

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'HYDRAULIQUE –ARBAOUI Abdellah-

## DEPARTEMENT IRRIGATION ET DRAINAGE

# MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

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

**Option** : IRRIGATION ET DRAINAGE

### **THEME DU PROJET:**

Étude d'aménagement hydro-agricole des hautes plaines  
Sétifiennes wilaya de Sétif (Secteur 6) d'une  
superficie de 300 ha

### **PRESENTE PAR :**

M<sup>r</sup> : BOUSSEKOURENE Amer

### **Devant les membres du jury**

<b>Noms et Prénoms</b>	<b>Grade</b>	<b>Qualité</b>
M <sup>r</sup> : RASSOUL Abdelaziz	M.C.A	Président
M <sup>r</sup> : YAHIAOUI Samir	M.A.A	Examineur
M <sup>r</sup> : KERID Rachid	M.A.A	Examineur
M <sup>me</sup> : AZIEZ Ouahiba	M.A.A	Examinatrice
M <sup>me</sup> : SAADOUNE SAMRA	M.C.B	Promotrice

Septembre 2018

# *Remerciements*

je me rend en premier lieu grâce à Allah le tout puissant qui m'a donné la foi et le courage d'arriver au terme de mes études.

Je tiens à remercier mon encadreur, madame SADOUNE Samra. Pour son soutien tout au long de la préparation de mon projet de fin d'étude.

Mes remerciements vont à Monsieur OUALI Kamel, mon titreur au sein de la subdivision des ressources en eaux de KHERRATA , pour le temps précieux qu'il m'a consacré, ses orientations, et ses nombreuses interventions qui ont permis l'aboutissement de ce travail.

Je remercie également les membres du jury, devant lesquels j'ai l'honneur d'exposer mon travail, et qui ont pris la peine de le lire et de s'y intéresser.

Je remercie aussi tous mes camarades, avec lesquels j'ai eu le plaisir de travailler, ainsi que toutes les personnes ayant contribué de près ou de loin à l'élaboration et l'achèvement de ce mémoire.

Je remercie enfin mes parents qui m'ont soutenu pendant toute la durée de mes études.

## *Dédicace*

Je dédie ce mémoire aux êtres les plus chers à mon cœur,

Mon Père, Ma mère, qui ont toujours cru en moi et m'ont encouragés.

A mon Frère : Mounir

A mes sœurs : Donia, Ghozlan, Malak, Lamia

A toute ma famille

A mes amis de kherrata : Hicham, Salah, Rami,  
Nabil, Hocin

A Tous mes amies de l'Ecole Nationale Supérieure  
de l'Hydraulique ;

**Amer**

## ملخص

تندرج هذه المذكرة ضمن السياسة المتعلقة بتسيير المساحات المسقية، والتي تسعى إلى تحقيق مردود معتبر من الناحية الانتاجية، مستخدمة أفضل أنواع تقنيات السقي، مع المحافظة على الموارد المائية والأخذ بعين الاعتبار الظروف المناخية، نوعية التربة ونوعية المياه المستخدمة، وهذا لن يتحقق إلا بتبني واستخدام الطرق النوعية في تحديد مستلزمات الأشجار، ومختلف المزروعات الأخرى من المياه وتقديمها بطرق لا يكون فيها معامل تبذير المياه كبير، كل هذا مع ضمان إنتاج وفير بأقل تكلفة.

## Résumé

Ce mémoire rentre dans le cadre de la politique de gestion des périmètres d'attendre un rendement élevé à la productivité. En utilisant meilleurs techniques d'irrigation. Toute en préservant les ressources hydriques, et en tenant compte des conditions Climatiques, la qualité du sol et la qualité des eaux utilisées. Ce par adoption de meilleures méthodes de calcul des besoins en eau des arbres, et des différentes cultures. Et d'avoir bon coefficient d'efficience pour la distribution. Tout cela pour atteindre une production avec le moindre coût.

## Abstract

The aim of my present work has an aspect of the actual policy of the irrigated areas management in a way to attain a high investment feedback, showing a better efficiency of the irrigation system from one part, and a better management and potentialities preservation: water resource and ground resources from the other part. This by adoption of modern irrigation system which their reliability, i.e: localized irrigation, aspersion irrigation the most developed with the evolution of science and technology. These systems present many advantages like the important water saving.

# Sommaire

## Chapitre I : Présentation de la zone d'étude

I.1	Introduction : .....	1
I.2	Localisation et présentation de la zone d'étude : .....	1
I.2.1	Localisation .....	1
I.2.2	Les limites géographiques : .....	1
I.3	Voies de communications : .....	2
I.3.1	Géologie : .....	3
I.3.2	Le quaternaire : .....	3
I.3.3	Mio-Pliocène : .....	3
I.4	Drainage : .....	3
I.5	Climatologie : .....	5
I.5.1	La pluviométrie : .....	5
I.5.2	Température : .....	6
I.5.3	Humidité relative : .....	7
I.5.4	Vents : .....	7
I.5.5	L'évaporation : .....	7
I.5.6	Les gelées : .....	8
I.5.7	Le sirocco : .....	8
I.5.8	L'ensoleillement : .....	8
I.5.9	Les neiges : .....	8
I.6	Synthèses bioclimatiques : .....	9
I.6.1	Diagramme ombrothermique : .....	9
I.6.2	Quotient pluviothermique : .....	10
I.6.3	Indice d'aridité de MARTONNE : .....	11
I.7	Etude socio -agro-économique : .....	11
I.7.1	Population : .....	11
I.7.2	Agricole : .....	12
I.8	Conclusion : .....	12

## **Chapitre II : RESSOURCES EN SOL**

II.1	Introduction : .....	13
II.2	Classification des sols : .....	13
II.2.1	Les sols peu évolués d'apport alluvial : .....	13
II.2.2	Les sols calcimagnésiques : .....	16
II.3	Caractéristiques physico-chimique et hydrodynamique des sols : .....	18
II.3.1	Caractéristiques physiques : .....	18
II.3.1.1	La structure : .....	18
II.3.1.2	La texture : .....	18
II.3.1.3	Point de flétrissement et capacité de rétention : .....	18
II.3.2	Caractéristiques chimiques : .....	19
II.3.3	Caractéristiques hydrodynamiques des sols : .....	20
II.4	Les aptitudes culturelles: .....	21
II.5	Conclusion : .....	22

## **Chapitre III : Ressources en eau**

III.1	Introduction .....	23
III.1	Ressources en eau-Eaux de surface : .....	23
III.2.1	Le barrage d'IGHIL- EDMA : .....	23
III.2.2	Le barrage de MAHOUANE : .....	24
III.2	Caractéristique principales du barrage : .....	25
III.3	Qualité de l'eau d'irrigation des eaux du barrage : .....	25
III.4.1	Les limites admissibles : .....	26
III.4	Etude hydrologique : .....	29
III.5.1	Réseau pluviométrique : .....	29
III.5.2	Homogénéité de la série pluviométrique : .....	31
III.5.3	Ajustement statistique des pluies : .....	33
III.5.4	Ajustement des pluies annuelles à la loi Log - Normale.....	35
III.5.5	Test de validité d'un ajustement : .....	36
III.5.6	Détermination de l'année de calcul: .....	38
III.5	Conclusion : .....	39

## **Chapitre IV : Besoins en eau des cultures**

IV.1	Introduction : .....	40
IV.2	L'occupation des sols : .....	40
IV.2.1	Cultures proposées pour la zone : .....	40
IV.2.2	Calendrier d'occupation des sols : .....	41
IV.2.3	Assolement –Rotation proposés : .....	44
IV.3	Besoins en eau des cultures : .....	44
IV.3.1	L'évapotranspiration : .....	45
A.	L'évapotranspiration de référence (ET <sub>o</sub> ) : .....	45
B.	Calcul de l'évapotranspiration : .....	48
C.	L'évapotranspiration maximale (ET <sub>m</sub> ) : .....	49
IV.3.2	Calcul de la pluie efficace : .....	49
IV.3.3	La réserve facilement utilisable (RFU) : .....	49
IV.4	Estimation des besoins en eau des cultures.....	50
IV.5	Calcul du débit spécifique : .....	59
IV.6	Calcul du débit caractéristique : .....	60
IV.7	Estimation des besoins en eau totaux du périmètre : .....	60
IV.8	Conclusion : .....	61

## **Chapitre V : Etude du système d'adduction**

V.1	Introduction : .....	62
V.2	Schéma d'aménagement : .....	62
V.2.1	Système d'irrigation : .....	63
V.2.2	Description les conduites d'adduction (transport et primaire) .....	63
V.2.3	Les conduites de distribution : .....	63
V.2.4	Les ilots d'irrigation .....	64
V.2.5	Les bornes d'irrigation : .....	64
V.3	Calcul hydraulique: .....	66
V.3.1	Les débits d'équipement.....	66
V.3.2	Dimensionnement du réseau de distribution : .....	68
V.3.3	Calcul des pertes de charges : .....	69
V.4	Conclusion.....	72

## **Chapitre VI : Techniques d'irrigation**

VI.1	Introduction : .....	72
VI.2	Les différentes techniques d'irrigation : .....	72
VI.3	Irrigation de surface : .....	72
VI.4	L'irrigation par aspersion : .....	75
VI.5	L'irrigation localisée .....	76
VI.6	Choix des techniques d'arrosage : .....	78
VI.6.1	Les contraintes naturelles : .....	78
VI.6.2	Les contraintes techniques : .....	78
VI.6.3	Les contraintes agronomiques : .....	78
VI.7	Conclusion : .....	80

## **Chapitre VII : Dimensionnement a la parcelle**

VII.1	Introduction : .....	81
VII.2	Dimensionnement d'un système d'irrigation par aspersion : .....	81
VII.2.1	Calcul de la Dose pratique : .....	81
VII.2.2	Le diamètre de l'ajutage : .....	82
VII.2.3	Ecartements entre les rampes et arroseurs : .....	82
VII.2.1	La portée du jet : .....	82
VII.2.2	Débit de l'asperseur : .....	83
VII.2.3	Vérification de la pluviométrie de la buse : .....	83
VII.2.4	Calcul du tour d'eau : .....	83
VII.2.5	Volume fourni par 1 asperseur pendant 1 mois : .....	84
VII.2.6	Calcul de l'unité d'arrosage $S_u$ : .....	84
VII.2.7	Le nombre d'asperseurs : .....	85
VII.2.8	Calcul du nombre de rampes : .....	85
VII.2.9	Calcul le Diamètre de la rampe et du porte-rampe : .....	85
VII.2.10	Calcul des pertes de charge : .....	86
VII.2.11	Calcul de la pression en tête du réseau .....	87
VII.3	Dimensionnement d'un système d'irrigation goutte à goutte : .....	87
VII.3.1	Données générales : .....	87
VII.3.2	Besoins en eau journaliers : .....	88



VII.3.3	Besoins journaliers en tenant compte de la réduction $k_r$ .....	88
VII.3.4	Besoin d'irrigation brute .....	88
VII.3.5	pourcentage du sol humidifié : .....	89
VII.3.6	La dose nette pratique : .....	89
VII.3.7	Calcul de la dose brute .....	89
VII.3.8	Calcul de la fréquence d'arrosage .....	90
VII.3.9	La durée d'arrosage par mois : .....	90
VII.3.10	Durée d'arrosage journalier : .....	90
VII.3.11	Nombre de postes : .....	91
VII.3.12	La surface du poste : .....	91
VII.3.13	Calculs hydrauliques : .....	91
VII.3.14	Dimensionnement des canalisations du réseau : .....	94
VII.3.15	La pression d'eau a la borne de distribution : .....	96
VII.4	Conclusion .....	98

## **Chapitre VIII : Organisation de chantier**

VIII.1	Introduction : .....	98
VIII.2	Les actions reçues par les conduites: .....	98
VIII.3	Travaux concernant l'adduction et le réseau de distribution : .....	98
VIII.4	Choix des engins de terrassement .....	99
VIII.5	Calcul des volumes des travaux de l'adduction et de distribution .....	101
VIII.5.1	Calcul du volume de terrassement : .....	101
VIII.5.2	Calcul du volume de lit de sable .....	103
VIII.5.3	Calcul du volume de remblai .....	104
VIII.6	Estimation de cout de projet .....	104
VIII.6.1	Estimation de cout de pose de canalisation de l'adduction .....	104
VIII.6.2	Estimation du cout du réseau de distribution .....	105
VIII.6.3	Estimation Du Cout Du resirvior .....	105
VIII.6.4	Devis estimatif du projet : .....	106
VIII.6.5	Devis du réseau d'irrigation par aspersion et localisé .....	106
VIII.7	Conclusion : .....	107

## Liste des tableaux

### Chapitre I : Présentation de la zone d'étude

TABLEAU I.1: CARACTERISTIQUES GEOGRAPHIQUES DE LA STATION DE SETIF .....	5
TABLEAU I.2: PRECIPITATIONS MOYENNES MENSUELLES A SETIF (1985-2014). .....	5
TABLEAU I.3: REGIME SAISONNIER DES PRECIPITATIONS .....	6
TABLEAU I.4: MOYENNES MENSUELLES DES TEMPERATURES A SETIF (1985-2014).....	6
TABLEAU I.5: REPARTITION MENSUELLE DE L'HUMIDITE RELATIVE DE L'AIR EN % ...	7
TABLEAU I.6: MOYENNE MENSUELLE DE LA VITESSE DES VENTS (M/S).....	7
TABLEAU I.7: MOYENNES MENSUELLES DE L'EVAPORATION A SETIF .....	8
TABLEAU I.8: NOMBRE DE JOURS DE GELEE A SETIF (1985-2010) .....	8
TABLEAU I.9: FREQUENCE DU SIROCCO SUR 29 ANS (1985-2014).....	8
TABLEAU I.10: CLASSIFICATION DE CLIMAT SELON MARTONNE.....	11
TABLEAU I.11: LA SITUATION ACTUELLE DES CULTURES A LA ZONE D'ETUDE.....	12

### Chapitre II : RESSOURCES EN SOL

TABLEAU II. 1: RESULTAT ANALYTIQUE DU PROFIL 1 .....	15
TABLEAU II. 2: RESULTAT ANALYTIQUE DU PROFIL 2 .....	17
TABLEAU II. 3: PERMEABILITE DES SOLS (MM/H).....	20

### Chapitre III : Ressources en eau

TABLEAU III.1: FICHE SYNOPTIQUE DU BARRAGE DE MAHOUANE : .....	25
TABLEAU III.2: CARACTERISTIQUES DES EAUX DE BARRAGE DE MAHOUANE.....	26
TABLEAU III.3: CLASSIFICATION DES EAUX EN FONCTION DE LA CONDUCTIVITE ELECTRIQUE.....	26
TABLEAU III.4: CLASSIFICATION DES EAUX EN FONCTION DE SAR.....	27
TABLEAU III.5: CARACTERISTIQUES DE LA STATION PLUVIOMETRIQUE. ....	29
TABLEAU III.6: PLUIES MENSUELLES.....	30
TABLEAU III.7: TEST DE WILCOXON DE LA STATION DE FERMATO.....	32
TABLEAU III.8: AJUSTEMENT A LA LOI NORMALE.....	34
TABLEAU III.9: AJUSTEMENT A LA LOI LOG NORMALE.....	35
TABLEAU III.10: LA TABLE DE PEARSON.....	37
TABLEAU III.11: PLUVIOMETRIE MOYENNE POUR CHAQUE MOIS EN (MM).....	38

### Chapitre IV : Besoins en eau des cultures

TABLEAU IV.1: OCCUPATION AGRICOLE DE LA ZONE D'ETUDE.....	40
TABLEAU IV.2: CULTURES PROPOSEES POUR LA ZONE D'ETUDE .....	41
TABLEAU IV.3: REPRESENTATION DE L'ASSOLEMENT CHOISI. (SOURCE ONID).....	42
TABLEAU IV.4: REPRESENTATION DE L'ASSOLEMENT CHOISI. (SOURCE ONID).....	43
TABLEAU IV.5: LES ASSOLEMENTS PROPOSES.....	44

TABLEAU IV.6: EVAPOTRANSPIRATION DE REFERENCE ET0 DE PENMAN ET MONTEITH .....	48
TABLEAU IV.7: LA PLUIE EFFICACE.....	49
TABLEAU IV.8: ESTIMATION DES BESOINS EN EAU DES CULTURES DE L'ORGE.....	50
TABLEAU IV.9: ESTIMATION DES BESOINS EN EAU DES CULTURES DE BLE.....	51
TABLEAU IV.10: ESTIMATION DES BESOINS EN EAU DES CULTURES DE LUZERNE .....	51
TABLEAU IV.11: ESTIMATION DES BESOINS EN EAU DES CULTURES DE TOMATE.....	52
TABLEAU IV.12: ESTIMATION DES BESOINS EN EAU DES CULTURES D'OLIVIER.....	52
TABLEAU IV.13: ESTIMATION DES BESOINS EN EAU DES CULTURES DE CONCOMBRE.....	53
TABLEAU IV.14: ESTIMATION DES BESOINS EN EAU DU BLE ET DE L'AVOINE .....	53
TABLEAU IV.15: ESTIMATION DES BESOINS EN EAU DES CULTURES DE POMME DE TERRE SAISON .....	54
TABLEAU IV.16: ESTIMATION DES BESOINS EN EAU DES CULTURES DE CAROTTE .....	54
TABLEAU IV.17: ESTIMATION DES BESOINS EN EAU DES CULTURES DE PECHER .....	55
TABLEAU IV.18: ESTIMATION DES BESOINS EN EAU DES CULTURES DE HARICOT .....	55
TABLEAU IV.19: ESTIMATION DES BESOINS EN EAU DES CULTURES DE HARICOT .....	56
TABLEAU IV.20: ESTIMATION DES BESOINS EN EAU DES CULTURES DE CHOUX .....	56
TABLEAU IV.21: ESTIMATION DES BESOINS EN EAU DES CULTURES DE POMME DE TERRE.....	57
TABLEAU IV.22: ESTIMATION DES BESOINS EN EAU DES CULTURES D'OGNON/AIL.....	57
TABLEAU IV.23: ESTIMATION DES BESOINS EN EAU DES CULTURES DE PETIT POIS ...	58
TABLEAU IV.24: CALCUL DES BESOINS EN EAU D'ASSOLEMENTS :.....	59
TABLEAU IV.25: LES BESOINS TOTAUX DU PERIMETRE .....	61

## **Chapitre V : Etude du système d'adduction**

TABLEAU V.1: SUPERFICIE DES DIFFERENTS SECTEURS DU PERIMETRE.....	62
TABLEAU V.2: CHOIX DU DIAMETRE DE LA BORNE. ....	67
TABLEAU V.3: CALCUL DES DEBITS DES ILOTS ET CHOIX DU DIAMETRE DE LA BORNE. ....	68
TABLEAU V.4: LES PARAMETRES DE PERTE DE CHARGE.....	69
TABLEAU V.5: RESULTAT DE CALCUL LE RESEAU DE DISTRIBUTION .....	70

## **Chapitre VI : Techniques d'irrigation**

TABLEAU VI.1: ANALYSE MULTICRITERE DU CHOIX DE LA TECHNIQUE D'IRRIGATION. ....	79
--	----

## **Chapitre VII : Dimensionnement a la parcelle**

TABLEAU VII. 1: RESULTAT DE CALCUL PRATIQUE D'ASPERSION .....	87
TABLEAU VII. 2: TABLEAU RECAPITULATIF DES PERTES DE CHARGE.....	96

## **Chapitre VIII : Organisation de chantier**

TABLEAU VIII.1: CALCUL DU VOLUME DE DEBLAI.....	103
TABLEAU VIII.2: VOLUME DE LIT DE SABLE.....	103
TABLEAU VIII.3: CALCUL DU VOLUME DE REMBLAI .....	104
TABLEAU VIII.4: ESTIMATION DU COUT DE POSE DE CANALISATION DE L' ADDUCTION .....	104
TABLEAU VIII.5: ESTIMATION DU COUT DU RESIRVOIRE.....	105
TABLEAU VIII. 6: ESTIMATION DU COUT DU RESEAU DE DISTRIBUTION .....	105
TABLEAU VIII.7: ESTIMATION DU COUT DU RESEAU DE DISTRIBUTION .....	106

## Liste des figures

### Chapitre I : Présentation de la zone d'étude

FIGURE I. 1: PLAN DE SITUATION (SOURCE ONID).....	2
FIGURE I. 2: PROFIL EN LONG DE L'OUED BOUSSELEM-SOUMMAM .....	4
FIGURE I. 3: CHEVELU HYDROGRAPHIQUE DES PLAINES SETIFIENNES.....	4
FIGURE I. 4: DIAGRAMME OMBROTHERMIQUE DE LA VILLE DE SETIF (1985-2010).....	9
FIGURE I. 5: DIAGRAMME BIOCLIMATIQUE D'EMBERGER .....	10

### Chapitre III : Ressources en eau

FIGURE III. 1: BARRAGE D'IGHIL- EDMA.....	24
FIGURE III. 2: BARRAGE DE MAHOUANE.....	24
FIGURE III. 3: DIAGRAMME DE CLASSIFICATION DES EAUX D'IRRIGATION.....	28
FIGURE III. 4: AJUSTEMENT A LA LOI NORMALE.....	34
FIGURE III. 5: AJUSTEMENT A LA LOI LOG NORMALE.....	36

### Chapitre V : Etude du système d'adduction

FIGURE V. 1: BORNE D'IRRIGATION.....	65
FIGURE V. 2: DELIMITATION LA SURFACE ETUDIE DONS LE SECTEUR 6.....	65

### Chapitre VI : Techniques d'irrigation

FIGURE VI. 1: IRRIGATION PAR RUISSELLEMENT.....	73
FIGURE VI. 2: IRRIGATION PAR SUBMERSION.....	74
FIGURE VI. 3: L'IRRIGATION PAR INFILTRATION.....	75
FIGURE VI. 4: IRRIGATION PAR ASPERSION .....	76
FIGURE VI. 5: IRRIGATION AVEC UN SYSTEME LOCALISE.....	77

### Chapitre VIII : Organisation de chantier

FIGURE VIII. 1: LE CHARGEUR.....	100
FIGURE VIII. 2: PELLE EQUIPEE EN RETRO.....	100
FIGURE VIII. 3: LE BULLDOZER .....	101
FIGURE VIII. 4:SCHEMA D'UNE TRANCHEE .....	102

## **Liste des planches**

1. Plan d'occupation du sol de la parcelle au lieu-dit MAZLOUGE (secteur 06) wilaya de sétif.
2. Plon de réseau d'adduction de périmètre des plaines sétifiennes (secteur 06) wilaya de sétif.
3. Plan de projection d'un réseau d'aspersion sur l'ilot 04 plaines sétifiennes (secteur 06) wilaya de sétif .
4. Profil en long de la conduite principale zone d'étude (secteur 06) wilaya de sétif.
5. Plan de situation de la zone d'étude (secteur 06) wilaya de sétif.

## **Introduction générale**

---

## **Introduction générale**

L'eau est un élément essentielle pour l'augmentation de la production agricole, qu'elle soit récupérée par gravitation ou par pompage cette eau d'irrigation doit être amenée aux différentes parcelles du périmètre irrigué. Aujourd'hui du plus archaïque au plus perfectionné, les systèmes d'irrigation sont légions.

L'Algérie a connu une longue période de sécheresse en particulier dans les régions climat aride et semi-aride à la pluviométrie est insuffisante mal répartie voire même rare.

Les ressources en eaux sont plus en plus menacées par les conséquences des activités humaines. Le nombre croissant d'utilisateurs oblige aujourd'hui à gérer cette ressource de manière intégrée et efficace, dans une perspective de long terme, et, ainsi, à trouver des solutions innovantes pour répondre à la demande.

L'objectif de notre projet est consisté d'étude d'aménagement hydro-agricole d'une partie (une superficie de 300 ha) appartenant de secteur 06 des hautes plaines SETIFIENNES qui sera alimentée à partir de barrage de MAHOUANE wilaya de SETIF cette étude se base sur les facteurs et paramètres qui conditionnent la mise en valeur en irrigué tels que : les aptitudes culturales des sols, les conditions climatologiques, le caractère socio-économique de l'aire d'étude et les potentialités hydrauliques de la région, ainsi que les mesures d'accompagnement nécessaire à tout projet d'intensification agricole, sans oublier l'étude économique de ce projet. Toutes ces études nous aident à mieux apprécier la rentabilité du projet en question.

La région étudiée est caractérisée par des vastes surfaces agricoles fertiles surtout dans la production céréalière, et qui jouera le rôle principal dans le but de parvenir à l'autosatisfaction dans ce domaine, cela n'est possible que si elle est bien exploitée. Sachant que cette dernière est caractérisée par un climat semi-aride, ce qui induit qu'il aura un déficit concernant les ressources hydriques dans la saison sèche qui est la période d'irrigation. En plus du problème de la gelée dans la saison hivernale.

L'objectif de cette étude est, non seulement de réunir les éléments de base nécessaires à savoir une analyse hydro pédologique, un aperçu socio-économique, mais aussi et surtout de définir une méthodologie pour le dimensionnement d'un réseau d'irrigation à partir des eaux d'un barrage afin que celles-ci soient utilisées de façon efficace et efficiente.



*Chapitre I : Présentation De La Zone d'Etude*

---

## **I.1 Introduction :**

Ce premier chapitre est une présentation générale du site d'étude, Du point de vue situation géographique et conditions climatiques. L'étude détaillée des principaux facteurs climatiques, vont nous permettre de déterminer le type de climat caractérisant la zone d'étude.

