Bars	52,60	61,54
11 003 0401	Tube PEHD	40	3,0	PE80	10 Bars	82,33	96,33
11 003 0501	Tube PEHD	50	3,7	PE80	10 Bars	125,79	147,17
11 003 0631	Tube PEHD	63	4,7	PE80	10 Bars	198,97	232,79
11 003 0751	Tube PEHD	75	5,6	PE80	10 Bars	281,31	329,13
11 007 0901	Tube PEHD	90	5,4	PE100	10 Bars	335,47	392,50
11 007 1101	Tube PEHD	110	6,6	PE100	10 Bars	495,40	579,62
11 007 1251	Tube PEHD	125	7,4	PE100	10 Bars	631,13	738,42
11 007 1601	Tube PEHD	160	9,5	PE100	10 Bars	1 033,79	1 209,53
11 007 2001	Tube PEHD	200	11,9	PE100	10 Bars	1 617,42	1 892,38
11 007 2501	Tube PEHD	250	14,8	PE100	10 Bars	2 510,95	2 937,81
11 007 3151	Tube PEHD	315	18,7	PE100	10 Bars	4 003,95	4 684,62
11 007 4001	Tube PEHD	400	23,7	PE100	10 Bars	6 424,42	7 516,57
11 007 5001	Tube PEHD	500	29,7	PE100	10 Bars	10 021,19	11 724,79
11 007 6301	Tube PEHD	630	37,4	PE 100	10 Bars	15 153,49	17 729,58

ANNEXE III

FONCTION DE REPARTITION DE LA LOI NORMALE REDUITE .

<i>z</i>	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	0.5000	0.5040	0.5080	0.5120	0.5160	0.5199	0.5239	0.5279	0.5319	0.5359
0.1	0.5398	0.5438	0.5478	0.5517	0.5557	0.5596	0.5636	0.5675	0.5714	0.5753
0.2	0.5793	0.5832	0.5871	0.5910	0.5948	0.5987	0.6026	0.6064	0.6103	0.6141
0.3	0.6179	0.6217	0.6255	0.6293	0.6331	0.6368	0.6406	0.6443	0.6480	0.6517
0.4	0.6554	0.6591	0.6628	0.6664	0.6700	0.6736	0.6772	0.6808	0.6844	0.6879
0.5	0.6915	0.6950	0.6985	0.7019	0.7054	0.7088	0.7123	0.7157	0.7190	0.7224
0.6	0.7257	0.7291	0.7324	0.7357	0.7389	0.7422	0.7454	0.7486	0.7517	0.7549
0.7	0.7580	0.7611	0.7642	0.7673	0.7704	0.7734	0.7764	0.7794	0.7823	0.7852
0.8	0.7881	0.7910	0.7939	0.7967	0.7995	0.8023	0.8051	0.8078	0.8106	0.8133
0.9	0.8159	0.8186	0.8212	0.8238	0.8264	0.8289	0.8315	0.8340	0.8365	0.8389
1.0	0.8413	0.8438	0.8461	0.8485	0.8508	0.8531	0.8554	0.8577	0.8599	0.8621
1.1	0.8643	0.8665	0.8686	0.8708	0.8729	0.8749	0.8770	0.8790	0.8810	0.8830
1.2	0.8849	0.8869	0.8888	0.8907	0.8925	0.8944	0.8962	0.8980	0.8997	0.9015
1.3	0.9032	0.9049	0.9066	0.9082	0.9099	0.9115	0.9131	0.9147	0.9162	0.9177
1.4	0.9192	0.9207	0.9222	0.9236	0.9251	0.9265	0.9279	0.9292	0.9306	0.9319
1.5	0.9332	0.9345	0.9357	0.9370	0.9382	0.9394	0.9406	0.9418	0.9429	0.9441
1.6	0.9452	0.9463	0.9474	0.9484	0.9495	0.9505	0.9515	0.9525	0.9535	0.9545
1.7	0.9554	0.9564	0.9573	0.9582	0.9591	0.9599	0.9608	0.9616	0.9625	0.9633
1.8	0.9641	0.9649	0.9656	0.9664	0.9671	0.9678	0.9686	0.9693	0.9699	0.9706
1.9	0.9713	0.9719	0.9726	0.9732	0.9738	0.9744	0.9750	0.9756	0.9761	0.9767
2.0	0.9772	0.9778	0.9783	0.9788	0.9793	0.9798	0.9803	0.9808	0.9812	0.9817
2.1	0.9821	0.9826	0.9830	0.9834	0.9838	0.9842	0.9846	0.9850	0.9854	0.9857
2.2	0.9861	0.9864	0.9868	0.9871	0.9875	0.9878	0.9881	0.9884	0.9887	0.9890
2.3	0.9893	0.9896	0.9898	0.9901	0.9904	0.9906	0.9909	0.9911	0.9913	0.9916
2.4	0.9918	0.9920	0.9922	0.9925	0.9927	0.9929	0.9931	0.9932	0.9934	0.9936
2.5	0.9938	0.9940	0.9941	0.9943	0.9945	0.9946	0.9948	0.9949	0.9951	0.9952
2.6	0.9953	0.9955	0.9956	0.9957	0.9959	0.9960	0.9961	0.9962	0.9963	0.9964
2.7	0.9965	0.9966	0.9967	0.9968	0.9969	0.9970	0.9971	0.9972	0.9973	0.9974
2.8	0.9974	0.9975	0.9976	0.9977	0.9977	0.9978	0.9979	0.9979	0.9980	0.9981
2.9	0.9981	0.9982	0.9982	0.9983	0.9984	0.9984	0.9985	0.9985	0.9986	0.9986
3.0	0.9987	0.9987	0.9987	0.9988	0.9988	0.9989	0.9989	0.9989	0.9990	0.9990
3.1	0.9990	0.9991	0.9991	0.9991	0.9992	0.9992	0.9992	0.9992	0.9993	0.9993
3.2	0.9993	0.9993	0.9994	0.9994	0.9994	0.9994	0.9994	0.9995	0.9995	0.9995
3.3	0.9995	0.9995	0.9995	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9997
3.4	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9998
3.5	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998
3.6	0.9998	0.9998	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999