L'analyse des différents facteurs climatiques pour une conception d'un réseau d'irrigation, puisque ces réseaux sont à la base de divers calculs, tels que : le calcul des besoins en eau des cultures.

## **I.2 Localisation et présentation de la zone d'étude :**

### **I.2.1 Localisation**

Le périmètre d'étude située dans la partie Nord-Est de l'Algérie à 300 km à l'Est d'Alger. La région est connue géographiquement comme les Hautes Plaines SETIFIENNES. Zone de haut plateau entre les 800 et les 1.000 m de hauteur, La zone possède une superficie 28228 hectares bruts, sont étendus entre les Wilayas de Sétif (plaine MAZLOUG) et de Bordj Bou Arreridj (plaine AIN TAGHROUT).

### **I.2.2 Les limites géographiques :**

Les Hautes Plaines couvrent la partie centrale de la wilaya de Sétif et se développent au Sud de la route nationale N°5 (AIN ARNAT-SETIF-EL EULMA-BIR EL ARCH). Elles sont des vastes étendues aplanies ou nivelées autour d'une altitude moyenne qui varie de 950 mètre à l'Ouest jusqu'à 750 m à l'Est, et se localisent entre les Monts du HODNA au Sud et les Monts de DJEMILA au Nord. Elles s'étendent d'Est en Ouest sur une longueur de 80 km, et une largeur maximum de 45 km.



Figure I. 1: plan de situation (source ONID)

### I.3 Voies de communications :

Le réseau routier de la région est bien développé, telles que les routes nationales N°05, N°28, N°75 et N°78, ainsi, la région est traversée par l'auto route Est-Ouest sur un tronçon de 75 km et une voie ferrée. Ils favorisent une communication facile et jouent un rôle important dans les différentes activités économiques et commerciales de la région, notamment, l'activité minière qui s'appuie sur l'exploitation des calcaires de DJEBEL YOUSSEF et GUETAR, les sels de GUELLAL et autres. De plus, la région dispose d'un aéroport ouvert au réseau tant national qu'international.

### **I.3.1 Géologie :**

Les formations de surface couvrent une vaste étendue dans la zone d'étude sont des formations quaternaires et quelle que formation mio-pliocène à l'ouest de la zone d'étude.

### **I.3.2 Le quaternaire :**

Le Quaternaire représente les formations les plus récentes et on trouve des Alluvions d'oueds, des terres arables, des formations de pentes et du Quaternaire Indéterminé.

**I.3.2.1 Les alluvions récentes:** elles forment généralement une mince bande souvent discontinue au fond des oueds les plus importants. Ce sont des sables, des limons et des graviers

**I.3.2.2 Terrasses, formations de pente et quaternaire indéterminé :** les formations de pente correspondent à des terrasses dilacérées ou à des alluvions anciennes sur lesquelles sont développés des sols bruns peu ou pas calcaires.

**I.3.2.3 Villafranchien (croûtes calcaires):** le villafranchien est composé de calcaires lacustres, sols à croûtes, cailloutis fluviaux.

### **I.3.3 Mio-Pliocène :**

Les formations attribuées au Mio-Pliocène continental occupent de vastes espaces dans la région des Hautes Plaines SETIFIENNES. Elles sont représentées essentiellement par des dépôts détritiques et évaporitiques (argiles rougeâtres, des lits gypsifères, sable, conglomérats, et calcaires lacustres). La partie argileuse la plus ancienne peut correspondre, comme dans le BOUSSELAM, à la partie terminale du Miocène.

### **I.4 Drainage :**

BOUSSELEM c'est l'oued principale traversée la zone d'étude qui prend sa source au djebel MEGHRIS, au Nord de Sétif, coule d'abord du Nord vers le Sud puis il vire brusquement vers le Nord -Ouest. Il s'échappe des Hautes Plaines par les gorges creusées dans les calcaires du GUERGOUR, dans la région BOUGAA. Plus au Nord, il décrit une grande courbure et joint à lui un important affluent, Oued MAHADJAR, venant du Sud. Enfin, sa confluence dans la direction Ouest, avec son principal collecteur, Oued Soummam, s'effectue dans la région d'AKBOU.

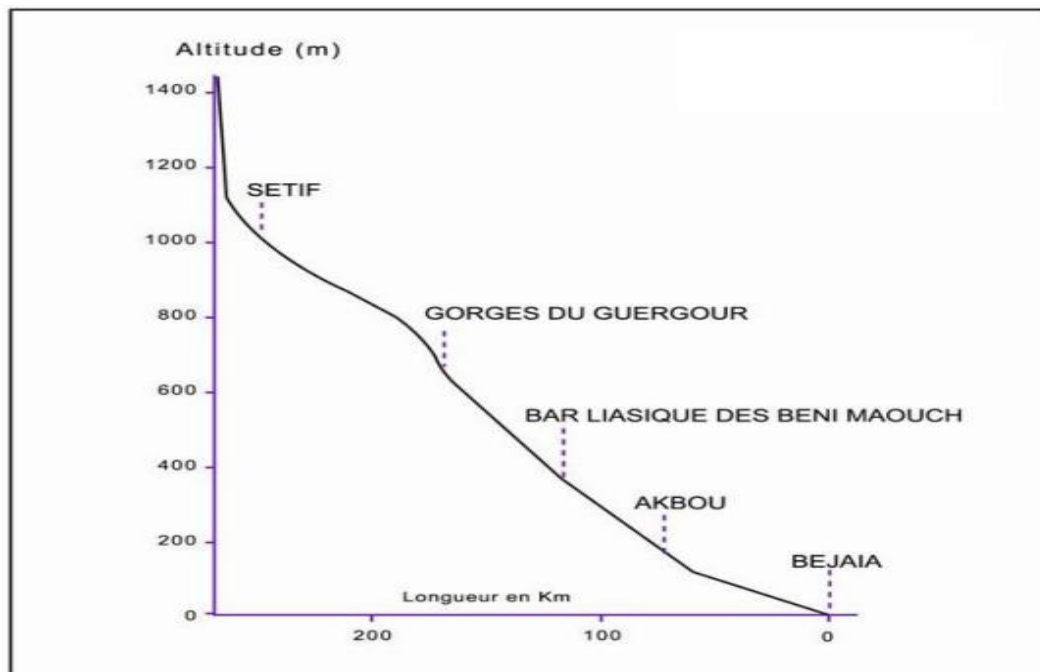


Figure I. 2: Profil en long de l'oued BOUSSELEM-SOUMMAM

(D'après Gautier E-F., 1910)

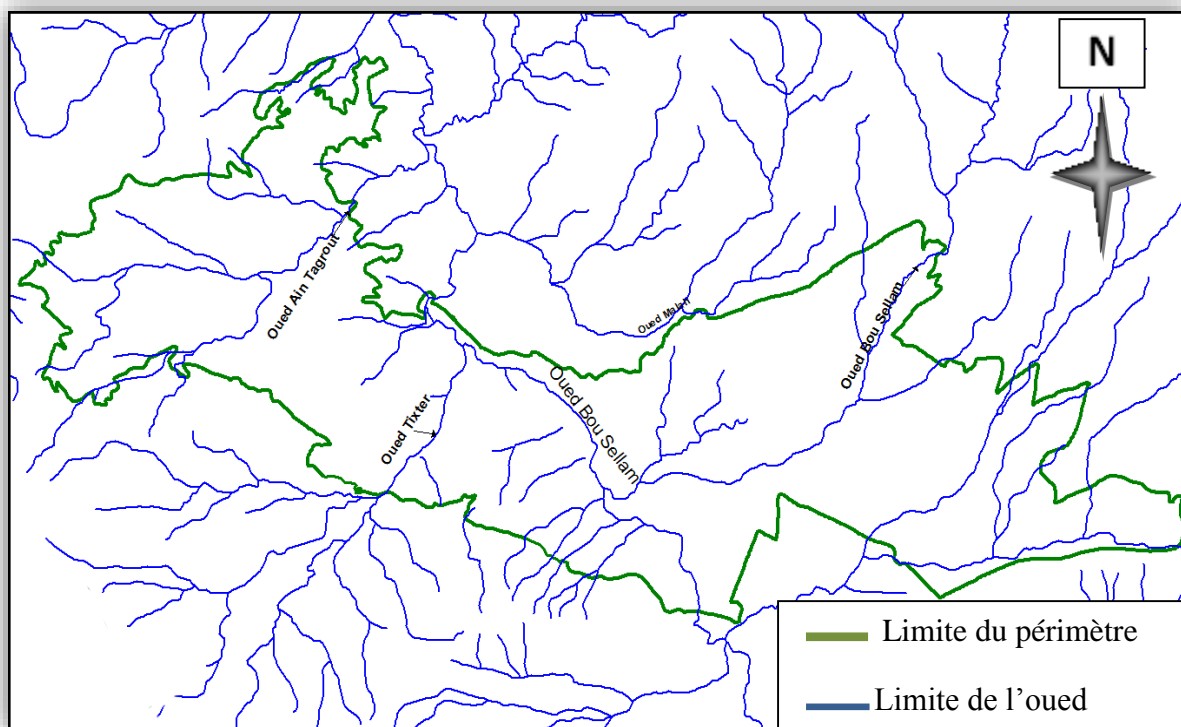


Figure I. 3: Chevelu hydrographique des plaines SETIFIENNES

Echelle : 1/ 500 000

## I.5 Climatologie :

Dans l'aménagement d'un périmètre irrigué, l'étude climatologique revêt une importance capitale, car le climat est un facteur qui est déterminant pour le choix des cultures ainsi que pour l'estimation des doses d'irrigation nécessaires. Cette étude va nous permettre de déterminer le climat de la région où se situe notre périmètre.

Pour cela nous allons nous intéresser à un ensemble de phénomène météorologique qui conditionne l'évolution de ce dernier. Parmi ces phénomènes météorologiques on peut citer : les précipitations ; les variations de température, l'évapotranspiration, le vent, l'humidité relative.....etc.

La zone d'étude est caractérisée par un climat continental semi-aride avec des étés chauds et des hivers rigoureux.

Les données météorologiques utilisées dans cette étude ont été fournis par l'ANRH et l'Office National de la Météorologie(ONM).

**Tableau I.1: Caractéristiques géographiques de la station de Sétif**

Station	Latitude(X)	Longitude(Y)	Côte(m)	Code
Sétif	36.183	5.417	1038	60445

### I.5.1 La 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.

Pluviométrie moyenne mensuelle : La station pluviométrique représentative est celle de notre région d'étude, les données couvrent la période de 1985 à 2010 La répartition mensuelle des pluies est donnée par le tableau suivant :

**Tableau I.2: Précipitations moyennes mensuelles à Sétif (1985-2014).**

mois	jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc	total
P (mm)	38,95	31,9	35,84	38,25	46,32	22,02	12,74	14,01	34,91	32,15	34,55	48,76	390,45

**Source (ONID)**

Le mois le plus pluvieux est décembre avec une moyenne mensuelle de 48,76 mm, par contre le mois le moins pluvieux est juillet avec une moyenne mensuelle de 12,74 mm.

- **Régime saisonnier des précipitations :**

Le régime saisonnier des pluies est saisonnier avec une précipitation Hivernale de 30,66%, Printanière 30,8%, les précipitations décroissent nettement en période estivale avec un taux de 12,49%.

**Tableau I.3: Régime saisonnier des précipitations**

Mois	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	Total
p(mm)	119,66			120,4			48,77			101,61			390,45
p%	30,66			30,8			12,49			26,02			100

## I.5.2 Température :

**Tableau I.4: Moyennes mensuelles des températures à Sétif (1985-2014)**

Mois	jan	fév	mars	avr	mai	juin	juil	août	sep	oct	nov	déc
T <sub>max</sub> (°C) extrêmes	12,8	20,1	21,9	26,4	32,9	38,3	40,5	40,2	34,4	26,3	24,8	16
T <sub>max</sub> (°C) moyenne	7,7	14,4	18,2	19,5	27,9	32,2	35,4	35,8	28,1	22,3	14,2	9,3
T <sub>min</sub> (°C) extrêmes	-3,5	-3	-1,6	0	0,9	10,5	11	14,3	7,3	3,6	-1,4	-3,5
T <sub>min</sub> (°C) moyenne	1,3	2,4	4,3	6,3	12,5	17,4	19,3	20,2	13,5	9	3,7	1,3
T <sub>moy</sub> (°C)	4,5	8,4	11,25	12,9	20,2	24,8	27,35	28	20,8	15,65	8,95	5,3

**Source (ONM)**

- **Températures maximales :**

Les températures moyenne mensuelle les plus élevée est de (35,4°C [juillet] et 35,8°C [Août]) ce qui implique un prolongement de saison estivale jusqu'à Septembre parce que la moyenne mensuelle de Septembre est relativement proche de la moyenne mensuelle la plus élevée.

- **Températures minimales :**

La moyenne mensuelle des températures minimale la plus basse est de 1,3°C (Janvier), les moyennes des températures de décembre, février et mars sont proches de la valeur la plus

basse, ce qui implique une période Hivernale froide, les températures minimales indiquent que des vagues de froid extrême.

### I.5.3 Humidité relative :

L'humidité relative ou état hygrométrique est le rapport en % de la tension moyenne de vapeur sur la tension maximum de celle-ci, correspondant à la température mesurée au thermomètre sec.

**Tableau I.5: Répartition mensuelle de l'humidité relative de l'air en %**

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc
humidité	83	77	76	72	65	62	52	50	85	73	81	85

#### Source(ONM)

- Le mois le plus humide est le mois de (septembre et décembre) avec 85%
- Le mois le moins humide est le mois de aout avec 50%

### I.5.4 Vents :

Le vent constitue un facteur exerçant une grande influence sur les cultures et les systèmes D'irrigations. Il est caractérisé par sa vitesse et sa direction.

Au cours de l'année, les vents dominants sont de direction Nord-Ouest à Nord-Est. Les vents de direction Nord-Est sont frais et chauds. La moyenne annuelle de la force du vent est de 2,9 m/s.

**Tableau I.6: Moyenne mensuelle de la vitesse des vents (m/s).**

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc
V(m/s)	2.9	3.1	3.1	2.9	2.9	2.9	2.7	2.8	2.8	2.7	2.8	2.8

#### Source(ONM)

### I.5.5 L'évaporation :

Elle atteint son maximum en période estivale où elle accentue l'aridité, ce qui s'explique probablement par les fortes températures et la longueur de la durée d'insolation (Tableau I.7)



**Tableau I.7: Moyennes mensuelles de l'évaporation à Sétif**

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sep	Oct	No	Déc
Evp (mm)	63,71	72.26	111.8	129.9	180.8	267.8	348.2	318.9	196.6	137.4	77.81	53.2

Source(ONM)

**I.5.6 Les gelées :**

Assez fréquentes à région, leur période est de 6 mois, elles commencent vers le mois d'octobre et s'étalent jusqu'au mois de mai, les gelées tardives (avril, mai) caractérisent la région et constituent un facteur limitant pour la végétation, les gelées tardives peuvent causer des dégâts majeurs sur les plantes lors de la période de la floraison (**Tableau I.8**).

**Tableau I.8: Nombre de jours de gelée à Sétif (1985-2010)**

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc
Jours	15	12	8	4	1	0	0	0	0	0	5	12

Source(ONM)

**I.5.7 Le sirocco :**

Dans l'année, en moyen 14 jours de sirocco avec une forte fréquence du mois de juillet à septembre

**Tableau I.9: Fréquence du sirocco sur 29 ans (1985-2014)**

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc
N jours	0	0	1	1	2	2	3	2	2	1	1	0

Source (ONID)

**I.5.8 L'enseillement :**

La moyenne annuelle des heures d'enseillement dans la région est de 8.2 heures par jours, l'enseillement annuel total est de 2990 heures répartir entre 1169 heures en hiver et 1821 heures en été.

**I.5.9 Les neiges :**

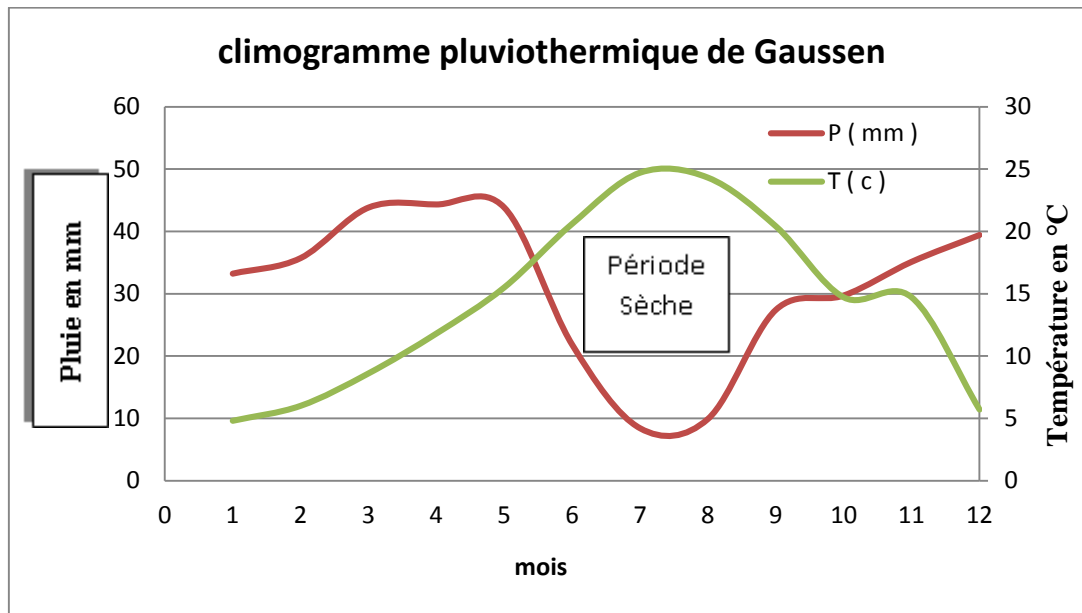
Les chutes de neige sue les hautes plaines SETIFIENNES tombent pendent plusieurs jours de fin de novembre à début de avril, soit 17 jours en moyenne par ans. L'enneigement est important. Les quantités d'eau produit par la neige vont alimenter les nappes principalement celles de la terrasse alluviale.

## I.6 Synthèses bioclimatiques :

Les deux indices les plus utilisés en région méditerranéenne sont le diagramme ombrothermique de BAGNOULS GAUSSEN (1953), et le climagramme d'EMBERGER ,et l'indice d'aridité de DEMARTONNE.

### I.6.1 Diagramme ombrothermique :

Le type de climagramme le plus répandu est sans doute celui qui conçu par BAGNOULS et GAUSSEN (1953). La représentation sur un même graphique des précipitations moyenne mensuelles, exprimées en mm, et des températures moyennes mensuelles, exprimées en °C, avec en abscisses les mois, permet d'obtenir le diagramme ombrothermique, la période sèche s'individualise lorsque la courbe des précipitations passe sous celle des températures, c'est-à-dire lorsque  $P \leq 2T$ .



**Figure I. 4: Diagramme ombrothermique de la ville de Sétif (1985-2010).**

D'après le graphe en remarque :

La saison humide est de 5 mois, allant du mois novembre jusqu'au mai. La saison sèche est de 5 mois aussi, allant du mois juin jusqu'au octobre.

**I.6.2 Quotient pluviothermique :**

Etablit par EMBERGER le quotient pluviothermique permet de faire une correspondance entre les types de climats méditerranéens et la végétation, il s'exprime par la formule suivante :

$$Q_2 = \frac{1000P}{\frac{M+m}{2}(M-m)} \dots\dots\dots(I.1)$$

P = La moyenne des précipitations annuelles en mm .

M = La moyenne des températures maximales du mois le plus chaud.

m = La moyenne des températures minimales du mois le plus froid.

M et m exprimé en °K (t °K= t °C+273°C).

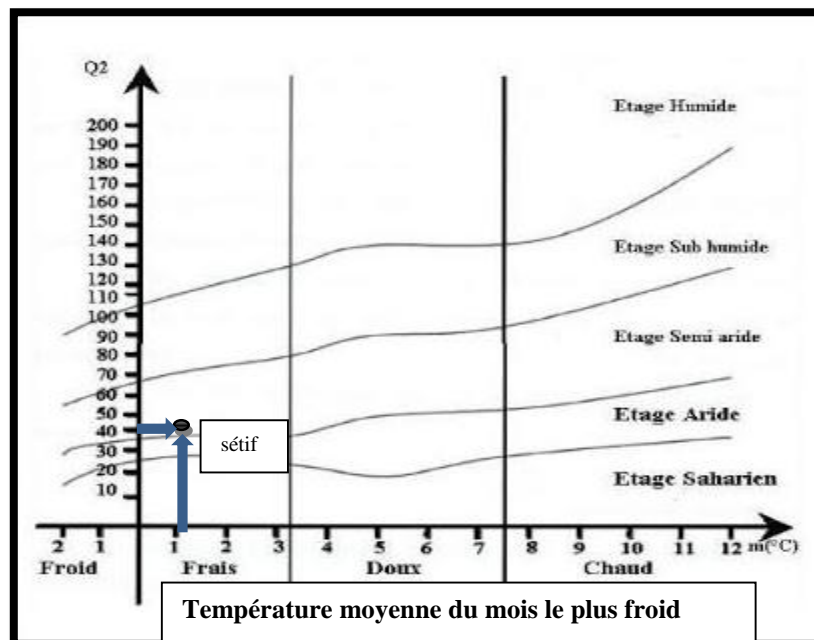
Pour :

P=48.76 (mm)                      M=308.8 K°                      m=274.3 K°

Alors :

**Q=38.82**

Le quotient pluviothermique d'EMBERGER de la zone d'étude est Q<sub>2</sub>= 43,38 et m=1.3, ce qui signifie que la région d'étude se appartient à l'étage bioclimatique semi-aride



**Figure I. 5: Diagramme bioclimatique d'EMBERGER**

### I.6.3 Indice d'aridité de MARTONNE :

MARTONNE a proposé la classification des climats en fonction des valeurs de l'indice d'aridité qui sont données dans le Tableau I.10.

**Tableau I.10: classification de climat selon MARTONNE**

Valeur de l'indice	Type de climat	Irrigation
$0 < I_a < 5$	désertique	Indispensable
$5 < I_a < 10$	Très sec (aride)	Indispensable
$10 < I_a < 20$	Sec (semi-aride)	Souvent Indispensable
$20 < I_a < 30$	Relativement humide	Parfois utile
$I_a > 30$	humide	Inutile

Cet indice permet de préciser le degré de sécheresse de la région, il est calculé en fonction de la température et des précipitations, la formule s'écrit comme suit :

$$I_a = \frac{P}{T+10} \dots\dots\dots (I.2)$$

**I<sub>a</sub>** = Indices d'aridité.

**T** = Température moyenne annuelle en °c

**P** = Précipitations annuelles en (mm)

$$I_a = \frac{390.45}{15.69+10}$$

$I_a = 15.2$ , c'est-à-dire le climat de la région d'étude est de type semi-aride.

## I.7 Etude socio -agro-économique :

### I.7.1 Population :

La population de la wilaya de Sétif est estimée en 2010 à 1 489 495 Hab, et en 2010 a 1 496 million. La densité de population est de 374 hab / km<sup>2</sup>.

La population dans la région d'étude est de :

15 360 habitants avec une densité de 113 hab/km<sup>2</sup>. La commune de MEZLOUG

22 321 habitants avec une densité de 178 hab/ km<sup>2</sup>.La commune de GUELLAL

32 329 habitants avec une densité de 140 hab/km<sup>2</sup>.La commune de GUEDJEL

### I.7.2 Agricole :

Les données collectées au niveau de la DSA de sétif indiquent que la superficie des hautes plain SETIFIENNE est d'environ 28 228 ha dont 15 764,80ha seulement sont irrigués.

Les terres sont cultivées principalement par les céréales et le maraîchage et association avec l'élevage ovin et bovin.

La situation actuelle des cultures à la zone à transformer se trouve résumée au tableau suivant:

**Tableau I.11: La situation actuelle des cultures à la zone d'étude**

Occupation	Surface agricole	Répartition (%)
Maraîchères	997,58	6,33%
Céréale	14.136,93	89,68%
Improductif	38,39	0,24%
Foret	3,03	0,02%
Terrain de parcours	219,98	1,40%
Inconnu et autres	367,54	2,33%
Total	15.764,80	100,00%

**Source (DSA)**

### I.8 Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons traité les principaux données qui nous aiderons à connaître la nature du climat de la zone d'étude, et on a déterminé les paramètres de calculs des besoins en eaux du périmètre.

La zone d'étude est caractérisée par un climat semi-aride avec des printemps humide, des hivers pluvieux et froid avec des chutes des neige, un été sec et chaud et parfois un vent de sud sec et chaud, Le régime pluviométrie et variable en cours de l'année.

*Chapitre II :*

*Ressource En Sol*

---

## II.1 Introduction :

L'étude pédologique est l'une des sources essentielle pour prendre en compte la nature et la distribution des caractéristiques et des contraintes relevant des sols. Pour l'irrigation, plusieurs caractéristiques doivent être prises en considérations. On peut citer notamment :

- La profondeur du sol qui commande l'épaisseur des couches accessibles aux racines et par suite la réserve en eau disponible.
- La texture ou granulométrie de la terre fine et la charge caillouteuse qui jouent sur les possibilités de rétention en eau.
- La structure et la porosité des horizons qui commandent la perméabilité du milieu et, globalement, la plus ou moins grande facilité de conduite des arrosages.
- Les caractéristiques chimiques (PH, SAR, CE.....) qui influent sur l'éventail des possibilités culturales de la zone à irriguer.

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

## II.2 Classification des sols :

L'étude pédologique de périmètre d'étude et l'établissement de la carte des sols permettent de distinguer deux classes de sol. Il s'agit des sols peu évolués d'origine non climatique, des sols calcimagnésiques carbonatés brun calcaires à encroûtement.

### II.2.1 Les sols peu évolués d'apport alluvial :

Ces sols occupent une superficie de 3917,92 ha, à travers toute la zone d'étude. Elle comprend des sols d'apport alluvial, caractérisés par une faible altération du milieu minéral et une faible teneur en matière organique.

#### ❖ Profil pédologique :

Le profil pédologique est la topographie à un instant donné à l'évolution d'un sol, à partir des observations analytiques et en tenant compte de l'environnement.

Notre choix est porté, donc sur la prise d'un échantillon correspondant à des profils pédologiques permettant une meilleure appréhension des caractères physico-chimiques du sol de la zone d'étude.

Profil 1.

Localisation :

x : 68°82.074' E

Y : 39°99.113' N

Z : 930 m

Matériau parental : alluvions

Pente : 0-1%

Charge en cailloux : 8 - 12%

Végétation : céréales

Drainage externe : nul

Date : 06 / 04 / 2013

**Classification** : Sol peu évolué, d'origine non climatique, d'apport alluvial, modal, sur alluvions récentes, profond, texture argileuse.

Description :

**Ap 0-30 cm:** 10YR 5/3, couleur humide, état frais, texture argileuse, structure polyédrique subangulaire, faible, moyenne, charge en cailloux (1- 3 %), compacité peu compacte, activité biologique faible, nombreuses racines, (HCl 10%).

**Ap 30-75 cm:** 10YR 5/3, couleur humide, état frais, texture limono-argileuse, structure polyédrique subangulaire, faible, drand, charge en cailloux ( 1 - 3%), compacité peu compacte, activité biologique peu active, nombreuses racines, (HCl 10%).

**Ap 75-140 cm:** 10YR 5/3, couleur humide, état frais, texture argileuse, structure polyédrique subangulaire, faible, drand, charge en cailloux ( 1 – 4%), compacité peu compacte, activité biologique peu active, nombreuses racines, (HCl 10%).



Tableau II. 1: Résultat analytique du profil 1

Profondeur (cm)		0-30	30-75	75-140
Granulométrie %	Argile	64	62	47
	Limons fins	21	22	29
	Limons grossiers	10	12	17
	Sables fins	2	2	8
	Sables grossiers	1	1	0
Reserve min érale s	CaCo3 actif	14.81	15.40	14.65
	CaCo3 total	27.9	27	27.4
	P205total a P%	4.85	4.33	4.22
	P205 assimilable (ppm)	209	96	80
	K2O assimilable mg/100g	41	35	26
	K2O%	3.20	3.32	3.55
Matière organique %		1.51	1.37	0.96
Ca++ en meq/100g		32	34	34
Mg++ en meq/100g		4.03	3.71	3.29
Na+ en meq/100g		-	-	-
K+ en meq/100g		0.56	0.98	1.42
C%		1.05	0.86	0.64
N%		0.95	0.60	0.58
C/N		8	7.2	7
PH		7.82	7.85	7.84
CE mmhos/cm		1.68	1.59	1.58

## II.2.2 Les sols calcimagnésiques :

Ce sont des sols caractérisés par la présence de (encroûtement calcaire, dalle calcaire, croûte calcaire...). Ils occupent 21 657,79 ha ce qui représente 87% environ de la superficie du sol naturel.

### Profil 1.

Localisation :

X : 70°42.623' E

Y : 38°93.0361' N

Z : 906 m

Matériau parental : alluvions

Pente : 0-1%

Charge en cailloux : 18- 22%

Végétation : labouré

Drainage externe : drainé

Date : 06 / 04 / 2013

**Classification** : sols calcimagnésique, carbonatés, brun calcaire peu différencié, modal, sur alluvions anciennes, profond, texture limono –argileuse

### Description :

**Ap 0-30 cm:** 10YR 4/3, couleur jaune, état, texture limono-argileuse, structure polyédrique subangulaire, modérée, moyenne, charge en cailloux (6 - 10 %), compacité compacte, activité biologique active, (HCl 10%).

**Ap 30-65cm:** 10YR 5/3, couleur brun, état sec, texture limono-argileuse, structure polyédrique subangulaire, forte, charge en cailloux (9 - 14%), compacité peu compacte, activité biologique moyenne, (HCl 10%).

**Ap 65-115cm:** 10YR 6/5, couleur brun, état sec, texture argileuse, structure polyédrique subangulaire, faible, fine, charge en cailloux (1 - 6%), compacité très compacte, activité biologique moyenne, (HCl 10%).

**Tableau II. 2: Résultat analytique du profil 2**

Profondeur (cm)		0-30	30-65	65-115
Granulométrie %	Argile	33	55	49
	Limons fins	28	26	32
	Limons grossiers	17	9	5
	Sables fins	10	4	7
	Sables grossiers	7	5	4
Reserve min érale s	CaCo3 actif%	16.01	19.40	18.65
	CaCo3 total%	27	45.6	47.4
	P205total a P%	2.03	1.95	2.30
	P205 assimilable (ppm)	55	34	36
	K2O assimilable mg/100g	22	10.5	12
	K2O%	1.66	1.40	1.56
Matière organique %		1.52	1.02	0.77
Ca++ en meq/100g		25	20	15
Mg++ en meq/100g		3.03	3.70	4.85
Na+ en meq/100g		0.34	0.40	0.55
K+ en meq/100g		0.67	0.30	0.42
C%		8.05	4.89	5.11
N%		0.99	0.77	0.63
C/N		8	8	7
PH		7.82	7.85	7.84
CE mmhos/cm		0.83	0.80	0.84

## **II.3 Caractéristiques physico-chimique et hydrodynamique des sols :**

### **II.3.1 Caractéristiques physiques :**

#### **II.3.1.1 La structure :**

L'agent principal de la structure du sol est l'eau. On parle de structure «stable» ou «instable» selon que le sol est résistant à l'eau et dont les agrégats se délitent ou pas en milieu humide.

La structure n'est pas une valeur constante elle varie dans le temps avec les saisons, en fonction de l'humidité et sous l'effet de la culture.

#### **II.3.1.2 La texture :**

La texture du sol permet de préciser les proportions relatives de diverses tailles des particules d'un sol donné.

Les résultats d'analyses granulométriques donnent des textures fines à très fines en surface et en profondeur pour atteindre des taux élevés (>40%)

#### **II.3.1.3 Point de flétrissement et capacité de rétention :**

##### **➤ Point de flétrissement :**

Le point de flétrissement est la quantité d'eau qui correspond à la limite inférieure de l'eau capillaire absorbée par les racines. Dans ces conditions, les forces de succion de la plante égalent la force de rétention capillaire.

Il n'y aura plus d'eau disponible pour la plante, donc la plante va commencer à se faner.

Le maintien prolongé de la plante à ce point de flétrissement provoque des accidents importants de la végétation.

Les valeurs trouvées du point de flétrissement pour les différents types de sols sont les suivants :

- 13 à 26 % pour les sols peu évolués
- 13.5 à 20 % pour les sols calcimagnésiques peu différenciés

➤ **Capacité de rétention :**

La caractéristique du sol de pouvoir retenir l'eau constitue sa capacité de rétention, elle est exprimée en % de la terre sèche. Celle-ci varie suivant les sols en sens inverse de la grosseur des constituants granulaire, c'est-à-dire:

- pF3 : correspond à la capacité de rétention des sols à texture fine.
- pF2.5 : correspond à la capacité de rétention des sols à texture légère et sols sableux.

Les résultats analytiques de la capacité de rétention, a pF3 car la majorité des sols ont des textures fines donnent les valeurs suivantes :

- 22 à 28 % pour les sols peu évolués avec une moyenne de 26 %.
- 19 à 26 % pour les sols calcimagnésiques peu différenciés avec une moyenne de 24 %.

### **II.3.2 Caractéristiques chimiques :**

#### **II.3.2.1 Le PH du sol:**

Il est important de connaître le PH du sol afin de choisir les cultures en conséquence. En effet, le potentiel hydrogène exprime le degré d'acidité ou d'alcalinité

Dans les horizons de surface, les valeurs du PH se situent entre 7.5 et 8 ce qui correspond à des horizons faiblement a moyennement alcalin. Alors qu'en profondeur, les valeurs les plus fréquentes reviennent entre 7.8 et 8.20. En définitive, on enregistre, à peu près les mêmes valeurs en surface et en profondeur. Ceci revient à la présence de calcaire total et actif en quantité importante dans les sols. Cette alcalinité provient surtout de l'aridification du climat ; l'absence de lessivage et une pluviométrie peu abondante

#### **II.3.2.2 La capacité d'échange cationique (CEC) :**

La capacité d'échange cationique (CEC), exprimée en meq/100g traduit la richesse du sol en éléments nutritifs. Les résultats analytiques donnent les valeurs assez intéressantes entre 16 et 32 meq/100g, ce qui correspond à des sols moyennement riches en éléments nutritifs. Dans les horizons de surface, elle reste supérieure à 18 meq/100g. Cependant, les valeurs les plus fréquentes obtenues se situent entre 16 et 25 meq/100g.

- **le calcium** : les résultats analytiques du calcium (ca++) obtenus se situent entre 16 et 28 meq/100g. ces valeurs correspondent à des sols saturés en calcium. Cependant, les valeurs supérieures à 30 meq/100g sont enregistrées dans certains sols peu évolués et calcimagnésiques, il y a une saturation en ion calcium.

L'analyse de l'élément calcium se trouve en quantité le plus souvent supérieure ou égale à celle de la capacité d'échange cationique.

- **Le magnésium** : la présence du magnésium sur le complexe absorbant en quantité élevée est responsable de l'alcalinisation des sols dans les plaines sétifiennes qui augmente le PH. Les résultats analytiques révèlent des quantités inférieurs à 2.5 meq/100g, le plus souvent inférieure a 2 meq/100g. Dans les sols peu évolués, on enregistre des valeurs comprises entre 5.7 et 13 meq/100g, Le magnésium étant retenu moins facilement par le pouvoir absorbant et il est plus rapidement lessivé.

### II.3.3 Caractéristiques hydrodynamiques des sols :

#### II.3.3.1 Perméabilité :

La connaissance de la perméabilité est très importante, car elle module des travaux d'aménagement important. Les valeurs obtenues (tableau n°= II.3) pour le périmètre indiquent une perméabilité comprise entre 5.4 et 15.6 cm/h, ce qui placent ces sols, de texture argileuse dans la classe des sols moyennement perméable.

**Tableau II. 3: Perméabilité des sols (mm/h)**

Station N°1	Essai-1-	Essai-2-	Essai-3-
2	8.32	6.89	7.91
5	9.65	10.83	10.88
27	13.22	15.6	14.45
53	7.64	7.25	6.66
66	11.75	12.02	10.95
89	5.4	6.03	6.14
103	7.64	8.12	8.3

(ONID 2013)

### II.3.3.2 L'indice de stabilité (Is) :

La stabilité structurale exprime la résistance des agrégats ou du milieu, en général à toute action visant à modifier la forme, la dimension ou la destruction des agrégats. L'agent principal de ces changements structuraux est l'eau. D'après le diagramme de l'indice de stabilité structural, on constate que les horizons de surface ont une stabilité structurale surtout moyenne, la tendance vers la stabilité structurale bonne est obtenue dans les sols bruns non lessivés qui contiennent un taux de matière organique assez élevé en surface, alors qu'en profondeur, les horizons ont plutôt une bonne stabilité, cependant un grand nombre d'échantillons possède une stabilité moyenne.

## II.4 Les aptitudes culturelles:

Le choix des cultures se fait selon plusieurs facteurs qui sont:

### ▪ Climat :

La plante a des exigences climatiques telles que la quantité de chaleur nécessaire pour accomplir son cycle, température, minimales et optimales, besoins en eau et périodes critiques.

### ▪ Sol:

Les caractéristiques des sols ont une importance pour le choix des cultures, telle que la structure, le PH ...

### ▪ Quantité des eaux d'irrigation

L'irrigation par des eaux fortement minéralisées a une action directe sur le rendement des cultures, pour cela il faut choisir des cultures tolérances à une limité existante ou éventuelle.

Notre zone d'étude est caractérisée par un climat semi-aride, le sol à une texture limoneux argileuse.

Le sol de notre parcelle convient donc aux cultures suivantes:

- Les cultures maraichères : pomme de terre, carotte, ail, tomate, oignon, haricot, chou  
Concombre, petits pois.
- Les cultures céréalières : Blé, Orge.
- Les cultures fourragères : Avoine

- L'arboriculture fruitière : Pêcher, Pommier, Olivier

## **II.5 Conclusion :**

Notre secteur présente des sols peu évolués et des sols calcimagnésiques caractérisés par une texture fine à très fine et Stabilité de la structure moyenne, Une bonne capacité de rétention

La granulométrie du sol est limono-argileux et le sol a une perméabilité comprise entre 5.4 et 15.6 mm/h donc notre sol est sols moyennement perméable.



*Chapitre III :*

*Les Ressources En Eaux*

---

### **III.1 Introduction :**

Avant d'entamer une étude d'aménagement hydro-agricole, il faut d'abord localiser et quantifier l'eau nécessaire à l'irrigation.

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

### **III.1 Ressources en eau-Eaux de surface :**

L'alimentation en eau de périmètre des plaines SETIFIENNES, sera assurée à partir le barrage de MAHOUANE dans la wilaya de Sétif c'est la seule source d'eau de périmètre. La plupart d'eau de celui-ci proviendra du transvasement du barrage d'IGHIL EDMA.

#### **III.2.1 Le barrage d'IGHIL- EDMA :**

Le barrage d'IGHIL- EDMA est situé à l'Est de l'Algérie dans la petite Kabylie à 60 km de la ville de Bejaïa, Le type de barrage est en enrochement, la mise en eau du barrage a débuté en septembre 1953, ce barrage est destiné au stockage d'une importante quantité d'eau (156 million m<sup>3</sup>) pour alimenter deux usines hydroélectrique de DARGUINA.

Le bassin versant d'IGHIL- EDMA, s'étend sur une superficie de 63900 ha, répartie entre les massifs de la petite Kabylie et les hauts plateaux constantinois.

La hauteur de la digue est 75m sur 710m de long.

Le barrage comporte un évacuateur de crue et trois vannes dites de dégrèvement de 2,75 m de hauteur et 1,80 m de largeur et 08 pertuis dite de dévasement de 40 cm de diamètre.

Après 40 ans de la réalisation de barrage, sa capacité diminuée à 35% de la capacité initiale à cause de l'envasement.

En 2013 la direction des Ressource Hydrauliques de la wilaya de Bejaïa a étudiée la mise en place d'un système de transfert d'eau du barrage d'IGHIL EDMA vers la zone de DRAA EL GAID pour alimente la zone en eau potable, et vers le barrage de MAHOUANE



**Figure III. 1: barrage D'IGHIL- EDMA (mai 2014)**

### **III.2.2 Le barrage de MAHOUANE :**

Ce barrage situé à 14 km au nord du périmètre d'irrigation, sur le tracé de l'actuelle RN 75.

Le barrage fonctionnera à mode de réservoir des eaux transférées de puis le barrage d'IGHIL- EDMA, la dotation des eaux transférée est de 121 hm<sup>3</sup> par an, parmi cette dernier 88,9 hm<sup>3</sup> seront destinés à l'irrigation du périmètre et le reste pour l'alimentation en eau potable de la ville de Sétif, avec un apport testimonial du bassin versant du propre barrage de MAHOUANE estimé en 2,6 hm<sup>3</sup> environ par an.



**Figure III. 2: Barrage de MAHOUANE (octobre 2011)**

### III.2 Caractéristique principales du barrage :

Le barrage de MAHOUANE est un barrage de type digue en enrochement avec noyau étanche en argile avec une cote de crête de 1 149 m NGA. Le réservoir à une capacité utile d'exploitation de 147.4hm<sup>3</sup> une cote minimale d'exploitation de 1083 m, cette cote a été établie pour garantir l'alimentation de la ville de Sétif pendant un temps minimum de 6 mois.

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

RESERVOIR		
Volume de la tranche morte	hm <sup>3</sup>	0,5
Capacité utile d'exploitation	hm <sup>3</sup>	147,40
Capacité totale	hm <sup>3</sup>	147,90
Cote du fond de la vallée au droit du barrage	NGA	1.073,00
Cote minimale d'exploitation	NGA	1.083,00
Cote de la limite d'utilisation (LU)	NGA	1.088,60
Superficie du plan d'eau à L.U.	ha	39
Cote de la retenue normale (RN)	NGA	1.146,30
Superficie du plan d'eau à R.N	ha	534
Cote des plus hautes eaux (PHE)	NGA	1.146,70
Superficie du plan d'eau à P.H.E.	ha	538

### III.3 Qualité de l'eau d'irrigation des eaux du barrage :

Lorsqu'on veut réaliser un aménagement hydro-agricole il faut que l'eau exploitée pour l'irrigation réponde à certaines conditions qui garantissent le bon développement des plantes, et permet d'éviter les impacts négatifs sur la santé publique, l'environnement et le système d'irrigation.

La qualité de l'eau d'irrigation dépend des facteurs suivants :

- La concentration totale en sels dissous
- Le rapport de Sodium par rapport aux autres cations.
- La présence de Bore et d'autres éléments toxiques

Suivant l'analyse physico-chimique effectuée sur des échantillons prélevés à partir de barrage les caractéristiques de l'eau d'irrigation sont données par le tableau suivant :

**Tableau III.2: caractéristiques des eaux de barrage de MAHOUANE**

Elément	Ca mg/l	Mg mg/	Na mg/l	NO3 mgN/l	SO4 mg/l	CE Mmhos/cm	Alcalinité Totale mg/CaCO3	PH
	70	26	17	0.3	167	0.76	130	7.9

Source (ANRH)

#### III.4.1 Les limites admissibles :

La classification des eaux suivant la qualité chimique a été établie selon le diagramme de classification des eaux d'irrigation, en fonction de deux paramètres, celui de la conductivité électrique CE, et le rapport d'absorption du Sodium SAR

##### A. La conductivité électrique :

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

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

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

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

L'eau du barrage de MAHOUANE prévue pour l'irrigation du périmètre étudié à une conductivité électrique moyenne  $CE = 0,76$  mmhos/cm.

Remarque :

- C<sub>1</sub> : convient pour toutes les cultures
- C<sub>2</sub> : convient pour les plantes moyennement tolérantes.
- C<sub>3</sub> : ne convient qu'à des sols bien drainés et des plantes tolérantes
- C<sub>4</sub> : eau difficilement utilisable sur sol bien drainé

Le SAR (Sodium Absorption Ration) :

Si l'eau est riche en Sodium, celui-ci peut se fixer sur le complexe du sol et exercer alors une action défloculation. Pour apprécier le risque alcalin, on compare donc la concentration en ions  $\text{Na}^+$  et celle en ions  $\text{Ca}^{++}$  et  $\text{Mg}^{++}$ .

Quatre classes de danger d'alcalinisation ont été définies en relation avec le risque salin.

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

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

**Tableau III.4: Classification des eaux en fonction de SAR**

Classe	S.A.R.	Danger d'alcalinisation
S <sub>1</sub>	SAR ≤ 10	Risque faible
S <sub>2</sub>	10 < SAR ≤ 18	Risque moyen
S <sub>3</sub>	18 < SAR ≤ 26	Risque élevé
S <sub>4</sub>	SAR > 26	Risque très élevé

On réfère au diagramme de classification des eaux d'irrigation (**Fig III-3**), on peut affirmer que notre eau est caractérisée par une salinité moyennement forte avec un degré d'alcalinité faible C3 - S1, ce qui montre que la qualité de ces eaux est moyenne.

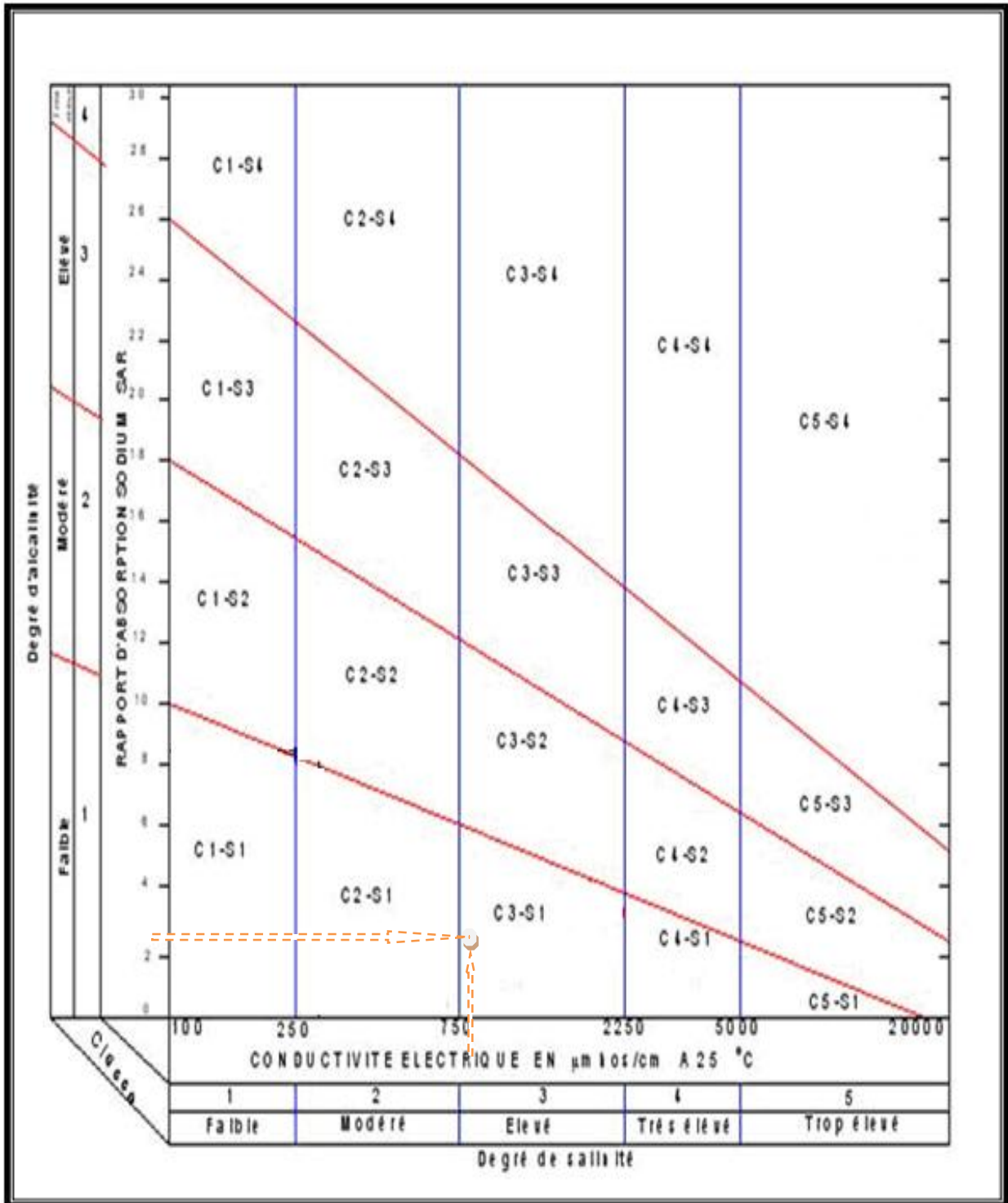


Figure III. 3: Diagramme de classification des eaux d'irrigation

### III.4 Etude hydrologique :

Etude hydrologique a pour but de déterminer les caractéristiques des pluies de fréquences données, qui conditionnent l'étude de notre projet d'aménagement hydro agricole, tels que : le calcul des besoins des cultures à projetées dans le périmètre, ainsi que le dimensionnement de réseau de distribution.