ANNEXE IV

COEFFICIENT CULTUREL KC DE CHAQUE CULTURE

CULTURE	Stades de développement de la culture					Durée totale de la période végétative
	Initial	Développement	Mi-saison	Arrière saison	Récolte	
Bananiier tropical	0.4-0.5	0.7-0.85	1.0-1.1	0.9-1.0	0.75-0.85	0.7-0.8
subtropical	0.5-0.65	0.8-0.9	1.0-1.2	1.0-1.15	1.0-1.15	0.85-0.95
Haricot vert	0.3-0.4	0.65-0.75	0.95-1.05	0.9-0.95	0.85-0.95	0.85-0.9
sec	0.3-0.4	0.7-0.8	1.05-1.2	0.65-0.75	0.25-0.3	0.7-0.8
Chou	0.4-0.5	0.7-0.8	0.95-1.1	0.9-1.0	0.8-0.95	0.7-0.8
Coton	0.4-0.5	0.7-0.8	1.05-1.25	0.8-0.9	0.65-0.7	0.8-0.9
Raisin	0.35-0.55	0.6-0.8	0.7-0.9	0.6-0.8	0.55-0.7	0.55-0.75
Arachide	0.4-0.5	0.7-0.8	0.95-1.1	0.75-0.85	0.55-0.6	0.75-0.8
Maïs doux	0.3-0.5	0.7-0.9	1.05-1.2	1.0-1.15	0.95-1.1	0.8-0.95
grain	0.3-0.5*	0.7-0.85*	1.05-1.2*	0.8-0.95	0.55-0.6*	0.75-0.9*
Oignon sec	0.4-0.6	0.7-0.8	0.95-1.1	0.85-0.9	0.75-0.85	0.8-0.9
vert	0.4-0.6	0.6-0.75	0.95-1.05	0.95-1.05	0.95-1.05	0.65-0.8
Pois, frais	0.4-0.5	0.7-0.85	1.05-1.2	1.0-1.15	0.95-1.1	0.8-0.95
Poivron, frais	0.3-0.4	0.6-0.75	0.95-1.1	0.85-1.0	0.8-0.9	0.7-0.8
Pomme de terre	0.4-0.5	0.7-0.8	1.05-1.2	0.85-0.95	0.7-0.75	0.75-0.9
Riz	1.1-1.15	1.1-1.5	1.1-1.3	0.95-1.05	0.95-1.05	1.05-1.2
Carthame	0.3-0.4	0.7-0.8	1.05-1.2	0.65-0.7	0.2-0.25	0.65-0.7
Sorgho	0.3-0.4	0.7-0.75	1.0-1.15	0.75-0.8	0.5-0.55	0.75-0.85
Soja	0.3-0.4	0.7-0.8	1.0-1.15	0.7-0.8	0.4-0.5	0.75-0.9
Betterave sucrière	0.4-0.5	0.75-0.85	1.05-1.2	0.9-1.0	0.6-0.7	0.8-0.9
Canne à sucre	0.4-0.5	0.7-1.0	1.0-1.3	0.75-0.8	0.5-0.6	0.85-1.05
Tournesol	0.3-0.4	0.7-0.8	1.05-1.2	0.7-0.8	0.35-0.45	0.75-0.85
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	0.95-1.2	0.65-0.75	0.2-0.25	0.8-0.9
Luzerne	0.3-0.4				1.05-1.2	0.85-1.05
Agrumes sarclés sans sarclage						0.65-0.75 0.85-0.9
Olivier						0.4-0.6