#### III.5.1 Réseau pluviométrique :

La région d'étude dispose plusieurs stations pluviométriques. Pour notre périmètre nous avons choisi la station de FERMATO codée (150610) gérée par l'Agence Nationale des Ressources en Hydrauliques (ANRH)

**Tableau III.5: Caractéristiques de la station pluviométrique.**

Nom de la station	Code	Coordonnées en Lambert			Altitude (m)	Période d'observation	Nombre d'années observées
		X(Km)	Y(Km)	Z(Km)			
FERMATO	150610	742	328.6	1030	1030	1969-2010	41

Source (ANRH)

Les pluies mensuelles de la station pluviométrique FERMATO sont données dans le **tableau**

#### III.6



Tableau III.6: pluies mensuelles

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Tot
1969/70	61,9	170,4	20,3	90,5	41,2	18	65,8	25,6	29,6	5,4	5	0	533,7
1970/71	2,8	19	0	21,7	86,1	19,5	65,8	29,1	37,5	8,5	13,5	2	305,5
1971/72	20,6	18,4	45,4	25,8	133,2	15,5	32,8	65,9	42	26,5	2	1	429,1
1972/73	41,1	32,8	12,6	66,8	49,9	34,8	93,9	22,4	2	50	0	4,5	410,8
1973/74	34	17,6	3,1	20	2	47,1	52,6	24,5	26	14,4	3,2	0	244,5
1974/75	9,1	52,4	20	9	12	62,9	37	22,5	36,7	6,2	10	25	302,8
1975/76	29,4	2	47,7	46,2	10	69,3	56,7	79,7	91,3	15	16,8	28,2	492,3
1976/77	31	45	43,8	44,4	26,2	8,4	5,7	16,2	3,4	17,8	0	3	244,9
1977/78	0	11,5	17	10	1	5	19,5	29,7	36,5	5	0	1	136,2
1978/79	0	17,2	6,9	1,4	24,4	23,4	42,2	77,1	8,9	22,7	3	1,4	228,6
1979/80	23,2	0	40,7	79,3	15,6	40,6	162,5	17,1	20,8	0	0	0	399,8
1980/81	10,9	15,2	24,5	97,9	23,5	22	45,1	27,7	16,1	25,6	0	26,7	335,2
1981/82	30,8	23,3	10,4	63,5	96	54,3	57,9	80,9	68,9	30,7	0	13,8	530,5
1982/83	62,2	53,1	59,9	51	5,5	9,9	14,4	26,4	19	6,4	11,9	25	344,7
1983/84	0,3	25,3	13,7	29,3	78,9	84	0	51,4	19,7	8	2,5	6,1	319,2
1984/85	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
1985/86	39	48,9	30,5	39,3	38,2	35	70,3	23,1	32,4	31,8	9,5	12,6	410,6
1986/87	6,4	40,9	52,3	42,6	30,1	92,1	28,4	15,7	38,4	0	19	4,6	370,5
1987/88	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
1988/89	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
1989/90	39,5	8,8	10,3	14,1	35	0	22,9	66,3	51,4	35,4	7,9	14,8	306,4
1990/91	31,7	3,9	96,8	83,1	15,2	54	93,6	41,5	120,2	3,7	25,4	5	574,1
1991/92	37,3	77,6	30,6	19,2	51	30,8	29,3	104,5	71,6	22	46,6	3,5	524
1992/93	56,8	14,8	30,2	111,1	47,6	54,3	36	18,9	45,8	4,8	1,2	23,5	445
1993/94	33,7	11,1	47,2	73,4	30,7	64,7	17,2	36,4	3,7	0	14,9	8	341
1994/95	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
1995/96	41,9	34	14,8	35,4	60,8	138,7	28,8	33,9	59,4	36,4	1,8	9,1	495
1996/97	18,8	15,3	12,7	48,9	35,8	15,1	5	37,4	23,4	17,5	11,5	23,6	265
1997/98	43,9	33,4	89	65,3	26,6	56,6	16,7	62,9	98,2	25,5	0	8,8	526,9
1998/99	148,	23,7	103,4	45,3	65,8	54,4	27,4	12,5	3,9	20	3,1	2,5	510,3
1999/00	61,1	37,4	24,5	100,7	11,4	8,2	13	17,1	34,5	6	0	6,8	320,7
2000/01	39,5	35,5	18,6	77,5	95	27,7	9,1	18,1	22,7	0	0	1,8	345,5
2001/02	55,9	7,1	23,9	9,9	26	39,7	31,7	18,6	20,2	0	29,8	0	262,8
2002/03	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
2003/04	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
2004/05	26	24,9	50,1	122,2	32,6	54,7	20	49,1	1,5	34,3	1,8	6,3	423,5
2005/06	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
2006/07	49,2	0,3	2,5	55,9	7	22,9	90,1	67,1	14,5	21,4	0	0,9	331,8
2007/08	29,8	22,8	17	24,8	12,6	14,1	51	19,2	45,2	5,1	22,1	15,1	278,8
2008/09	21,5	77	32,6	43,8	83,9	42,8	43,8	73,2	2,8	5,7	11,2	0	438,3
2009/10	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
2010/11	8	45,3	34,5	27,4	9,5	106,5	18,4	37,5	15,9	28,4	0	11,9	343,3
<b>Moy</b>	<b>32,4</b>	<b>32,25</b>	<b>34,14</b>	<b>56,79</b>	<b>43,47</b>	<b>39,79</b>	<b>42,97</b>	<b>41,74</b>	<b>36,74</b>	<b>17,60</b>	<b>8,50</b>	<b>9,82</b>	<b>396,2</b>

Source (ANRH)

Au vu du **tableau III-6** la répartition des précipitations est irrégulière et variable suivant les mois et les années. Ces pluies sont nettement insuffisantes pour les mois de juin, juillet et août, elles sont moyennes au printemps et maximales en hiver.

**III.5.2 Homogénéité de la série pluviométrique :**

Pour vérifier l’homogénéité de la série pluviométrique on procède au Test de WILCOXON :

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

- On divise la série complète en deux sous séries : x et y tel que :  $N_1$  et  $N_2$  Représentant respectivement les tailles de ces deux sous séries considérant généralement  $N_1 < N_2$
- On constitue par la suite, la série x union y après avoir classé la série de pluie d’origine par ordre croissant. a ce stade, on attribue a chaque valeur de la série pluviométrique classée, son rang tout en précisant à quelle sous séries appartient elle.

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

Avec :

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

$$W_x = |Rang|_x$$

$W_x$  : Somme des rangs de sous série

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

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

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

**Tableau III.7: Test de WILCOXON de la station de FERMATO.**

rang	Série	X	Y	Tri	XUY
1	533,7	533,7	306,4	136,2	X
2	305,5	305,5	574,1	228,6	X
3	429,1	429,1	524	244,5	X
4	410,8	410,8	445	244,9	X
5	244,5	244,5	341	262,8	Y
6	302,8	302,8	438,7	265	Y
7	492,3	492,3	495	278,8	Y
8	244,9	244,9	265	302,8	X
9	136,2	136,2	526,9	305,5	X
10	228,6	228,6	510,3	306,4	Y
11	399,8	399,8	320,7	319,2	X
12	335,2	335,2	345,5	320,7	Y
13	530,5	530,5	262,8	322,6	X
14	344,7	344,7	726,8	331,8	Y
15	319,2	319,2	609,4	335,2	X
16	523	523	423,5	341	Y
17	410,6	410,6	370,4	343,3	X
18	370,5	370,5	331,8	344,7	Y
19	322,6	322,6	278,8	345,5	Y
20	489,1	489,1	438,3	370,4	Y
21	306,4		392,7	370,5	X
22	574,1		343,3	392,7	Y
23	524			399,8	X
24	445			410,6	X
25	341			410,8	X
26	438,7			423,5	Y
27	495			429,1	X
28	265			438,3	Y
29	526,9			438,7	Y
30	510,3			445	Y
31	320,7			489,1	X
32	345,5			492,3	X
33	262,8			495	Y
34	726,8			510,3	Y
35	609,4			523	X
36	423,5			524	Y
37	370,4			526,9	Y
38	331,8			530,5	X
39	278,8			533,7	X
40	438,3			574,1	Y
41	392,7			609,4	Y
42	343,3			726,8	Y

$$W_x = 378 \quad W_{\min} = 351,67 \quad W_{\max} = 508,32$$

Donc :

$$W_x = 351,67 < W_x = 378 < W_{\max} = 508,32$$

La condition de M<sup>r</sup> WILCOXON est vérifiée, donc la série des précipitations moyennes annuelle de la station de FERMATO est homogène.

### III.5.3 Ajustement statistique des pluies :

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

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

#### III.4.3.1 Ajustement des pluies annuelles à la loi Normale :

Une variable appartient à la distribution normale lorsque sa fonction de répartition est de la forme :

$$F(x) = \frac{1}{\sqrt{2 \times \pi}} \int_{-\infty}^{\mu} e^{-\frac{1}{2}\mu^2} d\mu \dots\dots\dots (III.4)$$

Avec : F(x) : Fréquence au non dépassement

$\mu$  : La variable réduit de Gauss.

Elle est donnée par :

$$\mu = \frac{x - \bar{x}}{\sigma} \dots\dots\dots (III.5)$$

La transformation  $x = \bar{x} + \sigma \times \mu$  est l'équation de la droite de Henry sur papier à probabilité gaussienne (TOUAIBIA, 2004).

Pour les calculs on a utilisé le logiciel HYFRAN. Les résultats de l'ajustement de la série des pluies moyennes annuelles de la station **FERMATO** sont regroupés dans le **tableau III. 8** avec présentation graphique sur le papier Gauss.

Résultats de l'ajustement à la loi Normale (Maximum de vraisemblance) :

**La station de FERMATO**

Nombre d'observations: 41

**Paramètre :**

**Mu** 397.121951

**Sigma** 119.578885

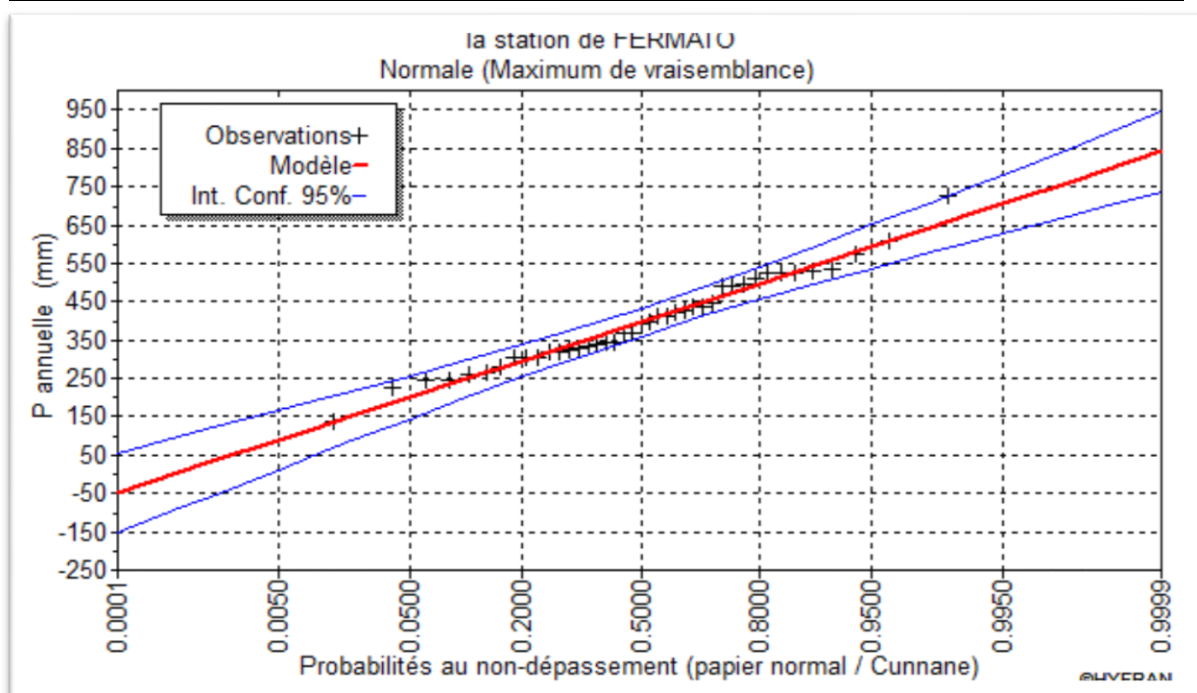
**Quantiles**

q = F(X) (probabilité au non-dépassement)

T = 1/(1-q)

**Tableau III.8: Ajustement à la loi normale**

T	q	XT	Ecart-type	Intervalle de confiance (95%)
100.0	0.9900	675	36.3	604- 746
50.0	0.9800	643	33.2	578 708
20.0	0.9500	594	28.9	537 650
10.0	0.9000	550	25.3	501 600
5.0	0.8000	498	21.8	455 540
2.0	0.5000	397	18.7	361 434
1.2500	0.2000	297	21.8	254 339



**Figure III. 4: Ajustement à la loi normale.**

### III.5.4 Ajustement des pluies annuelles à la loi Log - Normale

Une variable aléatoire X a une distribution log normale lorsque  $Y = \ln X$  est normale. La loi de Galton résulte de la loi Normale mais rendue dissymétrique par un changement de variable. Sa fonction de répartition est donnée par (TOUAIBIA, 2004):

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

Pour les calculs on a utilisé le logiciel HYFRAN. Les résultats de l'ajustement de la série des pluies moyennes annuelles de la station de **FERMATO** sont regroupés dans le **tableau III. 9** avec présentation graphique sur le papier Galton.

Résultats de l'ajustement de la loi Lognormale (Maximum de vraisemblance)

#### La station de FERMATO

Nombre d'observations: 42

#### Paramètre :

**Mu** 5.934641

**Sigma** 0.317316

Quantiles

$q = F(X)$  (probabilité au non-dépassement)

$T = 1 / (1 - q)$

**Tableau III.9: Ajustement à la loi log normale.**

T	q	XT	Ecart-type	Intervalle de confiance (95%)
100.0	0.9900	791	75.2	643 - 938
50.0	0.9800	725	63.1	601 - 849
20.0	0.9500	637	48.2	543 - 731
10.0	0.9000	568	37.7	494 - 641
5.0	0.8000	494	28.2	438 - 549
2.0	0.5000	378	18.5	342 - 414
1.2500	0.2000	289	16.5	257 - 322

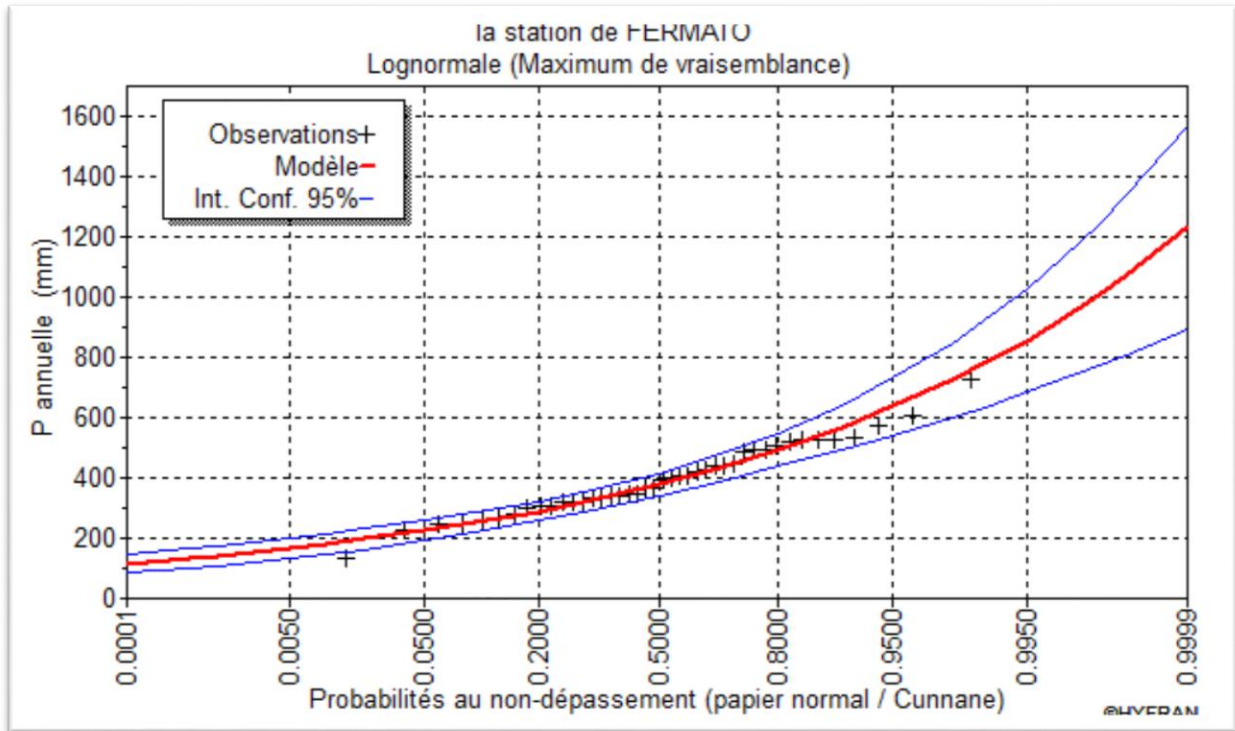


Figure III. 5: Ajustement à la loi log normale.

### III.5.5 Test de validité d'un ajustement :

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

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

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

On détermine  $\chi^2_{\text{théorique}}$  sur **Tableau III. 10.** de Pearson:

$\alpha$  : L'erreur = 0.05

$\gamma$  : Degré de liberty = 5

Tableau III.10: la table de Pearson

$\alpha$ $\gamma$	0.9	0.5	0.3	0.2	0.1	0.05	0.02	0.01	0.001
1	0.016	0.455	1.074	1.642	2.705	3.841	5.412	6.635	10.827
2	0.211	1.386	2.408	3.219	4.605	5.991	7.824	9.210	13.815
3	0.584	2.366	3.665	4.642	6.251	7.815	9.837	11.345	16.266
4	1.064	3.357	4.878	5.989	7.779	9.488	11.668	13.277	18.467
5	1.610	4.351	6.064	7.289	9.236	11.070	13.388	15.086	20.515
6	2.204	5.348	7.231	8.558	10.645	12.592	15.033	16.812	22.457
7	2.833	6.346	8.383	9.83	12.017	14.067	16.622	18.475	24.322
8	3.490	7.344	9.524	11.030	13.362	15.507	18.168	20.090	26.125
9	4.168	8.343	10.656	12.242	14.684	16.919	19.679	21.666	27.877

D'après le tableau  $\chi^2_{\text{théorique}} = 11.070$

D'après le logiciel HYFRAN on a obtenu les résultats suivants:

$\chi^2_{\text{calculé}} = 6.76$  pour la loi normale

$\chi^2_{\text{calculé}} = 4.86$  pour la loi log-normal

Donc :

$\chi^2_{\text{calculé}} < \chi^2_{\text{théorique}}$  (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%

Les résultats que la loi Log- Normale présente une adéquation meilleure que la loi Normale.



### III.5.6 Détermination de l'année de calcul:

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

Comme nous sommes dans une région semi-aride et que la pratique montre que pour ce type de climat la probabilité de calcul doit être prise entre 75% et 90%.

La probabilité pour laquelle on assure l'irrigation est donnée souvent pour la fréquence 80 %.

L'année de calcul est obtenue en appliquant la formule suivante :

$$P_{i.80\%} = P_{moy} \times \frac{P_{80\%}(annuel)}{P_{50\%}(annuel)} \dots\dots\dots (III.6)$$

Si  $\frac{P_{80\%}(annuel)}{P_{50\%}(annuel)} < 1$

$$P_{i.80\%} = P_{moy} \times \frac{P_{20\%}(annuel)}{P_{50\%}(annuel)} \dots\dots\dots (III.3)$$

Si  $\frac{P_{80\%}(annuel)}{P_{50\%}(annuel)} > 1$

D'après le tableau de l'Ajustement à la loi log-normale on trouve :

$$P_{80\%} = 494 \text{ mm et } P_{50\%} = 378 \text{ mm} \quad \text{d'où} \quad \frac{P_{80\%}}{P_{50\%}} = 1,3 > 1$$

Donc en appliquant la formule :  $P_{i.80\%} = P_{moy} \times \frac{P_{20\%}(annuel)}{P_{50\%}(annuel)}$

$$P_{20\%} = 290 \text{ mm d'où} \quad \frac{P_{20\%}}{P_{50\%}} = 0.77$$

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

**Tableau III.11: Pluviométrie moyenne pour chaque mois en (mm)**

Mois	Sep	oct	Nov	Dec	jan	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout
Pmoy	32,4	32,2	34,1	56,7	43,4	39,7	42,9	41,7	36,7	17,6	8,5	9,82
P <sub>i.80%</sub>	24,9	24,8	26,2	43,7	33,4	30,6	33,0	32,1	28,2	13,5	6,5	7,56

### **III.5 Conclusion :**

Le présent chapitre a pour but de définir les ressources en eaux disponibles et leurs qualités et dégager les principales caractéristiques statistiques de la série pluviométrique dans la zone d'étude.

D'après les valeurs moyennes de la CE et du SAR des résultats d'analyse d'eau, l'eau de d'IGHIL EMDA est classée en C3 S1; Classe S1 (SAR varie de 0 à 10), la quantité du sodium est qualifiée de faible, cette eau ne posera pas de problèmes sauf éventuellement aux arbres fruitiers; Classe de salinité C3 (CE varie de 0,75 à 2,25 mmhos/cm), la salinité est qualifiée de forte rarement très forte, elle n'est autorisée que sur des sols bien drainés et sur cultures tolérantes.

Le test de Khi carré a montré que l'ajustement avec les deux lois (loi normale et la loi log-normale) est considéré.

La série pluviométrique de notre région est homogène.

***Chapitre IV : Les Besoins En Eau Des Cultures***

---

## IV.1 Introduction :

La plupart des modes de conduites d'irrigation résultent soit d'un bilan hydrique de la culture, soit de la mesure in situ de la réponse à la sécheresse des plantes, dans les systèmes agraires modernes, la majorité des prévisions d'irrigation dépendent de l'évaluation de la quantité d'eau disponible dans le sol pour la culture.

Dans notre travail, nous avons quantifié les besoins en eau des cultures sur la base des informations définies auparavant, conditionnant la conception de notre projet tels que : les conditions climatiques, systèmes agronomiques, potentialités des sols, l'eau disponible et la fertilité des sols

## IV.2 L'occupation des sols :

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

L'adaptation des assolements identifiés auparavant aux différents types de modèles dépendra de la taille des exploitations agricoles et leurs potentialités culturelles.

L'occupation des sols retenue pour notre étude est donnée par le tableau suivant :

**Tableau IV.1: Occupation agricole de la zone d'étude**

Occupation	Surface agricole (ha)	Répartition (%)
Maraichères	18,99	6,33%
Céréale	269,04	89,68%
Terrain de parcours	4,2	1,40%
Autres	7.77	2.59%
Total	300	100%

### IV.2.1 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: Cultures proposées pour la zone d'étude

Cultures		Surface en (%)	Surface en (ha)
Céréaliculture	blé	35	105
	Orge		
Cultures fourragères	Avoine	10	30
	luzerne		
Maraichage	Pomme de terre saison	35	105
	Pomme de terre arrière-saison		
	Tomate		
	Oignon vert		
	Ail		
	concombre		
	Carotte		
	haricot		
	Petit pois		
	Choux		
Cultures arboricoles à noyaux	Pécher	20	60
	Pommier		
	Olivier		
<b>TOTAL</b>		<b>100</b>	<b>300</b>

#### IV.2.2 Calendrier d'occupation des sols :

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

Tableau IV.3: REPRESENTATION DE L'ASSOLEMENT CHOISI. (SOURCE ONID)

Cultures	Sept	Oct	nov	dec	jan	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout
<b>Céréales</b>												
Blé				←	←	←	←	←	←	←	←	←
orge vert				←	←	←	←	←	←	←	←	←
<b>Fourrage</b>												
Luzerne	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←
Avoine				←	←	←	←	←	←	←	←	←
<b>Maraichage plein champs</b>												
Pomme de terre arrière-saison	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←
Pomme de terre saison							←	←	←	←	←	←
Tomate saison										←	←	←
Oignon vert			←	←	←	←	←	←	←	←	←	←

**Tableau IV.4: REPRESENTATION DE L'ASSOLEMENT CHOISI. (SOURCE ONID)**

Cultures	sept	Oct	nov	Dec	Jan	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout
concombre										←	→	
Ail		←	→									
Carotte	←	→										
Haricot	←	→								←	→	
Petit pois sais				←	→							
Choux	←	→										
<b>Arbres à noyaux</b>												
Pécher	←	→										→
Pommier	←	→										→
O livier	←	→										→

### IV.2.3 Assolement –Rotation proposés :

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

Pour l'établissement des différents assolements –rotation nous avons tenu compte de plusieurs facteurs.

- La variation des profondeurs d'enracinement.
- L'équilibre du sol en éléments minéraux et en matière organique.
- La période de végétation.
- Le procédé cultural.

**Tableau IV.5: les assolements proposés**

Assolement 1	Assolement 2
Blé – Avoine	Orge en vert
Blé	Pomme de terre (S)
Ail + Oignon vert	Tomate
Pomme de terre (S)	Haricot
Tomate	Oignon
Choux	Petits pois
Pomme de terre (AS)	tomate
Concombre	Carotte
Arboriculture : Pêcher, Olivier, pommier,	Arboriculture : Pêcher, Olivier, pommier,

### IV.3 Besoins en eau des cultures :

Les cultures pour se développer, puisent du sol l'eau et les éléments nutritifs. La quantité d'eau donnée à la culture n'est pas entièrement absorbée par la culture, une partie percole et se perd en profondeur.

L'eau qui constitue la plante est libérée par transpiration à travers l'appareil foliacé, le reste est évaporé par le sol. L'ensemble de ces deux actions est l'évapotranspiration. Ce phénomène conditionne et détermine les besoins en eau des cultures.



Le besoin en eau des cultures dépend plusieurs paramètres :

**Climatique** : température, humidité, vent ...

**Pédologique** : texture, structure ...

**Biologique** : caractéristiques propres au végétal

Les besoins en eau sont déterminés par le biais du bilan hydrique, définit ainsi :

$$B_{\text{besoins}} = \text{ETM} - (P_{\text{eff}} + \text{RFU}_{\text{réel}}) \dots\dots\dots (\text{IV.1})$$

$B_{\text{besoins}}$ : besoin en eau d'irrigation (mm).

E.T.M : évapotranspiration (mm/mois)

$P_{\text{eff}}$  : pluie efficace

RFU : c'est la réserve facilement utilisable

Nous passerons donc en revenir le calcul des différents paramètres de bilan.

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

### IV.3.1 L'évapotranspiration :

L'évapotranspiration (ET) est la quantité d'eau transférée vers l'atmosphère, par l'évaporation au niveau du sol et au niveau de l'interception des précipitations, et par la transpiration des plantes. Elle se définit par les transferts vers l'atmosphère de l'eau du sol, de l'eau interceptée par la canopée et des étendues d'eau. La transpiration se définit par les transferts d'eau dans la plante et les pertes de vapeur d'eau au niveau des stomates de ses feuilles.

#### A. L'évapotranspiration de référence ( $ET_0$ ) :

L'évapotranspiration de référence est un concept utilisé dans différentes méthodes d'estimation. C'est une valeur pour une végétation choisie, dans des conditions hydriques réelles, permettant ensuite de déduire l'évapotranspiration pour d'autres couverts végétaux. Cet usage pratique d'une culture de référence est lié à la faible variation de l'évapotranspiration potentielle selon les différents végétaux, dans de mêmes conditions climatiques.

Selon les climats et méthodes d'estimation, n'importe quelle espèce végétale peut servir de référence. Typiquement, les plants de référence sont de l'herbe (gazon) ou de

la luzerne cultivée de faible hauteur, en raison de méthodes de calcul développées généralement pour les besoins de l'agriculture.

→ **Formules utilisées pour le calcul de l'ETP :**

Depuis 1950, plusieurs formules ont été développées pour estimer l'évapotranspiration: THORNTHWAITE (1944), Turc (1962), BLANNEY-CRIDDLE (1950) et PENMAN-MONTEITH-FAO (1998).

L'utilisation de ces modèles nécessite la connaissance de certaines données climatiques telles que, les températures maximales et minimales de l'air, les humidités relatives maximale et minimale, la radiation solaire globale et la vitesse du vent

➤ **Méthode de THORNTHWAITE (1944) :**

La formule de THORNTHWAITE est utilisée lorsqu'on ne dispose que de la température comme seule donnée climatique. Elle exprime l'évapotranspiration potentielle (ETP) par la formule suivante :

$$ETP=16\left(\frac{10t}{I}\right)^a f(\Phi) \dots \dots \dots \text{(IV.2)}$$

t: Température moyenne de l'air sous abri pour la période considérée;

I : indice thermique annuel, est la somme de douze indices mensuels

$f(\Phi)$  : Terme correctif fonction de la durée théorique de l'insolation, la latitude et du mois.

a : Fonction complexe de l'indice I.

➤ **Formule de TURC (1962) :**

Cette méthode fait intervenir la température moyenne mensuelle, la radiation globale du mois considéré et l'insolation relative. Dans ce cas, l'ETP est exprimée en mm/mois selon les formules suivantes :

Si Hr > 50 %, on a :

$$ETP = 0.40 \frac{T+15}{T} (50 + I_g) \dots \dots \dots \text{(IV.3)}$$

Si Hr < 50 %, on a :

$$ETP = 0.40 \frac{T+15}{T} \cdot (50 + I_g) \cdot \left(1 + \frac{50-Hr}{70}\right) \dots \dots \dots \text{(IV.4)}$$

$$I_g = I_{gA} \left( 0.18 + 0.62 \frac{h}{H} \right)_{(\text{cal}/\text{cm}^2/\text{jour})} \dots\dots\dots \text{(IV.5)}$$

➤ **Formule de BLANEY-CRIDDLE (1950) :**

Cette méthode de BLANEY –CRIDDLE, fait intervenir la température moyenne mensuelle et le pourcentage d'éclairement du mois considéré. L'ETP exprimée en mm/mois est la suivante:

$$\text{ETP} = K.P (0.46 T + 8.13) \dots\dots\dots \text{(IV.6)}$$

T: Température moyenne mensuelle en °C

P: Pourcentage d'éclairement mensuel, fonction de la latitude de la zone d'étude ;

K : Coefficient fonction de la culture et de la zone climatique

➤ **BOUCHET (R.J.). (1963) :**

Cette formule permet d'évaluer l'évapotranspiration à partir d'une mesure de l'évaporation (Evaporomètre PICHE), pour la période considérée (jour, décade, mois) :

$$\text{ETP} = \alpha. \lambda(\theta). E_p$$

$$\alpha = 0.37$$

.λ: Coefficient fonction de la température θ

θ: Température moyenne entre la température de l'air et la température du point de rosée θ<sub>r</sub> (°C)

E<sub>p</sub> : Evaporation piche (mm/(jours ,décade ,mois))

➤ **Formule de PENMAN-MONTEITH-FAO (1998)**

$$\text{ET} = \frac{0.408\Delta(Rn-G) + \gamma \frac{900}{t+273} u_2 (e_a - e_d)}{\Delta + \gamma(1+0.34u_2)} \dots\dots\dots \text{(IV.7)}$$

R<sub>n</sub> : Radiation nette (MJm<sup>-2</sup>j<sup>-1</sup>).

G : Flux de chaleur du sol (MJm<sup>-2</sup>j<sup>-1</sup>).

T : Température moyenne journalière (°C) ;

e<sub>a</sub> : Pression saturante de vapeur d'eau (KPa) ;

e<sub>d</sub> : Pression actuelle de vapeur d'eau (KPa) ;

Δ : pente de la courbe de la pression de vapeur

$\gamma$  : Constante psychométrique ( $KP_a^\circ C^{-1}$ )

### B. Calcul de l'évapotranspiration :

Le calcul de l'évapotranspiration de référence est effectué à l'aide d'un logiciel appelé CROPWAT 8.0, fondé sur la méthode de Mr PENMAN et MONTEITH modifiée et recommandée par la consultation des experts de la FAO tenue à Rome en mai 1998.

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

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

Les résultats de l'évapotranspiration de référence  $ET_0$  calculés sont récapitulés dans le tableau.

**Tableau IV.6: Evapotranspiration de référence  $ET_0$  de PENMAN et MONTEITH**

Pays : Algérie		Station climatique : Sétif					
Altitude : 1033m		latitude : 36,10°			longitude : 5,15° E		
moi	Temp Min	Temp Max	Humidité	vent	insolation	Radiation	$ET_0$
unité	°C	°C	%	m/s	heurs	MJ/m <sup>2</sup> /jour	mm/moi
Janvier	1.3	7.7	83	2.9	6.3	10.1	30.15
Février	2.0	14.4	77	3.1	7.9	13.9	51.93
Mars	4.3	18.2	76	3.1	7.5	16.6	83.10
Avril	6.3	19.5	72	2.9	8.6	20.8	102.76
Mai	12.5	27.9	65	2.9	8.5	22.2	153.55
Juin	17.4	32.2	62	2.9	11.1	26.4	191.28
Juillet	19.3	35.4	52	2.7	11.9	27.2	225.30
Aout	20.2	35.8	50	2.8	10.1	23.3	215.90
Septembre	13.5	28.1	85	2.8	9.3	19.7	119.19
Octobre	9.0	22.3	73	2.7	7.2	14.0	90.03
Novembre	3.7	14.2	81	2.8	5.7	10.0	45.71
Décembre	3.1	9.3	85	2.8	4.0	7.4	28.95
moy	9.4	22.1	72	2.9	8.2	17.6	1337.84

**C. L'évapotranspiration maximale (ET<sub>m</sub>) :**

L'évapotranspiration maximale c'est la valeur maximale de l'évapotranspiration d'une culture donnée, à un stade végétatif, dans des conditions climatiques données,

$$ET_m = K_c \times ET_0 \dots \dots \dots \text{(IV.8)}$$

K<sub>c</sub> : le coefficient cultural.

ET<sub>0</sub> : Evapotranspiration de référence.

**IV.3.2 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 :

$$P_{eff} = 0.8 \times P_{moy} \dots \dots \dots \text{(IV.9)}$$

Avec :

P<sub>moy</sub>: la pluie moyenne mensuelle.

Dans le cas, où la pluie efficace (P<sub>eff</sub>) est inférieure à 5mm, P<sub>eff</sub> est remise à zéro.

**Tableau IV.7: la pluie efficace**

Mois	Sep	oct	Nov	Dec	jan	fev	mars	avril	mai	juin	juil	août
P <sub>moy</sub>	24,96	24,83	26,29	43,73	33,47	30,64	33,09	32,14	28,29	13,55	6,55	7,56
P <sub>eff</sub>	19.97	19.86	21.03	34.96	26.8	24.48	26.48	25.68	22.64	10.88	5.20	6.08

**IV.3.3 La réserve facilement utilisable (RFU) :**

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

$$RFU_{Theo} = Y \times (H_{cc} - H_{pf}) \times D_a \times Z \dots \dots \dots \text{(IV.10)}$$

Avec :

H<sub>cc</sub> : Humidité a la capacité aux champs (25%)

H<sub>pf</sub> : Humidité au point de flétrissement (15%)

D<sub>a</sub> : densité apparente (1.4)

Y : degré de tarissement (2/3)

Z : profondeur d'enracinement en mm

➤ Estimation de RFU<sub>réel</sub>

RFU<sub>réel</sub> = 0 (Juin, Juil, Aout, Sep)

RFU<sub>réel</sub> = RFU<sub>Theo i-1</sub> (Déc, Jan, Fev, Mars)

RFU<sub>réel</sub> = 1/2RFU<sub>Theo i-1</sub> (Avr, Mai, Oct, Nov)

#### IV.4 Estimation des besoins en eau des cultures

**Tableau IV.8: Estimation des besoins en eau des cultures de l'Orge**

mois	P moy (mm)	Pe <sub>ff</sub> (mm)	ETP (mm/mois)	Z (m)	RFU Theo	RFU réel	K <sub>c</sub>	ETM	B (mm)
Septembre	24,96	19,97	119,19						
Octobre	24,83	19,86	90,03						
Novembre	26,29	21,03	45,71	0,3	28	28	0,3	13,71	0,00
Décembre	43,7	34,96	28,95	0,5	46,67	28	0,3	8,69	0,00
Janvier	33,5	26,8	30,15	0,5	46,67	46,67	0,5	15,08	0,00
Février	30,6	24,48	51,93	0,6	56	46,67	0,5	25,97	0,00
Mars	33,1	26,48	83,1	0,6	56	28	1	83,1	28,62
Avril	32,1	25,68	102,96	0,6	56	28	1,15	118,4	64,72
Mai	28,3	22,64	153,55	0,7	65,33	28	1	153,55	102,91
Juin	13,6	10,88	191,28						
Juillet	6,5	5,2	225,3						
Août	7,6	6,08	215,9						

Tableau IV.9: Estimation des besoins en eau des cultures de Blé

mois	P <sub>moy</sub> (mm)	P <sub>eff</sub> (mm)	ETP (mm/mois)	Z (m)	RFU Theo	RFU reel	Kc	ETM	B (mm)
Septembre	24,96	19,97	119,19						
Octobre	24,83	19,86	90,03						
Novembre	26,29	21,03	45,71	0,3	28	14	0,4	18,28	0,00
Décembre	43,7	34,96	28,95	0,5	46,67	28	0,7	20,27	0,00
Janvier	33,5	26,8	30,15	0,5	46,67	46,67	0,85	25,63	0,00
Février	30,6	24,48	51,93	0,6	56	46,67	0,95	49,33	0,00
Mars	33,1	26,48	83,1	0,6	56	56	1,05	87,26	4,78
Avril	32,1	25,68	102,96	0,6	56	28	1,05	108,11	54,43
Mai	28,3	22,64	153,55	0,6	56	28,00	0,8	122,84	72,20
Juin	13,6	10,88	191,28	0,6	56	0	0,75	143,46	132,58
Juillet	6,5	5,2	225,3						
Août	7,6	6,08	215,9						

Tableau IV.10: Estimation des besoins en eau des cultures de luzerne

mois	P moy (mm)	Peff (mm)	ETP (mm/mois)	Z (m)	RFU Theo	RFU reel	Kc	ETM	B(mm)
Septembre	24,96	19,97	119,19	0,40	37,33	0,00	0,65	77,47	57,51
Octobre	24,83	19,86	90,03	0,40	37,33	18,67	0,65	58,52	19,99
Novembre	26,29	21,03	45,71	0,70	65,33	18,67	0,70	32,00	0,00
Décembre	43,70	34,96	28,95	0,90	84,00	65,33	0,80	23,16	0,00
Janvier	33,50	26,80	30,15	1,00	93,33	84,00	0,90	27,14	0,00
Février	30,60	24,48	51,93	1,20	112,00	93,33	0,95	49,33	0,00
Mars	33,10	26,48	83,10	1,20	112,00	112,00	1,05	87,26	0,00
Avril	32,10	25,68	102,96	1,20	112,00	56,00	1,05	108,11	26,43
Mai	28,30	22,64	153,55	1,20	112,00	56,00	1,15	176,58	97,94
Juin	13,60	10,88	191,28	1,20	112,00	0,00	1,25	239,10	228,22
Juillet	6,50	5,20	225,30	1,20	112,00	0,00	0,80	180,24	175,04
Août	7,60	6,08	215,90	1,20	112,00	0,00	0,80	172,72	166,64

Tableau IV.11: Estimation des besoins en eau des cultures de Tomate

mois	P moy (mm)	Pe <sub>eff</sub> (mm)	ETP (mm/mois)	Z (m)	RFU Theo	RFU reel	Kc	ETM	B(mm)
Septembre	24,96	19,97	119,19						
Octobre	24,83	19,86	90,03						
Novembre	26,29	21,03	45,71						
Décembre	43,7	34,96	28,95						
Janvier	33,5	26,8	30,15						
Février	30,6	24,48	51,93						
Mars	33,1	26,48	83,1	0,7	65,33	56	0,5	41,55	0,00
Avril	32,1	25,68	102,96	0,9	84	32,67	0,85	87,52	29,17
Mai	28,3	22,64	153,55	0,9	112	56,00	1,15	176,58	97,94
Juin	13,6	10,88	191,28	0,9	112	0	0,9	172,15	161,27
Juillet	6,5	5,2	225,3						
Août	7,6	6,08	215,9						

Tableau IV.12: Estimation des besoins en eau des cultures d'Olivier

mois	P moy (mm)	Pe <sub>eff</sub> (mm)	ETP (mm/mois)	Z (m)	RFU Theo	RFU reel	Kc	ETM	B(mm)
Septembre	24,96	19,97	119,19	1,5	140	0	0,85	101,31	81,34
Octobre	24,83	19,86	90,03	1,5	140	0,5	0,85	76,53	56,17
Novembre	26,29	21,03	45,71	1,5	140	0,5	0,75	34,28	12,75
Décembre	43,7	34,96	28,95	1,5	140	140	0,65	18,82	0,00
Janvier	33,5	26,8	30,15	1,5	140	140	0,65	19,60	0,00
Février	30,6	24,48	51,93	1,5	140	140	0,65	33,75	0,00
Mars	33,1	26,48	83,1	1,5	140	140	0,65	54,02	0,00
Avril	32,1	25,68	102,96	1,5	140	70	0,65	66,92	0,00
Mai	28,3	22,64	153,55	1,5	140	70	0,65	99,81	7,17
Juin	13,6	10,88	191,28	1,5	140	0	0,8	153,02	142,14
Juillet	6,5	5,2	225,3	1,5	140	0	0,9	202,77	197,57
Août	7,6	6,08	215,9	1,5	140	0	0,9	194,31	188,23



**Tableau IV.13: Estimation des besoins en eau des cultures de concombre**

mois	P <sub>moy</sub> (mm)	P <sub>eff</sub> (mm)	ETP (mm/mois)	Z (m)	RFU Theo	RFU reel	Kc	ETM	B(mm)
Septembre	24,96	19,97	119,19						
Octobre	24,83	19,86	90,03						
Novembre	26,29	21,03	45,71						
Décembre	43,7	34,96	28,95						
Janvier	33,5	26,8	30,15						
Février	30,6	24,48	51,93						
Mars	33,1	26,48	83,1						
Avril	32,1	25,68	102,96						
Mai	28,3	22,64	153,55	0,4	37,33	18,67	0,38	58,35	17,04
Juin	13,6	10,88	191,28	0,45	42	0	0,57	109,03	98,15
Juillet	6,5	5,2	225,3	0,5	46,67	0	0,85	191,51	186,31
Août	7,6	6,08	215,9	0,6	56	0	0,85	183,52	177,44

**Tableau IV.14: Estimation des besoins en eau du blé et de l'avoine**

mois	P <sub>moy</sub> (mm)	P <sub>eff</sub> (mm)	ETP (mm/mois)	Z (m)	RFU Theo	RFU reel	Kc	ETM	B(mm)
Septembre	24,96	19,97	119,19						
Octobre	24,83	19,86	90,03						
Novembre	26,29	21,03	45,71	0,30	20,00	6,00	0,40	18,28	0,00
Décembre	43,70	34,96	28,95	0,50	33,33	20,00	0,70	20,27	0,00
Janvier	33,50	26,80	30,15	0,50	33,33	33,33	0,85	25,63	0,00
Février	30,60	24,48	51,93	0,60	40,00	33,33	0,95	49,33	0,00
Mars	33,10	26,48	83,10	0,60	40,00	40,00	1,05	87,26	20,78
Avril	32,10	25,68	102,96	0,60	40,00	20,00	1,05	108,11	62,43
Mai	28,30	22,64	153,55	0,60	40,00	20,00	0,80	122,84	80,20
Juin	13,60	10,88	191,28	0,60	40,00	0,00	0,75	143,46	132,58
Juillet	6,50	5,20	225,30						
Août	7,60	6,08	215,90						

**Tableau IV.15: Estimation des besoins en eau des cultures de pomme de terre saison**

mois	P <sub>moy</sub> (mm)	P <sub>eff</sub> (mm)	ETP (mm/mois)	Z (m)	RFU Theo	RFU reel	Kc	ETM	B(mm)
Septembre	24,96	19,97	119,19						
Octobre	24,83	19,86	90,03						
Novembre	26,29	21,03	45,71						
Décembre	43,7	34,96	28,95						
Janvier	33,5	26,8	30,15						
Février	30,6	24,48	51,93	0,4	37,33	18,67	0,5	25,97	0,00
Mars	33,1	26,48	83,1	0,6	56	37,33	0,8	66,48	2,67
Avril	32,1	25,68	102,96	0,6	56	28,00	1,1	113,26	59,58
Mai	28,3	22,64	153,55	0,6	56	28,00	0,8	122,84	72,20
Juin	13,6	10,88	191,28						
Juillet	6,5	5,2	225,3						
Août	7,6	6,08	215,9						

**Tableau IV.16: Estimation des besoins en eau des cultures de carotte**

mois	P moy (mm)	Pe <sub>ff</sub> (mm)	ETP (mm/mois)	Z (m)	RFU Theo	RFU reel	Kc	ETM	B(mm)
Septembre	24,96	19,97	119,19	0,3	28	0	0,42	50,06	30,09
Octobre	24,83	19,86	90,03	0,4	37,33	14	0,7	63,02	29,16
Novembre	26,29	21,03	45,71	0,5	46,67	18,67	0,81	37,03	0,00
Décembre	43,7	34,96	28,95	0,6	56	46,67	0,77	22,29	0,00
Janvier	33,5	26,8	30,15	0,7	65,33	56	0,57	17,19	0,00
Février	30,6	24,48	51,93						
Mars	33,1	26,48	83,1						
Avril	32,1	25,68	102,96						
Mai	28,3	22,64	153,55						
Juin	13,6	10,88	191,28						
Juillet	6,5	5,2	225,3						
Août	7,6	6,08	215,9						

**Tableau IV.17: Estimation des besoins en eau des cultures de pêcher**

mois	P moy (mm)	Pe <sub>eff</sub> (mm)	ETP (mm/mois)	Z (m)	RFU Theo	RFU reel	Kc	ETM	B(mm)
Septembre	24,96	19,97	119,19	1,5	140	0	0,55	65,55	45,58
Octobre	24,83	19,86	90,03	1,5	140	70	0,55	49,52	0,00
Novembre	26,29	21,03	45,71	1,5	140	70	0,55	25,14	0,00
Décembre	43,7	34,96	28,95	1,5	140	140	0,55	15,92	0,00
Janvier	33,5	26,8	30,15	1,5	140	140	0,55	16,58	0,00
Février	30,6	24,48	51,93	1,5	140	140	0,55	28,56	0,00
Mars	33,1	26,48	83,1	1,5	140	140	0,55	45,71	0,00
Avril	32,1	25,68	102,96	1,5	140	70,00	0,55	56,63	0,00
Mai	28,3	22,64	153,55	1,5	140	70,00	0,55	84,45	0,00
Juin	13,6	10,88	191,28	1,5	140	0	0,55	105,20	94,32
Juillet	6,5	5,2	225,3	1,5	140	0	0,55	123,92	118,72
Août	7,6	6,08	215,9	1,5	140	0	0,55	118,75	112,67

**Tableau IV.18: Estimation des besoins en eau des cultures de pommier**

mois	P <sub>moy</sub> (mm)	P <sub>eff</sub> (mm)	ETP (mm/mois)	Z (m)	RFU Theo	RFU reel	Kc	ETM	B(mm)
Septembre	24,96	19,97	119,19	1,5	140	0	0,7	83,43	63,46
Octobre	24,83	19,86	90,03	1,5	140	70	0,7	63,02	0,00
Novembre	26,29	21,03	45,71	1,5	140	70	0,7	32,00	0,00
Décembre	43,7	34,96	28,95	1,5	140	140	0,7	20,27	0,00
Janvier	33,5	26,8	30,15	1,5	140	140	0,7	21,11	0,00
Février	30,6	24,48	51,93	1,5	140	140	0,7	36,35	0,00
Mars	33,1	26,48	83,1	1,5	140	140	0,8	66,48	0,00
Avril	32,1	25,68	102,96	1,5	140	70	0,85	87,52	0,00
Mai	28,3	22,64	153,55	1,5	140	70	0,85	130,52	37,88
Juin	13,6	10,88	191,28	1,5	140	0	0,7	133,90	123,02
Juillet	6,5	5,2	225,3	1,5	140	0	0,7	157,71	152,51
Août	7,6	6,08	215,9	1,5	140	0	0,7	151,13	145,05

**Tableau IV.19: Estimation des besoins en eau des cultures de haricot**

mois	P <sub>moy</sub> (mm)	P <sub>eff</sub> (mm)	ETP (mm/mois)	Z (m)	RFU Theo	RFU reel	Kc	ETM	B(mm)
Septembre	24,96	19,97	119,19	0,7	65,33	0	0,9	107,27	87,30
Octobre	24,83	19,86	90,03	0,7	65,33	32,67	0,85	76,53	24,00
Novembre	26,29	21,03	45,71						
Décembre	43,7	34,96	28,95						
Janvier	33,5	26,8	30,15						
Février	30,6	24,48	51,93						
Mars	33,1	26,48	83,1						
Avril	32,1	25,68	102,96						
Mai	28,3	22,64	153,55						
Juin	13,6	10,88	191,28	0,5	46,67	0	0,5	95,64	84,76
Juillet	6,25	5,2	225,3	0,5	46,67	0	0,65	146,45	141,25
Août	7,6	6,08	215,9	0,5	46,67	0	0,95	205,11	199,03

**Tableau IV.20: Estimation des besoins en eau des cultures de Choux**

mois	P <sub>moy</sub> (mm)	P <sub>eff</sub> (mm)	ETP (mm/mois)	Z (m)	RFU Theo	RFU réel	Kc	ETM	B(mm)
Septembre	24,96	19,97	119,19	0,3	28	0	0,5	59,60	39,63
Octobre	24,83	19,86	90,03	0,4	37,33	14	0,7	63,02	29,16
Novembre	26,29	21,03	45,71	0,5	46,67	18,67	1	45,71	6,01
Décembre	43,7	34,96	28,95	0,6	56	46,67	0,8	23,16	0,00
Janvier	33,5	26,8	30,15						
Février	30,6	24,48	51,93						
Mars	33,1	26,48	83,1						
Avril	32,1	25,68	102,96						
Mai	28,3	22,64	153,55						
Juin	13,6	10,88	191,28						
Juillet	6,5	5,2	225,3						
Août	7,6	6,08	215,9						

Tableau IV.21: Estimation des besoins en eau des cultures de pomme de terre

mois	P <sub>moy</sub> (mm)	P <sub>eff</sub> (mm)	ETP (mm/mois)	Z (m)	RFU Theo	RFU reel	Kc	ETM	B(mm)
Septembre	24,96	19,97	119,19						
Octobre	24,83	19,86	90,03	0,4	37,33	3,73	0,5	45,02	21,42
Novembre	26,29	21,03	45,71	0,6	56	18,67	0,7	32,00	0,00
Décembre	43,7	34,96	28,95	0,6	56	56,00	1	28,95	0,00
Janvier	33,5	26,8	30,15	0,6	56	56	0,8	24,12	0,00
Février	30,6	24,48	51,93						
Mars	33,1	26,48	83,1						
Avril	32,1	25,68	102,96						
Mai	28,3	22,64	153,55						
Juin	13,6	10,88	191,28						
Juillet	6,5	5,2	225,3						
Août	7,6	6,08	215,9						

Tableau IV.22: Estimation des besoins en eau des cultures d'oignon/ail

mois	P <sub>moy</sub> (mm)	P <sub>eff</sub> (mm)	ETP (mm/mois)	Z (m)	RFU Theo	RFU reel	Kc	ETM	B (mm)
Septembre	24,96	19,97	119,19						
Octobre	24,83	19,86	90,03	0,4	37,33	3,73333	0,5	45,02	21,42
Novembre	26,29	21,03	45,71	0,4	37,33	18,67	0,75	34,28	0,00
Décembre	43,7	34,96	28,95	0,4	37,33	37,33	0,95	27,50	0,00
Janvier	33,5	26,8	30,15	0,4	37,33	37,3333	0,95	28,64	0,00
Février	30,6	24,48	51,93	0,4	37,33	37,3333	0,75	38,95	0,00
Mars	33,1	26,48	83,1						
Avril	32,1	25,68	102,96						
Mai	28,3	22,64	153,55						
Juin	13,6	10,88	191,28						
Juillet	6,5	5,2	225,3						
Août	7,6	6,08	215,9						

Tableau IV.23: Estimation des besoins en eau des cultures de petit pois

mois	P moy (mm)	Pe <sub>eff</sub> (mm)	ETP (mm/mois)	Z (m)	RFU Theo	RFU reel	Kc	ETM	B(mm)
Septembre	24,96	19,97	119,19						
Octobre	24,83	19,86	90,03						
Novembre	26,29	21,03	45,71						
Décembre	43,7	34,96	28,95	0,4	37,33	0,00	0,5	14,48	0,00
Janvier	33,5	26,8	30,15	0,7	65,33	37,3333	0,8	24,12	0,00
Février	30,6	24,48	51,93	0,7	65,33	65,3333	1	51,93	0,00
Mars	33,1	26,48	83,1	0,7	65,33	65,3333	0,95	78,95	0,00
Avril	32,1	25,68	102,96	0,7	65,33	21,56	0,5	51,48	4,24
Mai	28,3	22,64	153,55						
Juin	13,6	10,88	191,28						
Juillet	6,5	5,2	225,3						
Août	7,6	6,08	215,9						

Tableau IV.24: Calcul des besoins en eau d'assolements :

	sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	juin	juil	Aout
<b>Orge</b>			0	0	0	0	28,62	64,72	102,91			
<b>Blé</b>			0	0	0	0	4,78	54,43	72,2	132,58		
<b>Tomate</b>							0	29,17	97,94	161,27		
<b>luzerne</b>	57,51	19,99	0	0	0	0	0	26,43	97,94	228,22	175,04	166,64
<b>Olivier</b>	81,34	56,17	12,75	0	0	0	0	0	7,17	142,14	197,57	188,23
<b>concombre</b>									17,04	98,15	186,31	177,44
<b>pomme de terre saison</b>						0	2,67	59,58	72,2			
<b>carotte</b>	30,09	29,16	0	0	0							
<b>pécher</b>	45,58	0	0	0	0	0		0	0	94,32	118,72	112,67
<b>pommier</b>	63,46	0	0	0	0	0	0	0	37,88	123,02	152,51	145,05
<b>haricot</b>	87,3	24								84,76	141,25	199,03
<b>Choux</b>	39,63	29,16	6,01	0								
<b>pomme de terre</b>	21,42	0	0	0								
<b>ail</b>	21,42	0	0	0								
<b>ognon</b>	21,42	0	0	0	0							
<b>avoine</b>	0	0	0	0	0	0	20,78	62,43	80,2	132,58	0	0
<b>petit pois</b>								4,24				
<b>total</b>	469,2	158,5	18,76	0	0	0	28,85	273	557,48	1225	971,4	989,06

#### IV.5 Calcul du débit spécifique :

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

$$Q_s = \frac{B_m}{T * t * 3.6 * k} \text{ (l/s/ha) ..... (IV.11)}$$

$B_m$  : Besoin mensuel maximum net, exprimé en  $m^3/ha$  ;

$T$  : Temps d'irrigation par jour;

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

K : Coefficient d'efficacité globale du système d'irrigation  $\approx 0.75$

Le mois de pointe est Juin et les besoins de pointe sont de 1197mm

$$Q_s = \frac{1225 \cdot 10 \cdot 1000}{30 \cdot 24 \cdot 3600 \cdot 0.75} = 6.2 \quad (\text{l/s/ha})$$

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 (**luzerne**) pour le mois de pointe.

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

$$Q_s = 1.17 \quad (\text{l/s/ha})$$

#### IV.6 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 =  $Q_{sp} \times \text{surface}$

La surface totale est égale a : 300 ha

$$\text{D'où : } Q \text{ caractéristique} = 1.17 \times 300 = 351 \quad \text{l/s}$$

#### IV.7 Estimation des besoins en eau totaux du périmètre :

Le volume des besoins en eau égale au besoin de la culture en  $\text{m}^3$  multiplié par la surface de la culture.

On trouve les résultats dans le **Tableau IV.25**:



Tableau IV.25: Les besoins totaux du périmètre

Les cultures	La surface de la culture (ha)	Besoins nets de culture (mm)	efficience	Besoins bruts de la culture (m <sup>3</sup> /ha)	Les volumes des besoins en eau en m <sup>3</sup>
<i>orge vert</i>	52,50	112,25	0,75	1496,67	78575,00
<i>Blé</i>	52,50	263,99	0,75	3519,87	184 793,00
<i>luzerne</i>	15,00	771,77	0,75	10290,27	154 354,00
<i>Avoine</i>	15,00	295,99	0,75	3946,53	59198,00
<i>Ail</i>	10,13	21,42	0,75	285,60	2891,70
<i>pois</i>	2,80	4,24	0,75	56,53	158,46
<i>haricot</i>	9,88	536,34	0,75	7151,20	70618,10
<i>oignon</i>	10,88	21,42	0,75	285,60	3105,90
<i>Pomme de terre (AS)</i>	2,81	134,45	0,75	1792,67	5041,88
<i>Choux</i>	2,81	74,80	0,75	997,33	2805,00
<i>carotte</i>	11,88	59,25	0,75	790,00	9381,25
<i>Tomate</i>	10,88	288,38	0,75	3845,07	41815,10
<i>Pomme de terre (S)</i>	40,13	21,42	0,75	285,60	11459,70
<i>Concombre</i>	2,81	478,94	0,75	6385,87	17960,25
<i>Olivier</i>	20,00	685,37	0,75	9138,27	182765,33
<i>pommier</i>	20,00	521,92	0,75	6958,93	139178,67
<i>Pêcher</i>	20,00	371,29	0,75	4950,53	99010,67

Le volume total des besoins en eau de notre périmètre et de 1063112 m<sup>3</sup>

#### IV.8 Conclusion :

L'étude des besoins en eau a déduit pour l'aménagement de notre aire d'étude, qui est d'une superficie de 300 ha, nécessite un volume d'eau annuel de 1063112 m<sup>3</sup> qui permette aux agriculteurs de permuter et de diversifier leur plan de cultures, toute en garantissant leur besoins en eau d'irrigation.

*Chapitre V :*

*Etude Du Système d'Adduction*

---

## V.1 Introduction :

L'adduction d'eau désigne l'ensemble des techniques permettant de transporter l'eau de sa source vers la parcelle. L'eau peut être acheminée grâce à des conduites ou des aqueducs.

Dans ce chapitre nous allons dimensionner les différents ouvrages d'adduction et de distribution.

## V.2 Schéma d'aménagement :

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 15 764.8ha, 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
<b>Total</b>	<b>15.764,8</b>

### **V.2.1 Système d'irrigation :**

Le système d'irrigation préconisé est le gravitaire à basse pression. Il est organisé suivant le principe des réseaux ramifiés. La conduite d'adduction à travers laquelle l'eau est transportée jusqu'au périmètre irrigable. Dans le périmètre, un réseau primaire distribue l'eau à chacun des treize secteurs d'irrigation en ceux que le périmètre irrigable a été divisé. Le réseau primaire finalise à l'entrée des secteurs où est constituée la station en tête du secteur d'irrigation.

### **V.2.2 Description les conduites d'adduction (transport et primaire)**

Tout le système est irrigué par pression naturelle sauf les secteurs les plus éloignés du barrage. Toutes les conduites d'adduction (conduite de transport et primaire) sont en acier soudé, matériel qui permet supporter les pressions du système et avec nombreuses avantages d'installation et maintenance.

Le tracé de l'adduction, part du barrage de MAHOUANE en une double conduite en acier de 1.800 mm de diamètre de 13,45 km. Après la première dérivation on alimente le coté est du périmètre avec une conduite de 4,76 km de 1.600 mm de diamètre qui alimente les 4 secteurs (3, 4, 5 et 6) du coté est. Ces secteurs sont alimentés par des conduites de 800 à 1.300 mm de diamètre et longueurs de 3,7 à 5,6 km de longueur. Le côté ouest du périmètre est desservie par une conduite de 4,33 km de 2.000 mm de diamètre, qui a une première dérivation pour alimenter les secteurs 1 et 2 de 900 à 1.200 mm de diamètre et une longueur de 4,2 km. Après, le reste des secteurs (7 à 13) sont alimentés par des conduites entre 1.800 et 800 mm de diamètre. La longueur totale des conduites d'adduction (transport et primaire) est de 70,4 Km.

### **V.2.3 Les conduites de distribution :**

Pour le réseau secondaire, les pressions d'approvisionnement sont sensiblement inférieures à celles du réseau primaire. En effet, on trouve ce type de conduite après les régulateurs de pression et les filtres qui donnent l'entrée aux secteurs définis. Ils ont été conçus pour une pression maximale de 10 - 12 atmosphères.

Les accès pour l'implantation de ces conduites seront plus difficiles, puisque on les retrouve tout au long du réseau des chemins secondaires. Il sera alors intéressant d'installer des matériaux légers, afin de faciliter le transport et la mise en place. On a choisi pour ces conduites la fente et le PEHD selon le diamètre de la conduite: en fente pour conduites de 600 à 1000 mm, et PEHD pour diamètres inférieurs à 600 mm.

Pour les conduites tertiaires, à l'intérieur des îlots et avec des diamètres inférieurs à 200 mm, on recommande le PEHD pour la grande quantité de pièces de liaison préfabriquées, leur flexibilité, leur malléabilité et les facilités de montage offert par ce type de matériaux.

#### V.2.4 Les îlots d'irrigation

Le terme « Ilot d'irrigation » décrit l'unité Hydro – agricole alimentée par une seule prise d'irrigation.

- **Découpage des îlots :**

Le découpage des îlots devrait être effectué en respectant les principes suivants :

- Les limites des îlots suivant les limites de parcelles telles qu'elles sont indiquées sur les plans parcellaires.
- Les tailles des îlots sont conformes aux classes de superficies définies dans les sections précédentes.
- En général, le nombre d'exploitations regroupées dans un îlot ne devrait pas dépasser six.
- Une limite d'un îlot ne doit pas diviser une exploitation ou propriété d'un seul tenant à moins que la taille de celle –ci dépasse la superficie maximum admise pour un îlot.

#### V.2.5 Les bornes d'irrigation :

La prise (ou borne) d'irrigation représente le point limite du système de distribution ou l'administration du réseau d'irrigation intervenant dans la gestion de l'eau.

En aval de la prise, la gestion de l'eau est à la charge de l'exploitant, ou d'un groupe d'exploitants.

La borne d'irrigation comporte en général :

- Une vanne
- Un limiteur de pression, destinée à fournir pression constante à l'équipement de l'irrigant
- Un limiteur de débit, réglé pour que le débit délivré à l'utilisateur ne dépasse pas celui qu'il a souscrit auprès du service de distribution d'eau
- Un compteur d'eau

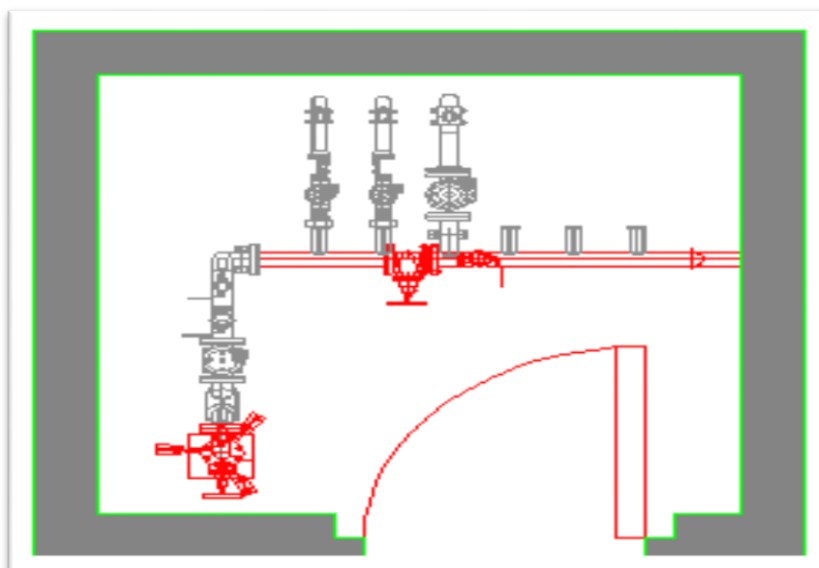


Figure V. 1: Borne d'irrigation

**Remarque :** Dans notre projet, l'étude est basée sur l'aménagement hydro-agricole de 300 ha dans le secteur 6 qui a une superficie de 1966 ha.

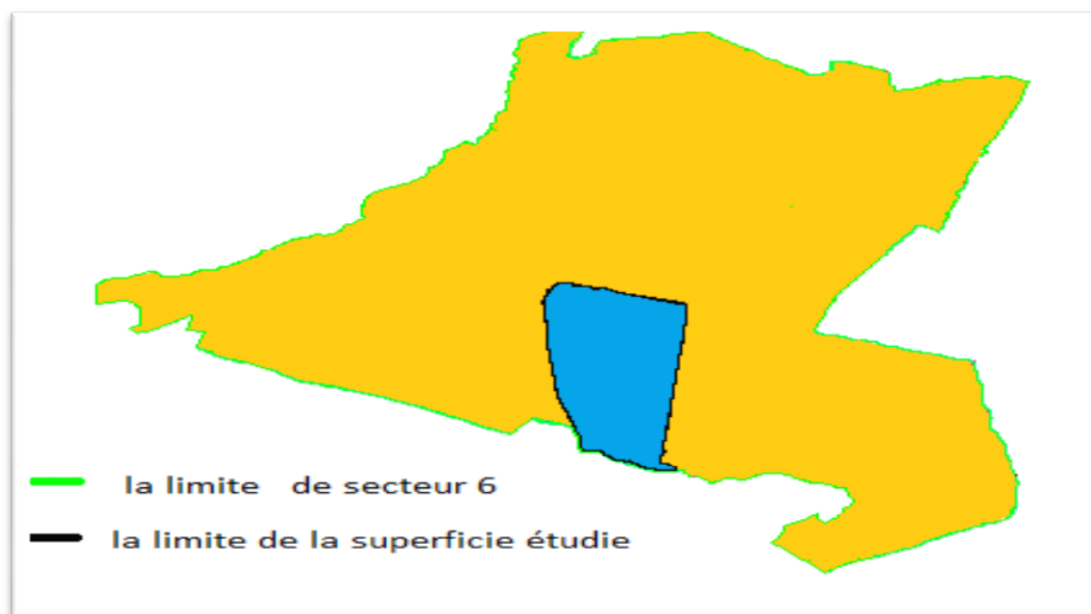


Figure V. 2: délimitation la surface étudiée dans le secteur 6

### V.3 Calcul hydraulique:

#### 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:

$$V = Q \cdot T_f \dots\dots\dots (\mathbf{V.1})$$

Q est le besoin maximum journalier = 351 l/s = 1263.6 m<sup>3</sup>/h

T<sub>f</sub> : 2h

$$V = 1263.6 \cdot 2 = 2527.2 \text{ m}^3.$$

Le bassin ou réservoir projeté est prévu rectangulaire en béton armé situé à une cote de 975m.

Les dimensions du réservoir sont comme suit:

- Hauteur et 4 m.
- Longueur et 30 m.
- Largeur et 22 m.

### V.3.1 Les débits d'équipement

Les débits d'équipement des ilots (ou débits des bornes) sont obtenus en multipliant le débit caractéristique par la superficie de l'ilot d'irrigation.

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

Avec :

$Q_b$ : Débit de chaque ilot (l/s).

$q_s$ : Débit spécifique (l/s/ha).

$S$  : Superficie de l'ilot (ha).

➤ **Choix du diamètre de la borne :**

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

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

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

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 de la borne.**

N° de la borne	Nombre de parcelles	Superficie de l'ilot (ha)	Débit spécifique (l/s/ha)	Débit de la borne (l/s)	Diamètre de la borne (mm)
B1	6	7,98	1,17	9,337	100
B2	2	5,32	1,17	6,224	65
B3	3	5,35	1,17	6,26	65
B4	1	5,05	1,17	5,909	65
B5	2	16,31	1,17	19,083	100
B6	2	5,17	1,17	6,049	65
B7	3	18,75	1,17	21,938	150
B8	2	22,93	1,17	26,828	200
B9	1	13,18	1,17	15,421	100
B10	2	11,22	1,17	13,127	100
B11	3	12,2	1,17	14,274	100
B12	4	11,83	1,17	13,841	100
B13	3	12,51	1,17	14,637	100
B14	3	38,01	1,17	44,472	200
B15	2	48,86	1,17	57,166	200
B16	1	22,37	1,17	26,173	200
B17	5	22,97	1,17	26,875	200
B18	3	19,99	1,17	23,388	150

### V.3.2 Dimensionnement du réseau de distribution :

- **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 1.3 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 :

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q \times 0.001}{\pi \times V}} \times 100 \quad \dots\dots\dots (V.2)$$

Avec :

- **Q** : débit, exprimé en m<sup>3</sup>/s ;
- **D**: diamètre exprimé en mm.
- **V** : vitesse économique de l'ordre de 1.25 m/s

### V.3.3 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 :

$$h_{pu} = \frac{L \times Q^M}{D^N} \times C \dots\dots\dots (\text{V.3}) \text{ Avec :}$$

**h<sub>pu</sub>** : perte de charge unitaire en m/ml.

**Q** : débit en m<sup>3</sup>/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:

$$J = L \times Q^M / D^N \dots\dots\dots (\text{V.4})$$

**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

Pour une conduite en fente ou en PEHD nous avons la rugosité K = 0.1 mm, avec les paramètres suivants :

$$L=1.2, \quad M=1.89, \quad N=5.19$$

Les pertes de charge singulières sont estimées de 10% à 15% des pertes de charge linéaires.

Les calculs hydrauliques sont détaillés dans le **Tableau V.12**:

Tableau V.5: Résultat de calcul le réseau de distribution

N° du tronçon	Longueur du tronçon L(m)	Longueur du tronçon L(km)	Surface(Ha)	débit Q(l/s)	débit Q(m <sup>3</sup> /S)	Diametre calculé(mm)	D Normalisé(mm)	Vitesse réelle (m/s)	Perte de charge Totale(m/m)	Cote terrain aval Z(m)	Cote piézom (m)	Pression (m)	Pression (bars)
barrage-NO	5720	5,72	300	351	0,351	546,0	600	1,24	11,75	913,16	963,2	50,1	5,0
N0-N1	374	0,37	234,67	274,56	0,275	482,9	500	1,40	1,20	911,10	962,0	50,9	5,1
N1-B1	40	0,04	7,98	9,34	0,009	89,0	90	1,47	1,16	911,15	962,1	50,9	5,1
N1-B2	39,2	0,04	5,32	6,22	0,006	72,7	75	1,41	1,32	911,08	960,8	49,7	5,0
N1-N2	152	0,15	221,37	259,00	0,259	469,0	500	1,32	0,44	910,6	961,6	51,0	5,1
N2-B3	40	0,04	5,46	6,39	0,006	73,7	75	1,45	1,42	910,47	960,2	49,7	5,0
N2-N3	89,82	0,09	216,02	252,74	0,253	463,3	500	1,29	0,25	911,46	961,4	49,9	5,0
N3-B4	40	0,04	5,05	5,91	0,006	70,8	75	1,34	1,22	911,1	960,1	49,0	4,9
N3-B5	40	0,04	16,31	19,08	0,019	127,3	160	0,95	0,25	911,18	961,1	49,9	5,0
N3-N4	126,85	0,13	194,66	227,75	0,228	439,8	500	1,16	0,29	910,39	961,1	50,7	5,1
N4-B6	40	0,04	5,17	6,05	0,006	71,7	75	1,37	1,28	910,81	959,8	49,0	4,9
N4-N5	83,08	0,08	189,49	221,70	0,222	433,9	500	1,13	0,18	909,8	960,9	51,1	5,1
N5-B7	40	0,04	18,75	21,94	0,022	136,5	160	1,09	0,33	909,76	960,6	50,8	5,1
N5-N6	116,17	0,12	170,74	199,77	0,200	411,9	500	1,02	0,21	909,57	960,7	51,1	5,1
N6-B8	40	0,04	22,93	26,83	0,027	150,9	160	1,33	0,48	909,23	960,2	51,0	5,1

N6-N7	93,96	0,09	147,81	172,9 4	0,173	383,2	400	1,38	0,39	909,8	960,3	50,5	5,0
N7-B9	40	0,04	13,18	15,42	0,015	114,4	160	0,77	0,17	909,71	960,1	50,4	5,0
N7-N8	274,5	0,27	134,63	157,5 2	0,158	365,7	400	1,25	0,95	907,55	959,4	51,8	5,2
N8-B10	40	0,04	11,22	13,13	0,013	105,6	110	1,38	0,81	907,49	958,5	51,1	5,1
N8-B11	40	0,04	12,2	14,27	0,014	110,1	125	1,16	0,50	907,29	958,9	51,6	5,2
N8-N9	207,72	0,21	111,21	130,1 2	0,130	332,4	400	1,04	0,50	906,44	958,9	52,4	5,2
N9-B12	40	0,04	11,83	13,84	0,014	108,4	110	1,46	0,90	906,25	958,0	51,7	5,2
N9-N10	499,2	0,50	99,38	116,2 7	0,116	314,2	330	1,36	2,54	905,29	956,3	51,0	5,1
N10-B13	40	0,04	12,51	14,64	0,015	111,5	125	1,19	0,52	905,44	955,8	50,3	5,0
N10-B14	40	0,04	38,01	44,47	0,044	194,3	200	1,42	0,41	905,13	955,9	50,8	5,1
N10-N11	187,2	0,19	48,86	57,17	0,057	220,3	250	1,17	1,00	905,71	955,3	49,6	5,0
N11-B15	40	0,04	48,86	57,17	0,057	220,3	250	1,17	0,21	906,02	955,1	49,1	4,9
N0-N12	1012,82	1,01	65,33	76,44	0,076	254,8	315	0,98	2,95	911,04	960,3	49,3	4,9
N12-B16	40	0,04	22,37	26,17	0,026	149,1	160	1,30	0,46	911,19	959,8	48,7	4,9
N12-B17	40	0,04	22,97	26,87	0,027	151,1	160	1,34	0,48	911	959,8	48,8	4,9
N12-N13	473,86	0,47	19,99	23,39	0,023	140,9	160	1,16	4,38	908,59	955,9	47,3	4,7
N13-B18	40	0,04	19,99	23,39	0,023	140,9	160	1,16	0,37	908,29	955,6	47,3	4,7

#### **V.4 Conclusion**

Dans le cadre de ce projet le périmètre est découpé en 18 îlots d'irrigation du périmètre avec une taille moyenne de 16 Ha pour équiper 300 Ha.

La longueur totale du réseau de desserte (de PEHD et de fente) avoisine 29 Km comprenant tout diamètre confondus (de 75 à 600 mm).

La pressions des bornes et enter (8 et 9 bar) ce qui permet d'utiliser plusieurs systèmes d'irrigation qui permettent un meilleurs rendement des cultures.

*Chapitre VI:*

*Techniques d'Irrigation.*

## **VI.1 Introduction :**

L'irrigation est l'humidification artificielle du sol de telle manière que les plantes en tirent le maximum de profit, en effet il existe plusieurs techniques pour la faire et chacune de ces techniques présente des avantages et des inconvénients.

## **VI.2 Les différentes techniques d'irrigation :**

Les techniques d'arrosages peuvent être rangées en trois (03) classes, soit :

- L'irrigation de surface
- L'irrigation par aspersion
- L'irrigation localisée ou micro irrigation

## **VI.3 Irrigation de surface :**

Appelée aussi l'irrigation gravitaire, l'irrigation de surface regroupe l'ensemble des techniques d'arrosage dans lesquelles la réparation de l'eau à la parcelle se fait entièrement à l'air libre par un simple écoulement à la surface du sol.

La répartition de l'eau est assurée grâce à la topographie du terrain, et aux propriétés hydriques du sol (ruissellement, infiltration et capillarité).

En irrigation de surface, la distinction entre les différentes techniques est essentiellement fondée sur la méthode d'application de l'eau : ruissellement, submersion ou technique mixte.

### **VI.3.1 L'irrigation par ruissellement**

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



**Figure VI. 1: Irrigation par ruissellement**

- **Les avantages de l'irrigation par ruissellement :**
  - Les investissements pour l'équipement sont peu élevés
  - Pas de dépense pour la mise sous pression de l'eau
  - possibilité de lessivage sans risques d'érosion
  - Matériel d'irrigation assez simple
- **Les inconvénients :**
  - Temps d'irrigation important
  - Nécessité de nivellement et son entretien
  - Pertes importantes d'eau

### **VI.3.2 L'irrigation par submersion :**

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

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





**Figure VI. 2: irrigation par submersion**

- **Les avantages de la submersion**
  - Destruction des adventices
  - Protégé contre le gel
  
- **Les inconvénients de la submersion**
  - Tassement du sol
  - Diminution de la porosité d'où diminution de la perméabilité
  - Nécessite d'assainissement
  - Manque d'aération

### **VI.3.3 L'irrigation par infiltration :**

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



**Figure VI. 3: L'irrigation par infiltration**

- **les avantages**
  - Pas de danger d'érosion, ni de formation de croûtes
  - L'accès est facile au terrain
- **Les inconvénients**
  - Grande perte d'eau
  - Exigence en main d'œuvre

#### **VI.4 L'irrigation par aspersion :**

Dans cette technique l'eau est fournie aux plantes sous forme de pluie artificielle issues d'appareils d'aspersion alimentés en eau sous pression. Cette technique ne nécessite aucun nivellement de la surface à irriguer et assure l'aération d'eau et du sol. C'est une méthode qui permet d'arroser convenablement des sols très perméables. Les systèmes issus de cette technique peuvent être soit mobiles ; semi-mobiles où fixes.



**Figure VI. 4: Irrigation par aspersion**

- **Les avantages**
  - Ne nécessite aucun aménagement préalable de la surface à irriguer
  - Provoque une forte oxygénation de l'eau projetée en pluie
  - Economie d'eau
  - Favorise les conditions ambiantes
  - Possibilité d'automatisation du système d'irrigation
  - Nécessite moins de mains d'œuvres
- **Les inconvénients**
  - Coût très élevé (prix d'achat du matériel très important).
  - Une évaporation intense si les gouttes d'eau sont fines
  - Tassement du sol
  - Favorise le développement des mauvaises herbes
  - Le déplacement des conduites après arrosage peut être difficile
  - L'homogénéité de l'arrosage est dégradée si la vitesse de vent est importante
  - En cas d'utilisation des eaux salées, il y'aura danger pour le feuillage

## **VI.5 L'irrigation localisée**

L'irrigation localisée ou micro irrigation, est une méthode qui regroupe plusieurs systèmes de distribution de l'eau à la parcelle. L'eau est distribuée à la surface du sol par des goutteurs qui fournissent un débit faible pendant une longue durée.

Le réseau contient des rampes souples où de mi-dures perforées ou munies à intervalles variables selon les cultures de dispositifs distributeurs tels que les ajutages ; les goutteurs et les mini- diffuseurs.



Figure VI. 5: Irrigation avec un système localisé

- **Les Avantages**
  - Une économie d'eau très importante.
  - Une économie de mains d'œuvre (système fixe).
  - Le non sensibilité aux vents forts.
  - Elle permet un dosage régulier en engrais.
  - L'humidité au voisinage des racines reste élevée.
- **Les inconvénients**
  - Risque d'obstruction des goutteurs.
  - Risque de salinisation.
  - Nécessite une main d'œuvre qualifiée.
  - Coût élevé.
  - Contrôle difficile des goutteurs

## **VI.6 Choix des techniques d'arrosage :**

Pour pouvoir choisir la technique d'irrigation convenable, il est nécessaire de savoir les contraintes suivantes :

### **VI.6.1 Les contraintes naturelles :**

#### **A. L'évaporation :**

Notre zone d'étude est caractérisée par une évaporation élevée durant l'été, ce qui provoque une perte d'eau importante.

#### **B. Le vent :**

C'est le facteur déterminant dans le choix de technique d'irrigation, notre zone d'étude est caractérisée par des vitesses faibles d'une part et moyenne d'autre part (2,9 m/s au moyen)

#### **C. Le sol :**

Les sols de périmètre des plaines SETIFIENNES présente une texture limoneuse argileux, la perméabilité est moyenne, d'où l'irrigation de surface doit être prudente afin d'éviter l'asphyxie des plantes, dans ce cas l'irrigation par aspersion et l'irrigation localisé ont des avantages du fait qu'on peut donner des faibles doses.

#### **D. La pente :**

Notre périmètre à une pente qui ne dépasse pas les 2 % en général, donc cette dernière ne présente aucune contrainte particulière

### **VI.6.2 Les contraintes techniques :**

- Qualification de main d'œuvre
- Entretien du matériel

### **VI.6.3 Les contraintes agronomiques :**

Les types des cultures envisagées dans notre périmètre sont constitués de culture fourragère, céréale, maraîchage, et arboriculture, pour des raisons d'économie d'eau essentiellement on retient l'irrigation par aspersion pour les cultures fourragères et maraîchages, et l'irrigation localisée pour les arboricultures.

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

Tableau VI.113: Analyse multicritère du choix de la technique d'irrigation.

Contraintes	Irrigation de surface Par Rigole	Irrigation par Aspersion	Irrigation localisée
▪ Evaporation	+	+ +	+ ++
▪ Vent (2.9 m/s)	+ + +	+	+ + +
▪ Texture (argileux- limoneuse)	+ +	+ +	+ + +
▪ Perméabilité (bonne)	+ +	+ + +	+ + +
▪ Pente			
▪ Qualité d'eau (moyenne)	+ + +	+ + + +	+ + + +
▪ Cultures			+
▪ Maraîchage		+ + +	
▪ céréales	+ + +		+ + +
▪ arbres	x	+++	x
• Contraintes économique	+ + +	+ + +	+ + +
▪ économie d'eau		x	
	x	++	+ + +

x: inadéquat ou déconseillé ; +: Adapté avec réserve; + + : Adapté ; + + + : Très adapté

**VI.7 Conclusion :**

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

Donc pour les cultures de l'assolement on opte l'irrigation par aspersion, et comme on a une petite surface pour les arboricultures (figuier) on opte l'irrigation par le goutte à goutte.

*Chapitre VII :*

*Dimensionnement a la parcelle*

---



## VII.1 Introduction :

Dans ce chapitre en va dimensionner deux parties de notre périmètre une par le goutte à goutte et l'autre par aspersion dont le but principal est d'économiser le maximum d'eau.

Quel que soit l'origine de l'eau (cours d'eau naturel, nappe souterraine, eau de barrage) et son mode de transport (canaux, conduite sous pression), le problème qui se pose est comment répartir cette eau sur le sol de façon, à ce que les plantes en tirent le maximum de profit. Cependant le moyen de répartition de l'eau sur le sol ne doit pas toujours répondre à ce critère d'une production maximale, donc on doit essentiellement envisager un choix minutieusement détaillé du mode d'irrigation et de la technique d'arrosage a compatibilité avec les contraintes de la région d'étude.

## VII.2 Dimensionnement d'un système d'irrigation par aspersion :

L'irrigation par aspersion se fait pour les céréales blé située l'ilot N°4 qui s'étend sur une superficie égale 5,05 ha, qui dispose d'une pression aux bornes de 8,3 bars.

Le Temps de travail est 22 heures par jours, 26 jours par mois et les besoins en eau de pointe 132,58 mm pour le mois de juin, la perméabilité du sol, le sol est de type limono-argileuse avec une perméabilité en estimée à :  $K = 7,2 \text{ mm/h}$

### VII.2.1 Calcul de la Dose pratique :

La RFU est calculée comme suit :

$$\text{RFU} = Y \times (\text{Hcc} - \text{Hpf}) \times \text{Da} \times Z \dots\dots\dots (\text{VII.1})$$

Avec :

Da : densité apparente : égale à 1.4

Hcc : humidité à la capacité au champ (25%)

Hpf : humidité au point de flétrissement (15%).

Y : degré de tarissement : égal à 2/3

Z : profondeur d'enracinement mm (60 cm pour Le blé)

**A.N : RFU= (2/3) (0.25-0.15)\*1.4\*600 = 56 mm**

### VII.2.2 Le diamètre de l'ajutage :

La perméabilité du sol  $K = 7 \text{ mm/h}$ .

On pose  $P \leq K$  tel que  $P$  : Pluviométrie de la buse.

Le diamètre de la buse est calculé par la relation suivant :

$$P = \frac{1,5 \times d}{1,04} \dots\dots\dots \text{(VII.2)}$$

$$D'où : d = \frac{1,04 \times p}{1,5} = \frac{1,04 \times 7,2}{1,5} = 4,99 \text{ mm}$$

D'après la fiche technique d'un arroseur de type PERROT (Annexe 4), le diamètre de la buse normalisé le plus proche est de 5mm.

### VII.2.3 Ecartements entre les rampes et arroseurs :

Les normes recommandent l'écartement maximum suivant :

El : l'écartement entre les lignes d'arrosage : (1,25 à 1,02) L.

Ea : l'écartement entre les arroseurs sur la rampe : (0,8 à 0,5) L.

Les valeurs maximales correspondent à des conditions de vent peu violent ( $< 10 \text{ km/h}$ ).

Les valeurs minimales à des conditions correspondent à des conditions de vitesse du vent assez dures ( $> 15 \text{ km/h}$ )

Notre zone d'étude présente des vitesses maximales du vent de l'ordre de  $10,8 \text{ Km/h}$ , donc on prend les valeurs maximales :

Donc on prend des valeurs suivant :

- El =  $1,25 * 16 = 20 \text{ m}$
- Ea =  $0,8 * 16 = 12,8 \text{ m}$

On prend les valeurs normalisées des écartements qui sont donc :

El = 18 m, Ea = 12 m, d'après la figure annexe (2), la valeur de (El Ea) correspond à (18 12) m.

### VII.2.1 La portée du jet :

La portée du jet est calculée par l'équation suivant :

$$L = 3 * d^{0,5} * h^{0,25} \dots\dots\dots \text{(VII.3)}$$

Avec :

d : Diamètre de la buse (mm).

h : Pression à la buse (30 m).

$$L = 3 * (5)^{0.5} (30)^{0.25} = \mathbf{15.38 \text{ m.}}$$

Comme cette formule demande encore plus de précision on va prendre la valeur du catalogue figure annexe (4), pour le diamètre de la buse de **4,8 mm** et une pression de service minimale de **3 bars** la portée est de **16 m**.

### VII.2.2 Débit de l'asperseur :

Le débit d'un asperseur est calculé par la relation suivante :

$$q = m \times \frac{\pi \times d^2}{4} \times \sqrt{2gh} \dots \dots \dots (\text{VII.4})$$

Avec :

h : Pression à la buse (30 m).

m = 0,95

$$q = 0,95 \times \frac{\pi \times (4.8)^2}{4} \times \sqrt{2 \times (9.81) \times 30} = 4.2 \times 10^{-4} \text{ mm}^3/\text{h} = \mathbf{1,50 \text{ m}^3/\text{h}}$$

### VII.2.3 Vérification de la pluviométrie de la buse :

Si on admet que l'écartement est proportionnel à L, la pluviométrie horaire p en (mm/h) peut être appréciée via la relation :

$$p = \frac{q}{Ea \times El} \dots \dots \dots (\text{VII.5})$$

$$p = \frac{1.50 \times 1000}{18 \times 12} = \mathbf{6,95 \text{ mm/h}}$$

Donc le diamètre d de la buse assurera une pluviométrie  $P \leq K = 7.2 \text{ mm/h}$ .

### VII.2.4 Calcul du tour d'eau :

$$T(\text{eau}) = \frac{\text{DoseRFU} \times \text{Nj}}{B \text{ pointe}} \dots \dots \dots (\text{VII.6})$$

Avec :

DoseRFU = 56 mm

NJ = 26 jour/mois

B<sub>point</sub> = 132,58 mm

$$T(eau) = \frac{56 \times 26}{132,58} = 11 \text{ jours}$$

Donc le nombre d'irrigation sera égal à 3 irrigations par mois, soit chaque 10 jours.

Efficiencce d'irrigation = **0,75**

Besoin journalier =  $132,58/30 = 4,42\text{mm}$

La nouvelle dose réelle =  $10 \times 4,42 = 44,2 \text{ mm}$

La nouvelle dose brute =  $44,2/0,75 = 58,9 \text{ mm}$

Le temps T pour donner une dose sans dépasser la capacité d'infiltration se calcul d'après la relation suivante :

$$T_a = \frac{\text{Dose brute}}{p} \dots \dots \dots (\text{VII.7})$$

$$T_a = \frac{58,9}{7,2} = 8,18 \text{ heures}$$

le temps d'arrosage est de **8 heures** .

Donc on pourra adopter deux positions par jour pour chaque asperseur.

### VII.2.5 Volume fourni par 1 asperseur pendant 1 mois :

$V = \text{nombre de positions par jour} \times \text{nombre d'irrigation par mois} \times \text{dose} \times E_l \times E_a \dots (\text{VII.8})$

$$V = 2 \times 3 \times 0,056 \times 18 \times 12 = 72,576 \text{ m}^3.$$

$$V = 72,576 \text{ m}^3.$$

### VII.2.6 Calcul de l'unité d'arrosage $S_u$ :

La surface unitaire arrosée ou unité de surface se calcule comme suit :

$$S_u = S / (T \times n) = 5,05 / (10 \times 2) = 0,2525 \text{ Ha} \dots \dots \dots (\text{VII.9})$$

T : nombre d'irrigation fois par mois, chaque 10 jours

n: nombre de positions par jour

$$S_u = 2525 \text{ m}^2$$

**VII.2.7 Le nombre d'asperseurs :**

$$N_{asp} = \frac{\text{(surface à arroser (m}^2\text{))}}{\text{(implantation(m}^2\text{))}} \dots\dots\dots \text{(VII.10)}$$

$$N_{asp} = 2525 / (18 \times 12) = 11,69$$

Donc on a 12 asperseurs par poste

**VII.2.8 Calcul du nombre de rampes :**

$$\text{La longueur de la rampe} = \frac{\text{larg euer}}{2} - \frac{E_a}{2} = \frac{156}{2} - \frac{12}{2} = 72 \dots\dots\dots \text{(VII.11)}$$

$$\text{Nombre d'asperseurs par rampe : } N_a = \frac{lr}{E_a} + 1 = \frac{72}{12} + 1 = 7 \dots\dots\dots \text{(VII.12)}$$

$$\text{Nombre de rampes : } N_R = \frac{N_{asp}}{N_a} = \frac{12}{7} = 1,72 \dots\dots\dots \text{(VII.13)}$$

Donc on a **2 rampes**

Le débit de la rampe = le débit de l'asperseur  $\times$  le nombre d'asperseur/ rampe. ....(VII.14)

$$= 1,50 \times 12 = 18 \text{ m}^3/\text{h}$$

Le débit de la porte rampe = Le débit de la rampe  $\times$  Nombre de rampes ..... (VII.15)

$$= 18 \times 2 = 36 \text{ m}^3/\text{h}$$

**VII.2.9 Calcul le Diamètre de la rampe et du porte-rampe :**

Les conduites en PEHD disponibles sur le marché ont les diamètres suivants :

50, 63, 75, 90, 110, 125, 160 et 200 mm.

$$D_R = \sqrt{\frac{4Q_r}{\pi V}} \dots\dots\dots \text{(VII.16)}$$

Avec :

V : Vitesse de l'écoulement à travers la rampe

Ou :  $V \leq V_{adm}$  ;  $V_{adm} = [0,5 \div 2,5]$  m/s.

On suppose que :  $V = 1,7$  m/s et on calcul  $D_r$  :

**A. Diamètre de la rampe :**

$$D_R = \sqrt{\frac{4 \times 18}{3,14 \times 1,7 \times 3600}} = 61 \text{ mm}$$

Le diamètre normalisé  $D_r = 63\text{mm}$ .

La nouvelle vitesse sera :

$$V = \frac{4 \times Q}{\pi \times D_r^2} = \frac{4 \times 18}{\pi \times 3600 \times (0,063)^2} = 1,6 \text{ m/s. Ce qui est conforme.}$$

**B. Diamètre de du porte-rampe :**

$$D_{pr} = \sqrt{\frac{4 \times 36}{3,14 \times 1,7 \times 3600}} = 87 \text{ mm}$$

Le diamètre normalisé  $D_{pr} = 90\text{mm}$ .

La nouvelle vitesse sera :

$$V = \frac{4 \times Q}{\pi \times D_r^2} = \frac{4 \times 36}{\pi \times 3600 \times (0,090)^2} = 1,57 \text{ m/s. Ce qui est conforme}$$

### VII.2.10 Calcul des pertes de charge :

L'expression générale des pertes de charges linéaire dans les tubes est calculée généralement par une formule de type HAZEN WILLIAMS:

$$\Delta H = \left( \frac{3,592}{C_H} \right)^{1,852} \frac{Q^{1,852}}{D^{4,87}} \dots\dots\dots(\text{VII.17})$$

Avec :

$\Delta H$  : Perte de charge unitaire (m/m)

$Q$  : Débit de la conduite en  $\text{m}^3/\text{s}$

$C_H$  : coefficient équivalent à 130.

Pour la rampe on a :  $L=72 \text{ m}$ ,  $D= 0,063 \text{ m}$ ,  $Q= 0,005 \text{ m}^3/\text{s}$

$$\Delta H_{rampe} = 2 \times 0,05 = 0,1 \text{ m}$$

Pour le porte rampe on a :  $L= 156 \text{ m}$ ,  $D=0,09 \text{ m}$ ,  $Q=0,01\text{m}^3/\text{s}$

$$\Delta H_{porte-rampe} = 0,031 \text{ m}$$

Tableau VII. 1:Résultat de calcul pratique d'aspersion

Paramètres	Porte Rampe	Rampe
Longueur (m)	156	72
Diamètre (mm)	90	63
Débit (m <sup>3</sup> /h)	36	18
Vitesse (m/s)	1,57	1,6
Perte de charge totale (m)	0,031	0,1

$\Delta H_t = 0,031 + 0,1 = 0,131$  m de perte de charge, la règle de Christiansen est donc respectée

### VII.2.11 Calcul de la pression en tête du réseau

C'est la pression nécessaire pour le bon fonctionnement du dernier asperseur.

$$H = H_1 + H_2 + H_3$$

Avec :

H : Pression à la tête de la parcelle.

H<sub>1</sub> : Pression nécessaire pour le bon fonctionnement d'un asperseur (3bar).

H<sub>2</sub> : Perte de charge totale de la rampe.

H<sub>3</sub> : La dénivelée. (0 m. terrain relativement plat).

$$H = 30 + 0.131 + 0 = 30,131 \text{ m.}$$

P = 3,13 bar, ce qui est largement suffisant vu la pression aux bornes qui est de 8.3 bars.

## VII.3 Dimensionnement d'un système d'irrigation goutte à goutte :

### VII.3.1 Données générales :

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

Le réseau d'irrigation sera installé sur l'ilot N°09, alimentée par la borne B9 et dont les pressions calculées sont de l'ordre de 8.5 bars, ce qui est largement suffisant. La surface de l'exploitation est de 13,18 ha et présente une forme relativement rectangulaire

La culture : pécher

- **besoin de pointe** : 118,72 mm en juillet
- **caractéristiques de la surface occupées par pécher:**

-surface : 13,18 ha

-longueur : 389 m

-largeur : 339 m

- **Organisation du réseau** : un écartement de 4×4 m, et un espacement des goutteurs 2 m et 2 goutteurs pour chaque arbre.
- **Caractéristique du goutteur** :

- Débit nominal : 4 l/h

- Pression nominal : 10 m.c.e

- Espacement des goutteurs : 2 m

- Le nombre de goutteurs par arbre : 2

### VII.3.2 Besoins en eau journaliers :

On rappelle que les besoins pointe pour cet îlot, en Juillet, sont de 118.72 mm.

=>Les besoins journaliers  $b_j = \frac{118,72}{31} = 3.83 \text{ mm/j}$

Donc les besoins journaliers correspond  $ab_j = 3.83 \text{ mm / jour}$

### VII.3.3 Besoins journaliers en tenant compte de la réduction $k_r$

- La formule de Freeman et GARZOLI :

$$K_r = C_s + 0,5(1 - C_s)C_s \dots\dots\dots(\text{VII.18})$$

couverture du sol en %

$$K_r = 0,6 + 0,5(1 - 0,6) = 0,8$$

Les besoins seront réduits sont :

$$B_j = b_j.K_r \dots\dots\dots(\text{VII.19})$$

$$B_j = 3.83 \times 0.8 = 3.06 \text{ mm/j}$$

### VII.3.4 Besoin d'irrigation brute

$$B_{\text{brut}} = \frac{B_j}{C_u \times \text{eff}} \dots\dots\dots(\text{VII.20})$$

$C_u$  : coefficient d'uniformité%=0.90

Eff : efficience, rendement du système =0.95



$$\text{Donc } B_{\text{brut}} = \frac{3.06}{0.85} = 3.6 \text{ mm}$$

### VII.3.5 pourcentage du sol humidifie :

$$P = \frac{100 \cdot n_g \cdot L_n \cdot L_g}{S_r \cdot S_a} \dots\dots\dots(\text{VII.21})$$

$n_g$ : nombre de goutteurs

$L_g$ : espacement entre goutteurs

$L_n$  : largeur de la bande humidifie=Ecartement entre rampe

$S_a$ : espacement entre arbre (m)

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

Donc  $P(\%) = 80 \%$

### VII.3.6 La dose nette pratique :

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

$$D_p = (H_{cc} - H_{pf}) \times Y \times Z \times D_a \times P(\%) \dots\dots\dots(\text{VII.22})$$

Tel que :

$H_{cc}$  : humidité a la capacité au champ (25%)

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

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

$Z$  : profondeur d'enracinement en (1500 mm)

$D_a$  : Densité apparente 1.4

$P$  : Pourcentage du sol humidifié

$$D_p = (0.25 - 0.15) \times (2/3) \times 1500 \times 1.4 \times 0.25$$

$$D_p = 35 \text{ mm}$$

### VII.3.7 Calcul de la dose brute

$$D_{\text{brute}} = \frac{D_p}{\text{eff} \times C_u} \dots\dots\dots(\text{VII.23})$$

Avec :

$C_u$  : coefficient d'uniformité qui est égal à 90%

$E_{ff}$ : efficacité du réseau d'irrigation qui est égal à 90%

D'où :

$$D_{brute} = \frac{35}{0,9 \times 0,9} = 43,21 \text{ mm/mois}$$

### VII.3.8 Calcul de la fréquence d'arrosage

La fréquence d'arrosage est en fonction du besoin journalier qu'il faut satisfaire et de la dose réelle nette, elle est donnée par la formule suivante :

$$Fr = \frac{Dp}{B_{jl}} \dots\dots\dots(\text{VII.24})$$

$$Fr = \frac{35}{3,06} = 11,43 \text{ jours}$$

Donc on prend un intervalle de 11 jours.

On recalcule la nouvelle dose réelle :

$$D_r = 11 \times 3,06 = 33,66 \text{ mm.}$$

La nouvelle dose brute est alors égale a :

$$D_{brute} = \frac{33,66}{0,9 \times 0,9} = 41,55 \text{ mm}$$

$C_U$  : coefficient d'uniformité = 90%

$E_{ff}$  : efficacité du réseau d'irrigation = 90%

### VII.3.9 La durée d'arrosage par mois :

$$\theta = \frac{D_{brute} \times S_d \times S_r}{n \times Q_g} \dots\dots\dots(\text{VII.25})$$

Avec :

$S_d$ : Espacement entre les distributeurs.

$S_r$ : Espacement entre les rangs.

$n$  : le nombre des goutteurs.

$Q_g$  : Débit des goutteurs.

$$\theta = \frac{41,55 \times 2 \times 4}{4 \times 2} = 41,55 \text{ heures/mois}$$

### VII.3.10 Durée d'arrosage journalier :

$$D_j = \frac{\text{Durée d'arrosage}}{F_r} \dots\dots\dots(\text{VII.26})$$

$$D_j = \frac{41.55}{11} = 4 \text{ heures / jours}$$

### VII.3.11 Nombre de postes :

Le nombre de postes par jour est défini comme suit :

$$N = \frac{\text{Temps.de.travail}}{\text{durée.d'arrosage.journalier}} = \frac{22}{4} = 5,5 \dots\dots\dots(\text{VII.27})$$

On prend 5 postes

### VII.3.12 La surface du poste :

La surface du poste est définie par la formule suivante :

$$S_p = \frac{\text{la.surface.totale}}{\text{le.nombre.de.postes}} \dots\dots\dots(\text{VII.28})$$

$$s_p = \frac{13.18}{5} = 2.64 \text{ ha}$$

A partir de cette surface, on peut déduire les dimensions nécessaires des rampes et des portes rampes.

### VII.3.13 Calculs hydrauliques :

#### A. Conditions hydrauliques de base :

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

$$\frac{\Delta q}{q} = 10\% \dots\dots\dots(\text{VII.29})$$

La variation maximale de la pression :  $q = K \times H^X \dots\dots\dots(\text{VII.30})$

Avec :

K : constante dimensionnelle donnée par le fabricant

H : la pression dans la rampe en mètre colonne d'eau

X : exposant caractérisant le goutteur

X= 0.3 à 0.8 pour les goutteurs non autorégulant, pour les goutteurs autorégulant X est voisin de 0, dans notre cas on prend X=0.5.

$$\frac{\Delta q}{q(g)} = n \frac{\Delta H}{H(n)} \dots\dots\dots(\text{VII.31})$$

Avec :

q(g) : Débit nominal du goutteur

H(n) : Pression nominale

$$0.1 = 0.5 \frac{\Delta H(\text{max})}{10} \Delta H(\text{max}) = 1/0.5 = 2 \text{ mce} = 0.2 \text{ bar}$$

Perte de charge singulière : 10% de  $\Delta H$

Perte de charge linéaire :  $(1/3) \times \Delta H_1$  dans porte rampe, et  $(2/3) \times \Delta H_1$  dans la rampe.

Perte de charge linéaire :  $\Delta H_1 = \Delta H - 0,10\Delta H = 1,8 \text{ mce}$ .

Pour la porte rampe :  $\Delta H = 1,8 \times (1/3) = 0,6 \text{ mce}$ .

Pour la rampe :  $\Delta H = 1,8 * (2/3) = 1,2 \text{ mce}$ .

## B. Le débit :

$$Q_r = Q_g \times N_g \dots\dots\dots(\text{VII.32})$$

$$Q_{pr} = Q_r \times N_r \dots\dots\dots(\text{VII.33})$$

Avec :

$Q_r$  : débit de la rampe (l/h)

$Q_{pr}$  : débit du porte rampe (l/h)

$Q_g$  : débit du goutteur (l/h)

$N_r$  : nombre de rampes

$N_g$  : nombre de goutteurs

Le porte rampe coupe la surface du terrain au milieu de la parcelle, donc on a:

La longueur de la rampe est de : 162m

La longueur de la porte rampe est de : 389 m

**C. Le nombre d'arbres par rampe :**

$$N_{\text{arbres}} / \text{rampe} = \frac{L_r}{E_r} = \frac{162}{4} = 40 \text{ arbres .....(VII.34)}$$

**D. Le nombre de goutteurs par rampe :**

$$N_{\text{goutteurs/rampe}} = N_{\text{arbres}} \times n = 40 \times 2 = 80 \text{ goutteurs .....(VII.35)}$$

Le nombre des rampes :

$$N_r = \frac{L_{pr}}{E_r} = \frac{162}{4} = 40 \text{ rampes .....(VII.36)}$$

**E. Débit de la rampe :**

Les débits des goutteurs sont de 1 à 8 l/h et ils ont une pression de 1 bar. En pratique, on utilise le plus souvent 2 l/h pour les cultures maraîchères et 4 l/h pour les cultures pérennes.

$$Q_r = Q_g \times N_g \text{ .....(VII.37)}$$

$$Q_r = 4 \times 80 = 0.089 \text{ l/s}$$

**F. Débit de la porte rampe :**

$$Q_{pr} = Q_r \times N_r \text{ .....(VII.38)}$$

$$Q_{pr} = 0.0891 \times 40 = 3.55 \text{ l/s}$$

**G. Le nombre de porte rampe :**

$$N_{pr} = 1 \text{ porte rampe}$$

**H. Débit de la conduite tertiaire :**

$$Q_{ct} = Q_{pr} \times N_{pr} \text{ .....(VII.39)}$$

$$Q_{ct}=3.05*1 =3.55 \text{ l/s}$$

### VII.3.14 Dimensionnement des canalisations du réseau :

Les rampes et les portes rampes sont généralement fabriquées en polyéthylène de basse densité ou bien en polyéthylène de haute densité, et qui sont conçues pour résister à des pressions nominales de 4 à 6 bars.

#### Remarque :

La pression calculée dans notre étude dépasse 6 bar (8.3bar) ce qui implique l'obligation d'utiliser un régulateur de pression au niveau de la borne pour maintenir la pression entre 4 et 6 bar.

#### A. La conduite tertiaire (conduite d'approche) :

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

#### B. Porte-rampes :

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

#### C. Les rampes :

Qui sont toujours en PEBD (polyéthylène basse densité), à l'exception de quelques installations ou l'on a utilisé du PVC rigide de petit diamètre.

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

#### D. Le diamètre de la rampe :

$$D_r = \left[ \frac{P d c_r \times 2,75}{0,478 \times Q_r^{1,75} \times L_r} \right]^{(-1/4,75)} \dots\dots\dots(\text{VII.40})$$

$$D_r = \left[ \frac{1,2 \times 2,75}{0,478 \times (320)^{1,75} \times 162} \right]^{(-1/4,75)} = \mathbf{16.82 \text{ mm}}$$

Le diamètre normalisé **Dr = 20mm.**

On recalcule les pertes de charge :

$$j = \left[ \frac{0,478 \times Dr^{-4,75} \times Q^{1,75} \times L_r}{2,75} \right] \dots\dots\dots(\text{VII.41})$$

$$j = \left[ \frac{0,478 \times (20)^{-4,75} \times (320)^{1,75} \times 162}{2,75} \right] = \mathbf{0,48 \text{ mce.}}$$

**A. La vitesse de la rampe :**

$$V = \frac{4 \times Q_r}{\pi \times D_r^2} \dots\dots\dots(\text{VII.42})$$

$$V = \frac{4 \times 0,32}{\pi \times (0,02)^2} = \mathbf{1.02 \text{ m/s.}}$$

**E. Diamètre de la porte rampe :**

$$D_{pr} = \left[ \frac{Pdc_{pr} \times 2,75}{0,478 \times Q_{pr}^{1,75} \times L_{pr}} \right]^{(-1/4,75)} \dots\dots\dots(\text{VII.43})$$

$$D_r = \left[ \frac{0,6 \times 2,75}{0,478 \times (12780)^{1,75} \times 389} \right]^{(-1/4,75)} = \mathbf{73.38mm.}$$

Le diamètre normalisé **Dr = 75mm.**

On recalcule les pertes de charge :

$$j = \left[ \frac{0,478 \times D_{pr}^{-4,75} \times Q_{pr}^{1,75} \times L_{pr}}{2,75} \right] \dots\dots\dots(\text{VII.44})$$

$$j = \left[ \frac{0,478 \times (125)^{-4,75} \times (12780)^{1,75} \times 162}{2,75} \right] = \mathbf{0.46mce.}$$

**F. La vitesse de la porte rampe :**

$$V = \frac{4 \times Q_{rp}}{\pi \times D_{pr}^2} \dots\dots\dots(\text{VII.45})$$

$$V = \frac{4 \times 0,009}{\pi \times (0,125)^2} = \mathbf{0,73 \text{ m/s.}}$$

**G. Le diamètre de la conduite secondaire :**

$$Q = V \times S \quad \Rightarrow \quad D = \sqrt{\frac{4 \times Q}{\pi \times V}} \dots\dots\dots(\text{VII.46})$$

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

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 0,01}{\pi \times 1}} = 118.2 \text{ mm.}$$

Le diamètre normalisé **Dr = 75 mm.**

On recalcule les pertes de charge :

$$j = \left[ \frac{0,478 \times D^{-4,75} \times Q^{1,75} \times L}{2,75} \right] \dots\dots\dots(\text{VII.47})$$

$$j = \left[ \frac{0,478 \times (125)^{-4,75} \times (32592)^{1,75} \times 20}{2,75} \right] = \mathbf{0.03 \text{ mce.}}$$

### VII.3.15 La pression d'eau a la borne de distribution :

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

Les pertes de charge de la borne jusqu'au le goutteur le plus défavorable :

**Tableau VII. 2: tableau récapitulatif des pertes de charges**

Conduites	La rampe	Porte rampe	C. tertiaire
<b>Longueur(m)</b>	162	162	20
<b>Diamètre(m)</b>	0.020	0.075	0.075
<b>Débit (l/s)</b>	0.089	$3.55 \times 10^{-3}$	$10^{-2}$
<b>Pertes de charge(m)</b>	0.51	0.58	0.03
<b>La vitesse (m/s)</b>	0.53	0.73	1

A partir du tableau on peut déterminer la perte de charge totale entre la borne d'irrigation jusqu'à le goutteur le plus défavorable.

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

$$P(m) = 10 + 0.51 + 0.73 + 0.03 = 11.27 \text{ m} \dots\dots\dots(\text{VII.48})$$



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

#### **VII.4 Conclusion**

Dans ce chapitre nous avons choisir un mode d'irrigation mixte (aspersion plus ne goutte à goutte) :

Mode d'irrigation « aspersion » : on utiliser ce mode pour la culture du blé, en prenant en considération la vitesse du vent ainsi que la perméabilité de sol.

Mode d'irrigation « goutte à goutte » : on utiliser ce mode pour la culture de pêche en prenant en considération les facteurs agronomiques et hydrauliques.

*Chapitre VIII :*

*Organisation de chantier*

---

### VIII.1 Introduction :

Dans ce chapitre nous avons effectué l'étude du marché en déterminant le devis de réalisation de la Conduite d'adduction, le Réseau de distribution et le Réseau d'irrigation.

Dans un premier lieu nous avons classifié tout le matériel nécessaire pour l'achèvement en basant sur la qualité et le prix du produit qui existe sur le marché algérien.

Dans deuxième lieu nous avons calculé le devis de la réalisation de projet c'est-à-dire le coût nécessaire pour effectuer les différentes opérations à effectuer sur le terrain.

### VIII.2 Les actions reçues par les conduites:

Les conduites enterrées sont soumises à des actions qui sont les suivantes :

- La pression verticale due au remblai
- La pression résultant des charges roulantes
- La pression résultant des charges permanentes de surface
- La pression hydrostatique extérieure due à la présence éventuelle d'une nappe phréatique
- Le poids propre de l'eau véhiculée
- Le tassement différentiel du terrain
- Les chocs lors de la mise en œuvre
- Action des racines des arbres

Les différents travaux à entreprendre

### VIII.3 Travaux concernant l'adduction et le réseau de distribution :

Les tâches constituant les travaux à faire pour la mise en place de l'adduction et le réseau distribution sont :

#### • 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.

#### • 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 10 cm dans notre cas.

#### • Pose des conduites

Avant la descente des conduites dans la fouille, on procède à un triage 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 ne pas avoir des difficultés au raccordement des conduites.

- **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.

- **Remblayage des tranchées**

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

- **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.

## **VIII.4 Choix des engins de terrassement**

Il est important de choisir pour chaque type de travaux, l'engin et le matériel, les mieux adaptés, de manière à obtenir un meilleur rendement. Pour notre cas on a envisagé de choisir les engins suivants :

### **VIII.4.1 Les chargeurs :**

Ce sont des tracteurs sur lesquels montent à l'avant deux bras articulés, actionnés par des vérins et portent un godet.

Si les travaux ne sont pas très importants, on utilise le rétro chargeur.



**Figure VIII. 1: Le Chargeur**

#### **VIII.4.2 Pelle équipée en rétro**

On opte pour un excavateur à godet de 0,5m<sup>3</sup>, pelle équipée en rétro, vu ses avantages adaptés à la coupe transversale de la tranchée et qui se présente par les opérations suivantes

- Peut excaver dans la direction de la machine
- Creuser au-dessous de la surface d'appui
- Creuser à une profondeur importante
- Creuser rapidement et avec précision les tranchées à talus verticaux



**Figure VIII. 2: Pelle équipée en rétro**

### VIII.4.3 Bulldozer

Grâce à sa puissance qui est caractérisée par celle du tracteur et qui varie de 25 à 400 cheval, ainsi que par la longueur de sa lame qui varie de 1,8 à 6 m le bulldozer permet de préparer les terrains à excaver, et d'éliminer les obstacles.



Figure VIII. 3: Le Bulldozer

## VIII.5 Calcul des volumes des travaux de l'adduction et de distribution

### VIII.5.1 Calcul du volume de terrassement :

#### A. Largeur du fond de la tranchée :

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

$$B = d + 0.6 \text{ (m)} \dots\dots\dots \text{(VIII.1)}$$

Avec :

B : largeur de la tranchée (m)

d : diamètre de la conduite (m)

### B. Profondeur de la tranchée

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

La profondeur de la tranchée est :

- Profondeur de la tranchée Htr.
- Largeur de la tranchée B.
- Distance de la mise de la cavalière.

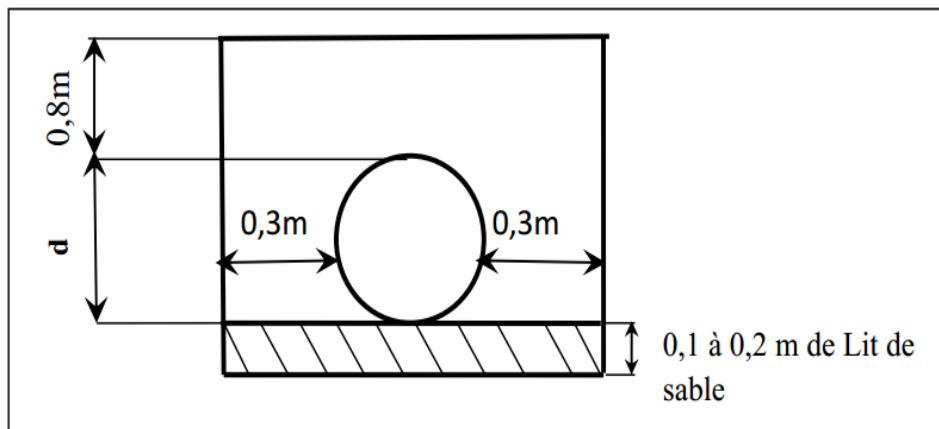


Figure VIII. 4:Schéma d'une tranchée

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

Avec : H : Profondeur de la tranchée en (m).

e : Hauteur du lit de pose en (m).

d : Diamètre de la conduite en(m).

h : Hauteur du remblai au-dessus de la conduite (m).

### C. Calcul du volume de déblai

La surface à calculer est la surface rectangulaire :

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

B : Largeur du fond de la tranchée (m)

H : Profondeur total de la tranchée (m)

### D. Volume à excaver :

Le volume d'excavation est :

$$V_d = (B \times H) \times L \dots\dots\dots \text{(VIII.4)}$$

Avec :

$V_d$ : Volume du déblai (m<sup>3</sup>)

L : Longueur de la tranchée (m)

B : Largeur du fond de la tranchée (m)

H : Profondeur de la tranchée

Les résultats obtenus sont représentés dans le **tableau VIII.1**

**TABLEAU VIII.1: CALCUL DU VOLUME DE DEBLAI**

	Diamètre de la conduite (mm)	Longueur de la conduite (km)	Hauteur de la tranchée (m)	Largeur d'une tranchée b (m)	Le volume de déblai (m <sup>3</sup> )
La conduite gravitaire	600	29,53	1,5	1,2	53154

**VIII.5.2 Calcul du volume de lit de sable**

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

$$V_s = e * b * L \dots\dots\dots \text{(VIII.6)}$$

Avec :

e : Epaisseur.

b : Largeur de tranchée.

**Tableau VIII.14: volume de lit de sable**

	Hauteur (m)	Longueur (m)	Largeur (m)	Volume (m <sup>3</sup> )
La conduite gravitaire	0.1	29530	1.2	3543.6



### VIII.5.3 Calcul du volume de remblai

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

$$V_r = V_d - (V + V_s) \dots\dots\dots \text{(VIII.7)}$$

Avec:

$V_r$ : Volume du remblai compacté en (m3).

$V_d$ : Volume du déblai en (m3).

$V_s$ : Volume du sable en (m3)

$V$ : Volume occupé par la conduite (m3) ;

$$V = L \times \frac{\pi \times D^2}{4} \dots\dots\dots \text{(VIII.8)}$$

$L$ : Longueur de la conduite.

$D$ : Diamètre de la conduite.

Donc les volumes des travaux pour la conduite sont représentés dans le **Tableau ci-dessous** :

**Tableau VIII.2: Calcul du volume de remblai.**

	Diamètre (mm)	Volume du déblai (m <sup>3</sup> )	Volume du sable (m <sup>3</sup> )	Volume du occupé par la conduite (m <sup>3</sup> )	Volume du remblai (m <sub>3</sub> )
Conduite gravitaire	600	10374	691.61	8345.178	9437.06

### VIII.6 Estimation de cout de projet

#### VIII.6.1 Estimation de cout de pose de canalisation de l'adduction

**Tableau VIII.3: Estimation du cout de pose de canalisation de l'adduction**

Désignation des travaux	Unité	Quantité	Prix unitaire DA	Montant DA
Déblai en terrain	m3	10374	200	2074800
Lit de sable	m3	691.61	800	553288
Remblai	m3	9437.06	100	94370.6
Tube Ø600	m3	5660	22 831.78	129227874
<b>Total (HT)</b>				131950332.6
<b>TVA 1 (19%)</b>				2507056.38
<b>Total (HT)</b>				134457388.98

### VIII.6.2 Estimation du cout du réseau de distribution

Le calcul du réseau de distribution est détaillé comme suit:

**Tableau VIII.5: Estimation Du Cout Du Réseau De Distribution**

pièces	Unité de mesure	Quantité	Prix unitaire (DA)	Montant (DA)
Tube Ø500	m/l	810,1053	17 885,15	14488854,81
Tube Ø400	m/l	570,0741	6 424,42	3662395,45
Tube Ø315	m/l	1510,1963	4 003,95	6046750,475
Tube Ø250	m/l	2 508,22	2 510,95	6298015,009
Tube Ø200	m/l	40,0052	1 617,42	64705,21058
Tube Ø160	m/l	750,0975	1 033,79	775443,2945
Tube Ø125	m/l	80,0104	680,13	54417,47335
Tube Ø110	m/l	80,0104	540,5	43245,6212
Tube Ø90	m/l	40,0052	359,09	14365,46727
Tube Ø75	m/l	160,0208	300,5	48086,2504
<b>Total 1 (HT)</b>				<b>31496279,06</b>
<b>TVA 1 (19%)</b>				<b>5984293,02</b>
<b>Montant TTC 2</b>				<b>37480572,08</b>

### VIII.6.3 Estimation du cout du réservoir

**Tableau VIII. 1: Estimation du cout du réservoir.**

Désignation	Unité de mesure	Quantité	Prix unitaire (DA)	Montant (DA)
Réservoir 10 500m3	U	3 560 000,00	3 560 000 ,00	3 560 000 ,00
<b>Total 1 (HT)</b>				<b>3 560 000 ,00</b>
<b>TVA 1 (17%)</b>				<b>605 200,000</b>
<b>Montant TTC 3</b>				<b>4 165 200,00</b>

**VIII.6.3 Devis estimatif du projet :**

- Devis de l'adduction (Montant TTC1 = **134 457 388.98 DA**).
- Devis du réseau de distribution (Montant TTC2 = **37 480 572,08DA**).
- Devis du réservoir (Montant TTC 3= **4 165 200.00**)

**VIII.6.4 Devis du réseau d'irrigation par aspersion et localisé**

Equipements internes des parcelles d'irrigation par aspersion et localisé.

**Tableau VIII.6: Estimation Du Cout Du Réseau De Distribution**

Appareil	unité	quantité	Prix unitaire (DA)	Total (DA)
Goutteurs pour pécher débit 4 l/h	U	8 148	31	252 588,00
Porte rampe en polyéthylène DN 63	ml	386	363	140 118,00
Rampe porte goutteurs DN 16	ml	16441,5	31	509 686,50
Conduite tertiaire DN 63	ml	810	134	108 540,00
Asperseur : buse 4.8 mm	U	144	1,166	167,90
Porte rampe en polyéthylène DN 50	m/l	78	156	12 168
Rampe porte asperseurs DN 50	m/l	72	31	2 232
<b>total</b>				<b>1 025 500,40</b>

Le coût total du projet et de **176 103 161.06 DA**

**VIII.7 Conclusion :**

Dans ce chapitre nous avons calculé le volume et le coût des tâches à réaliser, on a défini les engins nécessaires pour l'exécution de ces tâches, c'est-à-dire on a calculé avec exactitude le volume de travaux de chaque opération à réaliser pour l'implantation du réseau d'irrigation et de l'adduction, en connaissant le prix unitaire de chaque tâche on a pu estimer le coût global du projet.

Le coût global du projet est de : **(176 103 161.06 DA)**.

## **Conclusion Générale**

---

## Conclusion Générale :

Nous venons de réaliser à la lumière de cette étude, l'aménagement Hydro -agricole d'une partie (une superficie de 300 ha) appartenant de secteur 06 avec un réseau d'adduction sous pression et gravitaire alimenté par le barrage de MAHOUANE.

L'étude climatique réalisé sur la parcelle de terrain (les plaines setifiennes) affirme que c'est un climat semi-aride c'est-à-dire que le climat se devise en deux périodes, une période de sécheresse qui débute du mois mai au mois de septembre et une période pluvieuse qui commence de mois d'octobre jusqu'au mois d'avril. Aussi, l'étude pédologique sur le site en cause, approuve que la texture fine à très fine (limono-argileuse)

L'étude hydrologique nous a permis de choisir la série pluviométrique annuelle qu'on doit prendre pour le calcul, cette étude a permis de reconstituer l'année de pluie mensuelle de probabilité 80% pratiquement. Et l'analyse de l'eau d'irrigation indique que l'eau utilisée à une salinité forte.

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

La détermination des besoins en eau d'irrigation se fait à partir de la détermination de l'évapotranspiration par la méthode de **PENMAN**, par logiciel **CROPWAT8**

A la fin de ce travail nous arrivons à projeter et dimensionner une conduite d'adduction gravitaire de diamètre DN 600 transportant un débit de 0,351 m<sup>3</sup>/s. Et des systèmes d'irrigations modernes tels que l'aspersion et le goutte à goutte permettent une meilleure gestion de la ressource en eau et une meilleure conservation du sol.

En fin, et comme tous les projets, on a établir une estimation du coût de la projection, elle se monte à **176 103 161.06** DA ce qui représente un investissement considérable d'où la nécessité de faire des calculs hydraulique minutieux et précis afin d'assurer un fonctionnement correct et optimal.

## **BIBLIOGRAPHIE**

1. **MESSAHEL, M, CHABACA, M.N**, 2003. d'irrigation par aspersion (E.N.S.H), Blida
2. **MESSAHEL. MEKKI**. L'irrigation à la goutte à goutte. 1988
3. **TOUIBIA.B**. Manuel Pratique d'Hydrologie, Office des publications universitaires. 2004.166P
4. **BULLTIN DE FAO N° 24**. Les besoins en eau des cultures. 1975
5. **BAOUIA Nasreddine, 2007** « Etude d'aménagement hydro-agricole du périmètre de Ouled Fathel (ex Touffana) irriguée à partir barrage de Koudiet Medouar (W de Batna) » (mémoire de fin d'études ; ENSH, Blida)
6. Office National de l'Irrigation et du Drainage (ONID)

## ANNEXE 1

Caractéristiques hydriques de quelques sols

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

## ANNEXE 2

Valeurs minimales et maximales de Z pour diverses cultures

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




### ANNEXE 3

Valeurs du coefficient culturale Kc en fonction du stade de croissance de different culture annuelles

cultures annuelles	POURCENTAGE DE LA PERIODE DE CROISSANCE									
	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100
Betterave à sucre	0.45	0.50	0.70	0.90	1.05	1.15	1.25	1.25	1.15	1.10
Coton	0.20	0.30	0.40	0.60	0.90	1.00	1.00	0.90	0.700	0.60
Haricots	0.50	0.65	0.80	1.00	1.10	1.15	1.10	0.95	.80	0.70
* Mais Grains	0.45	0.55	0.65	0.80	1.00	1.08	1.08	1.02	0.95	0.85
Mais Fourrage	0.45	0.50	0.60	0.70	0.90	1.02	1.10	1.10	1.05	0.95
Maralchage	0.35	0.50	0.65	0.75	0.80	0.82	0.80	0.75	0.65	0.50
Melons	0.45	0.50	0.60	0.70	0.80	0.82	0.80	0.75	0.72	0.70
Pomme de terre	0.35	0.45	0.60	0.85	1.10	1.25	1.35	1.38	1.35	1.25
Sorgho grain	0.30	0.50	0.70	0.50	1.10	1.05	0.95	0.80	0.70	0.60
Tomates	0.45	0.45	0.50	0.65	0.85	1.00	1.02	0.95	0.85	0.75

## Annexe 4



**Caractéristiques de  
l'asperseur circulaire  
PERROT ZF 30**

1 buse  
angle de jet 30°  
Raccord fileté 1"

dia buse  ø mm	pression à la buse  bar	portée  m	débit  m³/h	espacement		surface irriguée m²		densité d'aspersion mm/h			
				m		□	△	□	△	□	△
				disp.	disp.	disp.	disp.	disp.	disp.		
4,0	2,5	13	0,93	12/18	18/18	216	324	4,3	2,88		
	3,0	14,5	1,02	18/18	18/24	324	432	3,16	2,36		
	3,5	15,3	1,11	18/18	18/24	324	432	3,42	2,57		
	4,0	16	1,19	18/18	18/24	324	432	3,71	2,76		
4,2	2,5	13,5	1,04	12/18	18/24	324	432	4,8	2,42		
	3,0	15	1,14	18/18	18/24	216	432	3,52	2,64		
	3,5	15,8	1,23	18/18	18/24	324	432	3,8	2,85		
	4,0	16,5	1,32	18/24	24/24	324	576	3,06	2,3		
4,5	2,5	14	1,20	18/18	18/24	432	432	3,71	2,78		
	3,0	15,5	1,32	18/18	18/24	324	432	4,07	3,05		
	3,5	16,3	1,42	18/18	18/24	324	432	4,38	3,29		
	4,0	17	1,52	18/24	24/24	324	576	3,52	2,64		
4,8	2,5	14,5	1,38	18/18	18/24	432	432	4,27	3,2		
	3,0	16	1,51	18/18	18/24	324	432	4,68	3,5		
	3,5	16,5	1,63	18/24	24/24	324	576	3,78	2,82		
	4,0	17	1,75	18/24	24/24	432	576	4,05	3,04		
5,0	2,5	14,5	1,48	18/18	18/24	432	432	4,57	3,43		
	3,0	16,5	1,63	18/18	18/24	432	432	5,04	3,77		
	3,5	17	1,76	18/24	24/24	324	576	4,08	3,05		
	4,0	17,5	1,88	18/24	24/24	324	576	4,35	3,26		
5,5	2,5	15,2	1,82	18/18	18/24	432	432	5,62	4,22		
	3,0	17	1,99	18/24	24/24	432	576	4,61	3,45		
	3,5	17,5	2,14	18/24	24/24	324	576	4,95	3,71		
	4,0	18	2,29	18/24	24/24	432	576	5,31	3,98		
6,0	2,5	16,2	2,18	18/24	24/24	432	576	5,00	3,75		
	3,0	17,5	2,37	18/24	24/24	432	576	5,50	4,12		
	3,5	18	2,56	18/24	24/24	432	576	5,92	4,43		
	4,0	18,5	2,74	18/24	24/24	432	576	6,35	4,76		
7,0	2,5	17,5	2,96	18/24	24/24	432	576	6,9	5,1		
	3,0	18,0	3,22	18/24	24/24	432	576	7,5	5,6		
	3,5	18,5	3,48	24/24	24/24	576	576	8,0	6,0		
	4,0	19,0	3,73	24/24	24/30	576	720	8,5	6,5		

## Annexe 5

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